

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

**Obtención de Harina Micro-pulverizada a Partir de Cascarilla de Soya como  
Subproducto de la Extracción de Aceite de Soya (*Glycine max*)**

Juan De Dios Arcila Quiceno

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Básicas Tecnologías e Ingenierías

Ingeniería de Alimentos

2022

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

### **Dedicatoria**

A Dios por ser mi guía, quien me ha acompañado en cada etapa de mi vida, quien me ha cuidado y me ha dado fuerza para lograr mis objetivos.

Dedico este proyecto a mi madre y padre por ser quienes me dieron la vida, una infancia llena de alegría y felicidad, por darme la oportunidad de estudiar y ser quienes me guiaron en la realización del proyecto.

A mí querido hermano que fue mi motivación, quien ha sido la solución para cada altibajo, y la esperanza de un mejor futuro.

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

### **Agradecimientos**

Agradezco a la vida por darme la oportunidad de enamorarme de esta profesión día a día lo que hizo que mi esfuerzo por aprender no fuera en vano.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia por permitirme ser parte del programa de ingeniería de alimentos y enseñarme la importancia de ser autónomo, eficiente y eficaz.

A mi directora del proyecto: Ingeniera Bibiana Rosero Carvajal quien fue mi apoyo en cada etapa del desarrollo del trabajo final, por su experiencia y profesionalismo en cada observación y orientación que me han resultado de gran utilidad en el proceso de culminación de mi proyecto.

A Lyseth Osorio Marín, por ser pilar de mi carrera profesional, mi motivación, y ser partícipe de la evolución de mi perfil profesional como Ingeniero de alimentos.

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

### **Resumen**

La cascarilla de soya es un subproducto agroindustrial del procesamiento de su grano obtenido de la extracción de aceite crudo, al presentar un contenido de fibra total del 56.20% (Olguin, Posadas, & Revelant, 2009) ofrece una oportunidad para la formulación de alimentos balanceados para el consumo humano. Por lo tanto, el objetivo de este proyecto es la obtención de harina micropulverizada a partir de la cascarilla como estrategia de aprovechamiento del subproducto de la extracción de aceite de soya. Para la obtención de la harina micropulverizada a partir de cascarilla de soya procesados 780 kilogramos de cascarilla, los cuales fueron caracterizados como materia prima. Posteriormente se realizaron procesos de molienda, extrusión y pulverización. Se determinaron las características fisicoquímicas de la harina obtenida y luego se realizó una comparación con las propiedades fisicoquímicas de la harina de soya comercial. En la caracterización se obtuvieron resultados con diferencias significativas entre la harina de cascarilla de soya y la harina de soya con respecto al análisis de fibra total (%FT), porcentaje de proteína total (%P) y porcentaje de grasa bruta (%G), obteniendo los siguientes resultados respectivamente: 21.39% y 4.99% (%FT), 24.85% y 49.0% (%P), 10.14% y 3.21% (%G); con esto se demuestra que la harina de cascarilla de soya puede ser evaluada como potencial componente de alimentos funcionales para la elaboración de alimentos destinados para el consumo humano.

#### ***Palabras claves:***

Granulometría, extrusión, fibra, alimentos funcionales.

**Abstract.**

Soybean hull is an agroindustrial by-product of the processing of its grain obtained from the extraction of crude oil, presenting a total fiber content of 56.20% (Olguin, Posadas, & Revelant, 2009) offers an opportunity for the formulation of balanced feed for human consumption. Therefore, the objective of this project is to obtain micropulverized flour from the husk as a strategy for the use of the by-product of soybean oil extraction. To obtain micropulverized flour from soybean hulls, 780 kilograms of hulls were processed, which were characterized as raw material. Subsequently, grinding, extrusion and pulverized processes were carried out. The physicochemical characteristics of the obtained flour were determined and then a comparison was made with the physicochemical properties of commercial soybean flour. In the characterization results were obtained with significant differences between soybean hull meal and soybean meal with respect to the analysis of total fiber (%FT), percentage of total protein (%P) and percentage of crude fat (%G) , obtaining the following results respectively: 21.39% and 4.99% (%FT), 24.85% and 49.0% (%P), 10.14% and 3.21% (%G); This demonstrates that soybean hull meal can be evaluated as a potential component of functional foods for the production of foods intended for human consumption.

**Keywords:**

Granulometry, extrusion, fiber, functional foods.

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

### **Tabla de Contenido**

Introducción.....	15
Planteamiento Del Problema .....	17
Objetivos.....	19
Objetivo General.....	19
Objetivos Específicos .....	19
Marco Teórico .....	20
Bases Teóricas .....	20
Fibra Dietaría Como Alimento Funcional .....	20
Fibras solubles e insolubles y su impacto en el organismo .....	21
La cascara de soya en la formulación de bebidas y panadería .....	21
Marco Conceptual.....	22
Generalidades .....	22
Cascarilla de Soya .....	22
Micro pulverización.....	23
Fibra.....	23
Aprovechamiento de Subproductos.....	23
Antecedentes.....	25
La cascarilla de la soja: potencial componente de alimentos funcionales.....	25
La fibra y sus beneficios a la salud.....	25

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

El aprovechamiento de subproductos como estrategia para la prevención de pérdidas y desperdicios en alimentos .....	26
Metodología.....	27
Enfoque de la Investigación .....	27
Tipo de la Investigación .....	27
Técnicas de Recolección de Datos .....	28
Área de Estudio .....	28
Fases o Etapas.....	29
Recolección de Materias Primas del Proyecto .....	29
Caracterización de la Materia Prima .....	30
Producción de Harina Micro pulverizada.....	33
Caracterización de la Harina de Cascarilla de Soya.....	36
Comparación de las Características Fisicoquímicas de la Harina de Soya y Harina de Cascarilla de Soya.....	39
Diseño Experimental .....	39
Resultados y Análisis de Resultados .....	40
Obtención de Cascarilla de Soya como Materia Prima .....	40
Etapas del proceso de obtención de la materia prima.....	41
Caracterización de la Cascarilla de Soya como Materia Prima.....	43
Humedad de la Materia Prima, Cascarilla de Soya .....	43

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

Determinación del Contenido de Grasa para la Materia Prima (Cascarilla de Soya).....	44
Determinación de Proteína Total. Método Kjeldahl.....	46
Determinación del Contenido de Fibra.....	47
Producción de Harina de Cascarilla de Soya Micro-pulverizada.....	48
Molienda de Cascarilla.....	48
Extrusión de Cascarilla de Soya.....	49
Secado de Cascarilla Extruida.....	51
Micro-Pulverización de Pellet de Cascarilla.....	52
Caracterización de la Harina de Cascarilla de Soya Micro pulverizada.....	53
Humedad de Harina de Cascarilla de Soya.....	53
Determinación del Contenido de Grasa para el Producto Terminado (Harina de Cascarilla).....	54
Determinación de Proteína Total. Método Kjeldahl.....	56
Determinación del Contenido de Fibra.....	57
Determinación del Tamaño de Partícula.....	57
Comparación de las Características Fisicoquímicas de la Harina de Soya y Harina de Cascarilla de Soya.....	60
Conclusiones.....	62
Recomendaciones.....	63
Bibliografía.....	64

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya	9
Anexos .....	70

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya	10
---	----

### **Lista de Figuras**

<b>Figura 1</b> Ubicación de la Empresa Alen+Pro	29
<b>Figura 2</b> Proceso de Obtención de materia prima	30
<b>Figura 3</b> Proceso de Extrusión de Materia Prima	34
<b>Figura 4</b> Proceso de Secado del Pellet	35
<b>Figura 5</b> Proceso de Micropulverización	35
<b>Figura 6</b> Porcentaje de Cascarilla y Eficiencia en Producción	40
<b>Figura 7</b> Trituración	42
<b>Figura 8</b> Aspiración	42
<b>Figura 9</b> Calibración	43
<b>Figura 10</b> Determinación del Contenido de Humedad de la Materia Prima	44
<b>Figura 11</b> Determinación de Grasa por Método Soxhlet para la Materia Prima	45
<b>Figura 12</b> Determinación de Proteína por Método Kjeldahl	47
<b>Figura 13</b> Molienda de la Materia Prima de la Cascarilla de Soya	49
<b>Figura 14</b> Diagrama de Balance de Materia de la Molienda de la Cascarilla de Soya	49
<b>Figura 15</b> Extrusión de la Cascarilla de Soya Molida	50
<b>Figura 16</b> Diagrama de Balance de Materia de Extrusión de la Cascarilla de Soya Molida	51
<b>Figura 17</b> Secado de Pellet de la Cascarilla de Soya Extruida	52
<b>Figura 18</b> Diagrama de Balance de Materia del Pellet de Cascarilla de Soya	52
<b>Figura 19</b> Micro-Pulverización de Cascarilla de Soya Pelletizada	53
<b>Figura 20</b> Determinación del Contenido de Humedad de la Harina de Cascarilla de Soya	54
<b>Figura 21</b> Determinación del Contenido de Grasa de la Harina de Cascarilla de Soya	55

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya	11
<b>Figura 22</b> Determinación de Proteína Total por Método Kjeldahl	56
<b>Figura 23</b> Determinación del Tamaño de Partícula de la Harina de Cascarilla de Soya	58
<b>Figura 24</b> Comparación de las Características Fisicoquímicas	61
<b>Figura 25</b> Variables del Proceso de Extrusión de la Cascarilla de Soya	71
<b>Figura 26</b> Temperaturas de Secado y Proceso de Calibración	72
<b>Figura 27</b> Variables de Control del Proceso de Micropulverización	73
<b>Figura 28</b> Determinación de Contenido de Humedad de la Cascarilla de Soya Molida	74
<b>Figura 29</b> Determinación de Contenido de Humedad de la Cascarilla de Soya Extruida	75
<b>Figura 30</b> Determinación de Contenido de Humedad del Pellet Seco	76
<b>Figura 31</b> Análisis Fisicoquímicos de la Harina de Soya	76
<b>Figura 32</b> Porcentaje de Fibra Cruda de la Cascarilla de soya y Harina de Cascarilla de Soya	77
<b>Figura 33</b> Formatos de Producción de Cascarilla de Soya Extruida y Harina de Cascarilla de Soya	78

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya	12
---	----

### **Lista de Tablas**

<b>Tabla 1</b> Determinador de Humedad	31
<b>Tabla 2</b> Porcentaje de Humedad de la Materia Prima	43
<b>Tabla 3</b> Porcentaje de Grasa de la Cascarilla de Soya	45
<b>Tabla 4</b> Porcentaje de Proteína Total de la Materia Primas	46
<b>Tabla 5</b> Porcentaje de Humedad de la Harina de Cascarilla de Soya	53
<b>Tabla 6</b> Porcentaje de Grasa de la Harina de Cascarilla de Soya	55
<b>Tabla 7</b> Porcentaje de Proteína Total de la Harina de Cascarilla de Soya	56
<b>Tabla 8</b> Porcentaje de Granulometría de la Harina de Cascarilla de Soya	58
<b>Tabla 9</b> Comparación de las Características Fisicoquímicas de la Harina de Soya y Harina de Cascarilla de Soya	60
<b>Tabla 10</b> Cantidad de Cascarilla de Soya Obtenida en Producción de Aceite de Soya	70
<b>Tabla 11</b> Porcentaje de Humedad de la Cascarilla de Soya Molida	73
<b>Tabla 12</b> Porcentaje de Humedad de la Cascarilla de Soya Extruida	74
<b>Tabla 13</b> Porcentaje de Humedad del Pellet Seco	75

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya	13
---	----

### **Lista de Anexos**

<b>Anexo 1</b> Producción de Cascarilla de Soya en la Planta Extractora de Aceite, Alen+Pro S.A., Pereira, Risaralda.	70
<b>Anexo 2</b> Bitácora de Proceso	71
<b>Anexo 3</b> Determinación de Humedad de la Cascarilla de Soya Después de la Molienda	73
<b>Anexo 4</b> Determinación del Contenido de Humedad de la Cascarilla de Soya Extruida	74
<b>Anexo 5</b> Determinación del Contenido de Humedad del Pellet Seco.	75
<b>Anexo 6</b> Resultados Fisicoquímicos de la Harina de Soya	76
<b>Anexo 7</b> Resultados de Fibra Cruda de la Cascarilla de Soya y la Harina de Cascarilla de Soya	77
<b>Anexo 8</b> Formatos de Producción de la Cascarilla de Soya Extruida y la Harina de Cascarilla de Soya	78

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya	14
---	----

### **Lista de Ecuaciones**

<b>Ecuación 1</b> Cálculo del Porcentaje de Nitrógeno Total	32
<b>Ecuación 2</b> Cálculo del Porcentaje de Proteína Total	32
<b>Ecuación 3</b> Cálculo del Porcentaje de Grasa Bruta	33
<b>Ecuación 4</b> Determinación del Tamaño de Partícula	38
<b>Ecuación 5</b> Cálculo de la Eficiencia en Producción	41
<b>Ecuación 6</b> Cálculo de Balance de Materia y Humedad	48

### **Introducción**

Los subproductos agroindustriales constituyen un problema serio de residuos en gran parte del mundo debido a dos factores principales: un aumento en la producción y al surgimiento de leyes ambientales más estrictas (Jurado, 2003). En el aprovechamiento de subproductos agroindustriales se genera la revalorización de las materias primas obteniendo un beneficio monetario, nutricional y un equilibrio con el medio ambiente contribuyendo a la mitigación de los problemas derivados de la industrialización y el crecimiento de la población.

En este orden de ideas, la importancia del aprovechamiento de subproductos agroindustriales va más allá de la mitigación de problemas ambientales, sino también en la producción de alimentos con mayor valor agregado, como es el caso de la cascarilla de soya siendo uno de los subproductos más producidos por la demanda de aceite de soya; en Argentina la producción mundial de soya superaron las 56 millones de toneladas en el 2017, siendo el tercer productor a nivel mundial; en el procesamiento de los granos de soya se genera la rotura del grano lo que genera subproductos como lo es la cascarilla de soya, este representa el 2% en peso de grano de soya de las cuales representa más de 1'000.000 de toneladas anuales de cascarilla de soya obtenida en la industrialización (CONICET, 2018).

En Colombia, la producción de cascarilla de soya no se tiene en cuenta como una problemática de gran importancia ya que la producción de torta de soya es menor que las importaciones anuales en el país. Según cifras de las FAO entre el año 2000 y el 2013 se importaron 9'767.010 toneladas y se produjeron 3'583.720 toneladas de torta de soya, de las cuales 122.563 toneladas son cascarilla de soya.

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

En las últimas décadas, el científico Guillermo Pico (2016) ha propuesto soluciones viables para el aprovechamiento de la cascarilla de soya que usualmente es descartada o incluida en la alimentación del ganado, una de las propuestas es utilizada en el tratamiento de aguas como filtro de contaminantes residuales. (Picó, 2016)

En el corregimiento de Puerto Caldas, Risaralda, está ubicada una de las empresas procesadoras de aceite crudo de soya y productos a base de soya, uno de los mayores subproductos extraídos es la cascarilla de soya con un porcentaje promedio de 3,42% (Ver Anexo uno), su utilización es escasa, incluso, en algunas ocasiones se ha utilizado para la producción de vapor; esta información representan una equivocada utilización del subproducto, por esta razón, es necesario la utilización de tecnologías para el obtención de una harina micro pulverizada a partir de la cascarilla de soya como subproducto de la extracción de aceite de soya (*Glycine max*).

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

### **Planteamiento Del Problema**

La producción industrial medida en toneladas de materia orgánica derivadas de la siembra o procesos fotosintéticos oscila alrededor de 155 billones/año, de las cuales solo una mínima parte puede obtener un valor agregado a nivel económico y ambiental siendo utilizado para consumo directo del hombre y/o animales, en su mayoría se convierten en subproductos o residuos no comestibles y constituyen una fuente de contaminación ambiental (Cury R, Aguas M, Martínez M, Oliveri V, & Chams Ch, 2017).

En Colombia, el Departamento Nacional de Planeación proyectó para el 2018, el 20% en aprovechamiento de residuos que van a los rellenos e incentivar el reciclaje, sin embargo, no ha logrado superar el 17%, por lo tanto, es prioritario incluir mecanismos de articulación del componente productivo y de investigación científica y tecnológica (Peñaranda, Montenegro, & Giraldo, 2017).

Actualmente, vivimos en un mundo tan globalizado en donde uno de los grandes problemas que azota al planeta reside en un sistema económico pensado en crear ciertos productos para después ser desechados, se evidencia, así como cada industria se preocupa solo por sus propios intereses generando desechos. Los subproductos agroindustriales provenientes del procesamiento de productos para consumo se han clasificado como un problema serio en diferentes partes del mundo debido a dos factores: aumento en la producción y la aparición de nuevas leyes ambientales estrictas. Por lo anterior, surge la necesidad de implementar nuevos procesos para la utilización y generación de un producto con alto valor nutricional útil para el consumidor (Jurado, 2003). En este orden de ideas, es preciso reducir el desperdicio de alimentos buscando mecanismos que fomenten el aprovechamiento de subproductos para que el mercado vea su importancia y participe de

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

manera directa sobre su respectivo valor dentro de la industria alimentaria; así pues, el triángulo del desarrollo sostenible y la economía circular surge como respuesta a los crecientes problemas sociales, ambientales y económicos del planeta, en donde, es preciso enfatizar de que así como se espera un desarrollo industrial importante en la misma medida se dé un progreso para todos. En los últimos años se ha descrito lo que se conoce como “estrategia universal de recuperación de compuestos, la cual consta de distintas etapas lógicas (pretratamiento, separación, extracción, purificación y formulación) hasta la obtención de un subproducto estabilizado apto para su comercialización”. (Buera & Patricio, 2016).

Por lo anterior y teniendo en cuenta el presente crecimiento de cultivos de soya, lo que esto representa para el medio ambiente y en pro del aprovechamiento de este residuo al cual se le han identificado numerosas características para desarrollo de alimentos con altos valores nutricionales que presenten beneficios al ser consumidos, se propone la siguiente pregunta de investigación:

¿Es posible aprovechar la cascarilla de soya (*Glycine max*) en la obtención de una harina micro pulverizado con alto contenido de fibra?

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Obtener una harina micro pulverizada a partir de la cascarilla como subproducto de la extracción de aceite de soya (*Glycine max*)

### **Objetivos Específicos**

Caracterizar la cascarilla de soya como materia prima para la obtención de harina

Obtener una harina micro pulverizada de cascarilla de soya

Determinar las características fisicoquímicas de la harina de cascarilla obtenida en el aprovechamiento de subproductos de la extracción del aceite de soya

Comparar las características fisicoquímicas de la harina obtenida con la harina de soya comercial

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

## **Marco Teórico**

### **Bases Teóricas**

#### ***Fibra Dietaría Como Alimento Funcional***

Según (Abirami, Nagarani, & Siddhuraju, 2014) la fibra dietaría: “La fibra dietética es un componente complejo de polímero de carbohidratos naturales que consta de una variedad de polisacáridos distintos del almidón, como hemicelulosa, celulosa, lignina y pectina.”.

“La investigación también indicó que los procesos de hidrólisis ácido-base y autoclave en cáscaras de soya podrían aumentar significativamente el contenido total de fibra dietética, mostrando el gran potencial en diversas aplicaciones alimentarias debido a las propiedades funcionales.” (Yang, Xiao, & Wang, 2014), podemos asegurar que los procesos utilizados para la desnaturalización como son equipos extrusores pueden modificar las características de la cascarilla de soya generando un impacto en la utilización del producto en la línea de consumo humano, en la utilización de diversas recetas como extensores cárnicos por su alto índice de absorción de agua (2,91 g agua/ g de s.s.) y su capacidad retenedora de agua (CRA) (1,27 g agua/g de s.s.) (Zambrano, Cornejo, Jimenénez, & Gutiérrez, 2013).

Así mismo, (Valencia & Román, 2004) exponen en su investigación contextual las funcionalidades de la fibra dietaría en el organismo: la capacidad de retención de agua, adsorción de compuestos orgánicos, la capacidad de intercambio catiónico, y la degradación bacteriana; Por consiguiente, la fibra soluble se degrada por fermentación en el intestino estimulando la proliferación de las células de la mucosa colónica, por otro lado, la

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

fibra insoluble, por su alto efecto de retención de agua provee la consistencia y peso de las heces reduciendo el tiempo de tránsito intestinal (Valencia & Román, 2004).

### ***Fibras solubles e insolubles y su impacto en el organismo***

Las fibras dietarias en el organismos contribuyen a la reducción de los niveles de colesterol en individuos hiperlipidemicos, mejorando así la tolerancia a la glucosa (Jenkins, Kendall, Augustin, & Franceschi, 2002), a su vez a comprobado que tiene efectos positivos sobre la diarrea y el estreñimiento (Bosaeus, 2004), entre las fibras dietéticas comestibles se constituyen en dos grupos importantes, las FD insolubles y FD solubles, las fibras dietéticas insolubles entre sus características se encuentran la buena capacidad de retención de agua, aumentan el volumen fecal y reducen el tiempo de tránsito gastrointestinal, siendo útil para el tratamiento de diferentes trastornos intestinales como el estreñimiento, diverticulitis, hemorroides, etc. (Goni & Martín, 1998). Por otro lado, las fibras dietéticas solubles están asociadas con la disminución de los niveles de colesterol y la adsorción de glucosa intestinal. (Rodríguez, Jiménez, Bolaños, & Guillén, 2006).

### ***La cascara de soya en la formulación de bebidas y panadería***

La cascara de soya obtenida del grano entero de soya contiene el 92% de fibra 3,5% de humedad, 0,5% de grasas, 1,5% de proteínas y 2,5% de cenizas; estudios demostrados por (Amigo & Silván) encontraron que la fibra de soya puede añadirse a varios alimentos destinados a la bollería industrial y a la nutrición enteral hospitalaria.

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

## **Marco Conceptual**

### ***Generalidades***

#### ***Cascarilla de Soya***

La cascara de soya es un subproducto obtenido en el procesamiento de aceite de soya en donde por medio de etapas de trituración y aspiración se extrae gran parte del contenido de cascara de soya, algunos granos de soya y partículas adyacentes a la materia prima (Mata, 2011).

Contiene un alto contenido en fibra alrededor del 35% (Mata, 2011), de los cuales el 80% es digestible, su contenido en grasa propicia el almacenamiento en largos periodos de tiempo sin sufrir alguna alteración por rancidez, esto atribuye al hecho al no producir cambios en su estructura nutricional; la velocidad de degradación de la fibra es lenta, lo cual conlleva a la disposición lenta de energía proveniente del contenido de proteína y carbohidratos; en estómagos lecheros y en terneros en cebo no puede ser sustituto de algunos forrajes por el proceso de digestión, “También debe considerarse que su aporte de fibra efectiva, capaz de estimular la rumiación y la motilidad ruminal, es reducido lo que limita la posibilidad de sustituir parte del forraje de la dieta.” (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 2012)

La inclusión de la cascarilla de soya en la alimentación humana ha generado un impulso y motivación en países productores de aceite de soya por su gran volumen y poco uso, su utilización va desde la extracción de la parte fibrosa a la realización de harinas como extensores cárnicos.

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

### ***Micro pulverización***

El proceso de pulverización por medio físico se da por el quebrantamiento de las partículas al estar en contacto con el producto o material a triturar, en el procedimiento de trituración intervienen factores tales como humedad, grasa y tamaño de partícula a obtener. Experimentalmente, el proceso de pulverización de cereales se busca primero obtener un producto fino por medio de molinos de martillos con la finalidad de reducir su tamaño sin afectar la eficiencia del proceso, se procede a la pulverización por medio de martillos y el rozamiento con placas corrugadas obteniendo finos granos o harina con tamaño de partícula superior al 95% malla N°80 U.S. STD. Sieve de 0,177 mm.

### ***Fibra***

Son sustancias de origen vegetal, hidratos de carbono o derivados de los mismos excepto la lignina que resisten la hidrólisis por los enzimas digestivos humanos y llegan intactos al colon donde algunos pueden ser hidrolizados y fermentados por la flora colónica (Escudero & Gonzalez, 2006).

### ***Aprovechamiento de Subproductos***

Según cifras de la (FAO, 2011) se desperdicia aproximadamente un tercio de los alimentos que se producen.

“Estas pérdidas varían bastante, dependiendo de la cadena que se considere, pudiendo llegar en el caso de las frutas y hortalizas hasta un 50%.” (Buera & Patricio, 2016). La valorización de estos productos se da en dos puntos de vista: cuantitativos, por pérdidas económicas y cualitativas, por el valor nutricional y la importancia en la alimentación humana.

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

Según la (RAE, s.f.) un subproducto se define como: “en cualquier proceso industrial, producto que se obtiene demás del principal y que suele ser de menor valor que este”, a su vez, las (FAO, s.f.) define a los subproductos agrícolas como “subproductos de la elaboración de alimentos, como bagazo de caña de azúcar, cáscaras de arroz, cáscaras, fibra y médula de coco, cáscaras de maní, residuos del prensado de la oliva, etc.”, todos con un valor agregado, que en este sentido son utilizados en la producción de alimentos funcionales y/o complementos, de esta manera su utilización no se limita en la formulación de alimentación animal, permite la inclusión en alimentación humana como valorización de los recursos agroindustriales.

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

### **Antecedentes**

El interés por mejorar la cadena productiva y dar origen a nuevos productos con propiedades funcionales, que ayudan a combatir enfermedades causadas por la mala alimentación como lo son el sobre peso y la obesidad, requiere de una nueva orientación al consumo de alimentos ricos en fibra; la cascarilla de soya, considerado uno de los subproductos de la extracción de aceite de soya, no se le ha dado gran importancia a pesar de su gran valor energético y su potencial valor agregado en la industria alimentaria.

### **La cascarilla de la soja: potencial componente de alimentos funcionales**

En un estudio realizado sobre el efecto de la cascarilla de soya con alto contenido de fibra dietaria, de tipo insoluble y soluble, sobre la distribución del tejido adiposo, el perfil lipídico sanguíneo y hepático, la glicemia basal y post sobrecarga glucídica, en ratas adultas de la línea IIMb/β, se demostró la influencia de una dieta basada en 10% aproximadamente de cascarilla de soya sobre otra dieta dispuesta a las ratas, se demostró la disminución de los niveles de colesterol sérico significativamente menores, “se registró una significativa disminución de los lípidos totales, el colesterol y los triacilgliceroles hepáticos”, esto se atribuye a los efectos que produce la fibra y el comportamiento fisiológico de los roedores, la influencia de dietas realizadas con fibra de cascarilla de soya puede tener efectos beneficiosos en dietas humanas. (Olguin, Posadas, & Revelant, 2009).

### **La fibra y sus beneficios a la salud**

Sobre el estudio del efecto del consumo de fibra para la prevención y tratamiento de enfermedades crónicas como las afecciones cardiovasculares, la diabetes mellitus, el cáncer y la hipertensión arterial, entre las más estudiadas, la fibra dietética provee beneficios para su prevención, se concluyó, por consiguiente, que el consumo de fibra en algunas ciudades

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

de México es deficiente y es de importancia abordar el tema de promover su consumo.

(Almeida, Lopez, & Hernandez, 2014).

### **El aprovechamiento de subproductos como estrategia para la prevención de pérdidas y desperdicios en alimentos**

En los últimos años se ha notado un gran interés por el aprovechamiento de los subproductos de origen agrícola, según las (FAO, 2011): “se desperdicia aproximadamente un tercio de los alimentos que se producen estas pérdidas entre frutas y hortalizas pueden llegar a ser hasta un 50%”. Esta reseña es un punto de partida para la reutilización y el aprovechamiento de subproductos útiles en la industria alimentaria, algunos como alimentos funcionales, otros para la extracción de materias primas, revalorizando la cadena productiva tanto cualitativamente (valor nutricional, ambiental, inocuidad) como cuantitativamente (reducción en peso, valor económico). (Cytel, 2016)

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

## **Metodología**

### **Enfoque de la Investigación**

Dado que se busca comprobar la hipótesis establecida, así como los objetivos trazados, el presente trabajo será elaborado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo.

El enfoque cuantitativo “utiliza la recolección de datos para probar una hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.” (Escamilla, s.f.).

### **Tipo de la Investigación**

El presente trabajo se elaborará en base al tipo de investigación experimental en la que se obtiene la información por medio de la observación de los hechos, se pretenden realizar distintos tipos de actividades con las que se recoge información sobre el tema a investigar, con ella se modifica la realidad con el propósito de estudiar las circunstancias en que se encuentra la muestra; esta utiliza una variable experimental que se va a examinar con el fin de obtener un proceso estandarizado.

Así mismo, citando a Danke, afirman que los estudios descriptivos “(...) buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos comunidades o cualquier otro fenómeno que es sometido a un análisis” (Pereira, 2011). Por lo cual se utilizará el método descriptivo para detallar a fondo las características y propiedades más importantes del producto que endilga este proyecto.

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

### **Técnicas de Recolección de Datos**

La técnica por utilizar es la observación cuantitativa la cual permite la recolección de resultados numéricos mediante la observación de cualquier característica presentada sobre una muestra específica, reuniendo datos que al ser analizados presentan una mayor validez al ser comparada.

Por ello, (Hernández, Fernandez, & Baptista, s.f.) Con relación a la observación plantean que “este método de recolección de datos consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías”, por lo tanto, la técnica pertenece a la observación cuantitativa-participante-no estructurada.

### **Área de Estudio**

En el corregimiento de Puerto Caldas, se encuentra Alen+Pro, procesadora de productos a base de soya como lo es, harina de soya, texturizado de soya, extensores cárnicos, y cuenta con una extractora de aceite de soya, en donde, una de sus etapas es la extracción de cascarilla de soya como subproducto mayoritario; Alen+Pro se encuentra en el corregimiento de Puerto Caldas, en Risaralda, con coordenadas 4°45'38.1"N 75°54'25.9"W (Google Maps).

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

### Figura 1

*Ubicación de la Empresa Alen+Pro*



*Fuente:* Ubicación de la empresa Alen+Pro corregimiento de puerto Caldas, Risaralda. Adaptada de

Fotografía Alimento Energético Proteico SAS, Google Maps, 2020,

([https://g.page/alenpro\\_proteinavegetal?share](https://g.page/alenpro_proteinavegetal?share))

## Fases o Etapas

### *Recolección de Materias Primas del Proyecto*

#### **Obtención de Materias Primas**

En el proceso de obtención de la cascarilla de soya se utilizó un triturador de doble rodillo (High Efficiency TIKK, Oklahoma) el cual tritura el haba de soya y desprende la cascarilla del grano de soya, seguidamente por medio de ventiladores de aspiración (Underwriters laboratories UL, Canada) se separa la cascarilla de soya al ser más liviana. La figura 2 muestra el diagrama de flujo sobre el proceso de principio a fin de la obtención de la cascarilla de soya como materia prima; su eficiencia se mide en porcentaje producido sobre porcentaje de cascarilla obtenido en el proceso.

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

**Figura 2**

*Proceso de Obtención de materia prima*



*Fuente:* Autoría propia.

### ***Caracterización de la Materia Prima***

El proceso de caracterización fisicoquímica de la cascarilla de soya obtenida en la separación de la cascarilla del grano se realizó en el laboratorio de Alimento energético proteico S.A para los parámetros de: porcentaje de humedad, porcentaje de proteína y porcentaje de grasa. Para la determinación de la cantidad de fibra que contiene la materia prima se contrató el laboratorio Enzipan externo a la compañía.

#### **Determinación del Contenido de Humedad por Analizador de Humedad**

##### **Halógeno**

En la determinación de humedad por analizador de humedad halógeno MB27 (Ohaus Colombia, Bogotá), la muestra se calienta con radiación infrarroja (lámpara halógena) hasta llegar a peso constante, para la determinación de humedad la muestra debe estar molida evitando calentamiento, se pesa una cantidad de muestra según el grado de repetibilidad (tabla 1) requerida y se procede a iniciar el proceso de calentamiento.

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

**Tabla 1**

*Determinador de Humedad*

<b>Peso de la muestra</b>	<b>Repetibilidad</b>
0.5 g	+ - 1.0%
1 g	+ - 0.6%
2 g	+ - 0.3%
5 g	+ - 0.12%
10 g	+ - 0.06%

*Fuente:* La presente tabla muestra el porcentaje de repetibilidad según la cantidad de muestra a determinar. Adaptado de, Repetibilidad de muestras a desecar, Alejandro Giraldo Echeverry, 2021, Manual de Procedimientos de Laboratorio.

Normatividad

NTC 529: Cereales y productos cereales. Determinación del contenido de humedad

Manual de instrucciones – Analizador de humedad MB27. OHAUS

### **Determinación de Proteína Total. Método Kjeldahl**

El método consiste en tres procedimientos como lo son la digestión (Polco, Medellín), destilación (Cromtek, Chile) y titulación (Elementos Químicos Ltda, Bogotá), este método se basa en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, formando sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio libera amoníaco, se destila con ácido bórico formando borato de amonio y se titula con ácido sulfúrico.

Para el cálculo del porcentaje de proteína total primero se realizó el cálculo del porcentaje de nitrógeno total con la ecuación 1 y posteriormente se realizó el cálculo del porcentaje de la proteína total con la ecuación 2.

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

### **Ecuación 1**

*Cálculo del Porcentaje de Nitrógeno Total*

$$\text{Nitrogeno total (\%)} = \frac{1.4 * N * V}{P.M.} \quad (1)$$

*N = Normalidad del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> utilizado en la titulación*

*V = Volumen (mL) del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> utilizado en la titulación*

*P.M = Peso de la muestra*

### **Ecuación 2**

*Cálculo del Porcentaje de Proteína Total*

$$\text{Proteina total (\%)} = \% \text{Nitrogeno total} * 6.25 \quad (2)$$

Normatividad

NTC 2457. Industrias alimentarias. Productos proteínicos de soya (PPS)

AOAC oficial method SM 955.04D. Nitrogen (total) in fertilizers, Kjeldahl Method

### **Determinación de Grasa por Método Soxhlet**

Este método consiste en la extracción de sustancias oleaginosas presentes en la muestra por medio de disolventes como el hexano (Petroquímicos Bretón, Bogotá); para la determinación de grasa se utilizó un equipo Soxhlet (Elementos Químicos Ltda, Bogotá) compuesto de matraz, extractor y condensador.

Se pesaron 5 gramos (g) de muestra previamente secado en un papel filtro, se introduce en el extractor y se adicionan 250 ml de Hexano (Petroquímicos Bretón, Bogotá) en un matraz de fondo plano, se procede a la extracción durante 4 horas a flujo de agua constante, para el cálculo de los resultados se utilizó la ecuación 3.

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

### **Ecuación 3**

*Cálculo del Porcentaje de Grasa Bruta*

$$\text{Grasa bruta} = \frac{(A-B)}{\text{Peso de muestra seca}} * 100\% \quad (3)$$

Normatividad

NTC 6240. Determinación del contenido porcentual de grasa o aceite. Método

Soxhlet

### **Determinación del Contenido de Fibra**

Para la determinación del contenido de fibra se siguieron los lineamientos dispuestos en el procedimiento establecido en la ISO 6865. El análisis fue realizado por el laboratorio Enzipan, Bogotá.

Normatividad

ISO 6865. Determinación del contenido de fibra bruta - Método con filtración intermedia.

### ***Producción de Harina Micro pulverizada***

Para la producción de harina micro pulverizado, se utilizaron 780 kilogramos de cascarilla de soya previamente obtenida en la planta extractora de aceite en la preparación de la soya para post producción.

### **Extrusión de Cascarilla de Soya**

Con el objetivo de destruir la carga microbiana y la cantidad de toxinas procedentes de la cosecha, la materia prima se llevó a pulverización y extrusión por medio de un molino de martillos (Bliss Industries INC, Oklahoma) y extrusor (Dayi Machine, China) respectivamente, es importante tener en cuenta el tamaño de partícula en la molienda que es dependiente del tamaño de los orificios de las mallas del molino de martillos y teniendo en

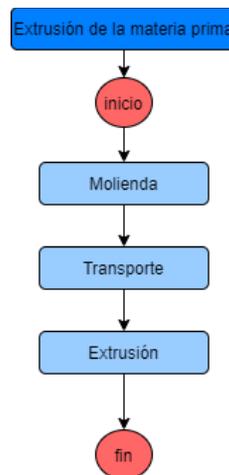
Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

cuenta que el objetivo de esta etapa es eliminar la carga microbiana se deben utilizar temperaturas mayores a 100°C en la extrusión, en este proceso se obtiene un pellet denso.

En la figura 3 muestra el proceso de inicio a fin de la extrusión de la materia prima

**Figura 3**

*Proceso de Extrusión de Materia Prima*



*Fuente:* El autor. Proceso de extrusión

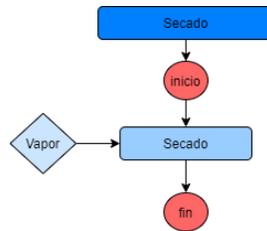
### **Secado del Pellet**

Tras el proceso de extrusión, el producto húmedo se seca en una secadora de lechos (Extru-Tech inc, Sabetha) por medio de vapor de agua saturado procedente de las calderas, en este proceso el pellet de cascarilla de soya se secó a una humedad cercana a 7% su peso en agua para facilitar el proceso de pulverización. La figura 4 muestra el proceso de secado del pellet obtenido en la extrusión.

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

**Figura 4**

*Proceso de Secado del Pellet*



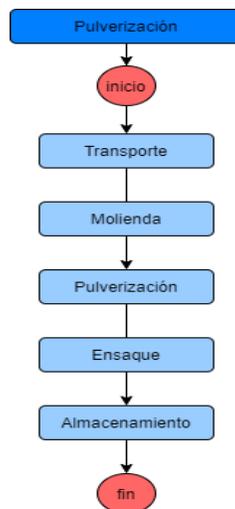
*Fuente:* El autor. Proceso de secado

### Micro-Pulverización

En el proceso se redujo el pellet de la cascarilla de soya seco a un tamaño de partícula de 177 micrones por medio de un molino Micro pulverizador (Siemens GP100, Mexico), en este proceso el tamaño de partícula determinará la conformidad de la harina obtenida siendo como mínimo un tamaño de 90% malla U.S. STD. Sieve N°80. La figura 5 muestra el proceso de Micropulverización del pellet.

**Figura 5**

*Proceso de Micropulverización*



*Fuente:* El autor. Proceso de Micropulverización

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

### ***Caracterización de la Harina de Cascarilla de Soya***

El proceso de caracterización fisicoquímica de la harina de cascarilla de soya obtenida en el proceso de micro-pulverización, se realizó en el laboratorio de Alimento energético proteico S.A para los parámetros de: porcentaje de humedad, porcentaje de proteína, porcentaje de grasa y tamaño de partícula. Para la determinación de la cantidad de fibra que contiene el producto terminado se contrató el laboratorio Enzipan externo a la compañía.

#### **Determinación del Contenido de Humedad por Analizador de Humedad**

##### **Halógeno**

En la determinación de humedad por analizador de humedad halógeno MB27 (Ohaus Colombia, Bogotá), la muestra se calienta con radiación infrarroja (lámpara halógena) hasta llegar a peso constante, para la determinación de humedad la muestra debe estar molida evitando calentamiento, se pesa una cantidad de muestra según el grado de repetibilidad (ver tabla 1) requerida y se procede a iniciar el proceso de calentamiento.

Normatividad

NTC 529: Cereales y productos cereales. Determinación del contenido de humedad

Manual de instrucciones – Analizador de humedad MB27. OHAUS

#### **Determinación de Proteína Total. Método Kjeldahl**

El método consiste en tres procedimientos como lo son la digestión (Polco, Medellín), destilación (Cromtek, Chile) y titulación (Elementos Químicos Ltda, Bogotá), este método se basa en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, formando sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio libera

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

amoníaco, se destila con ácido bórico formando borato de amonio y se titula con ácido sulfúrico.

Para el cálculo del porcentaje de proteína total primero se realizó el cálculo del porcentaje de nitrógeno total con la ecuación 1 y posteriormente se realizó el cálculo del porcentaje de la proteína total con la ecuación 2.

$$\text{Nitrogeno total (\%)} = \frac{1.4 * N * V}{P.M.} \quad (1)$$

$$\text{Proteina total (\%)} = \% \text{Nitrogeno total} * 6.25 \quad (2)$$

Normatividad

NTC 2457. Industrias alimentarias. Productos proteínicos de soya (PPS)

AOAC oficial method SM 955.04D. Nitrogen (total) in fertilizers, Kjeldahl Method

### **Determinación de Grasa por Método Soxhlet**

Este método consiste en la extracción de sustancias oleaginosas presentes en la muestra por medio de disolventes como el hexano (Petroquímicos Bretón, Bogotá); para la determinación de grasa se utilizó un equipo Soxhlet (Elementos Químicos Ltda, Bogotá) compuesto de matraz, extractor y condensador.

Se pesaron 5 gramos (g) de muestra previamente secado en un papel filtro, se introduce en el extractor y se adicionan 250 ml de Hexano (Petroquímicos Bretón, Bogotá) en un matraz de fondo plano, se procede a la extracción durante 4 horas a flujo de agua constante, para el cálculo de los resultados se utilizó la ecuación 3.

$$\text{Grasa bruta} = \frac{(A-B)}{\text{Peso de muestra seca}} * 100\% \quad (3)$$

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

Normatividad

NTC 6240. Determinación del contenido porcentual de grasa o aceite. Método

Soxhlet

### **Determinación del Contenido de Fibra**

Para la determinación del contenido de fibra se siguieron los lineamientos dispuestos en el procedimiento establecido en la ISO 6865. El análisis fue realizado por el laboratorio Enzipan, Bogotá.

Normatividad

ISO 6865. Determinación del contenido de fibra bruta - Método con filtración intermedia.

### **Determinación del Tamaño de Partícula**

Este método consiste en la separación de una mezcla de granos o partículas en dos o más fracciones de tamaño, se expresan los resultados en porcentaje de cantidad de producto en un determinado tamaño del tamiz; para la determinación del tamaño de partícula se utilizó un tamiz número de malla 80 U.S. STD. Sieve (Equipos y Laboratorio de Colombia SAS, Medellín).

Los cálculos se realizaron con base en la ecuación 4 descrita en la Method 965.22.

#### **Ecuación 4**

*Determinación del Tamaño de Partícula*

$$\%Granulometria = 100 \text{ gr de muestra} - \text{Producto retenido} \quad (4)$$

Normatividad

Method 965.22. Official Methods of Analysis, 16th Edition.

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

***Comparación de las Características Fisicoquímicas de la Harina de Soya y Harina de Cascarilla de Soya***

Para realizar la comparación de la harina de cascarilla de soya se utilizó harina de soya de la empresa Alen+Pro producida el día 06 de Julio del 2021, las características fisicoquímicas evaluadas fueron: humedad, grasas, granulometría, proteína y fibra.

**Diseño Experimental**

El presente proyecto utiliza como diseño experimental de tipo **experimental puro** el cual es el que mejor se adapta a las necesidades del proyecto.

El diseño experimental, de tipo experimental puro, es aquel que se manipula una o más variables independientes para observar sus cambios en las variables dependientes.

Para la interpretación de los resultados se utilizó la estadística descriptiva por medio del promedio y la desviación estándar, para la confiabilidad de los resultados se realizó el análisis por triplicado.

## Resultados y Análisis de Resultados

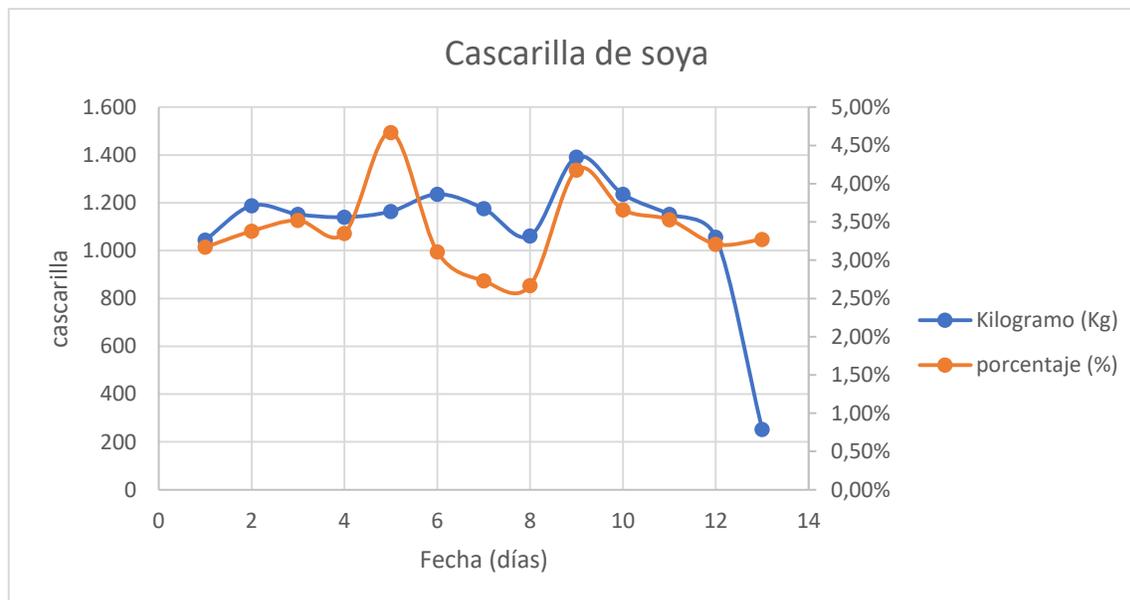
### Obtención de Cascarilla de Soya como Materia Prima

Para la medición de la cantidad de cascarilla de soya se utilizaron como ayuda los formatos de producción en una producción de 13 días (ver anexo 1), se midió la cantidad de cascarilla obtenida en porcentaje de contenido. La figura 6 muestra el porcentaje de cascarilla de soya obtenida en el proceso de descascarillado del grano de soya durante 13 días de producción.

En el Anexo 1 se determina la cantidad de cascarilla obtenida en el proceso de preparación de la soya en la planta extractora, obteniendo una media de 3.42% representando así en los 13 días una producción de 14.250 kilos de cascarilla obtenida.

**Figura 6**

*Porcentaje de Cascarilla y Eficiencia en Producción*



*Fuente:* El autor. Cantidad de cascarilla obtenida en una producción de 13 días seguidos en el mes de junio.

Como establece (CONICET, 2018) en el procesamiento de los granos de soya se genera la rotura del grano lo que genera subproductos como lo es la cascarilla de soya, este

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

representa el 2% en peso de grano de soya; teniendo en cuenta esta premisa con la ecuación 5 calculamos la eficiencia en producción de obtención de cascarilla de soya.

#### **Ecuación 5**

*Cálculo de la Eficiencia en Producción*

$$Eficiencia\ en\ producción = \frac{Tasa\ de\ salida\ real}{tasa\ de\ salida\ estandar} * 100 \quad (5)$$

Remplazando los datos en la ecuación 5:

$$Eficiencia\ en\ producción = \frac{3.42}{2} * 100$$

$$Eficiencia\ en\ producción = 171\%$$

La Figura 6 nos resume la cantidad de cascarilla de soya obtenida en 13 días de producción presentando como límite máximo una producción de 1392 kg/día de cascarilla de soya en su máxima capacidad instalada, demuestra una eficiencia de 171% en comparación con el porcentaje de cascarilla extraíble del grano de soya, esto nos permite realizar una mejor extracción de subproductos pertenecientes de la soya, la extracción total del polvo y demás subproductos como la vaina.

#### ***Etapas del proceso de obtención de la materia prima***

Las figuras 7, 8 y 9 muestran el proceso de trituración, aspiración y calibración respectivamente del proceso de obtención de la materia prima (cascarilla de soya).

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

### Figura 7

#### *Trituración*



*Fuente:* El autor. La presente imagen muestra el proceso de trituración.

### Figura 8

#### *Aspiración*

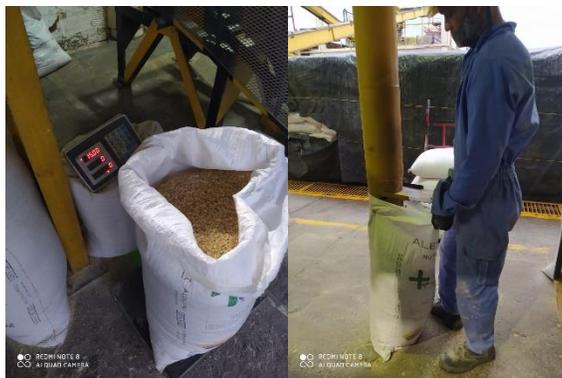


*Fuente:* El autor. La presente imagen muestra el proceso de aspiración.

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

### Figura 9

#### Calibración



*Fuente:* El autor. La presente imagen muestra el proceso de calibración.

## Caracterización de la Cascarilla de Soya como Materia Prima

### *Humedad de la Materia Prima, Cascarilla de Soya*

Se realizó la humedad a la materia prima que entró en proceso (cascarilla de soya), obteniendo los siguientes resultados.

**Tabla 2**

*Porcentaje de Humedad de la Materia Prima*

<b>Muestra</b>	<b>%Humedad</b>
M1	11,92
M2	10,98
M3	11,75
<b>Promedio</b>	<b>11,55 +/- 0,501</b>

*Fuente:* El autor. La presente tabla muestra los resultados obtenidos de la determinación de humedad por balanza halógena de la cascarilla de soja como materia prima.

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

**Figura 10**

*Determinación del Contenido de Humedad de la Materia Prima*



*Fuente:* El autor. La presente imagen nos muestra 3 fases de la determinación de la humedad, en donde en la primera fase nos muestra el peso inicial, en la segunda el porcentaje de humedad obtenido y la tercera el peso obtenido final después de la humedad.

En la tabla 2 se observan los resultados obtenidos en la determinación del contenido de humedad para la materia prima.

La humedad de la materia prima (11,55%) nos indica una estabilidad en condiciones de almacenamiento, por su baja humedad y proveniente de las leguminosas se considera como un alimento de humedad intermedia, en este orden de ideas la actividad de agua que representa al grupo de alimentos de humedad intermedia está entre los 0.85 y 0.60 los cuales entran los alimentos como las harinas y cereales, esto quiere decir que es un producto estable ya que no crecen microorganismos patógenos y solo están presentes algunos microorganismos xerófilos, osmófilos y halófilos (Novasina, 2021).

### ***Determinación del Contenido de Grasa para la Materia Prima (Cascarilla de Soya)***

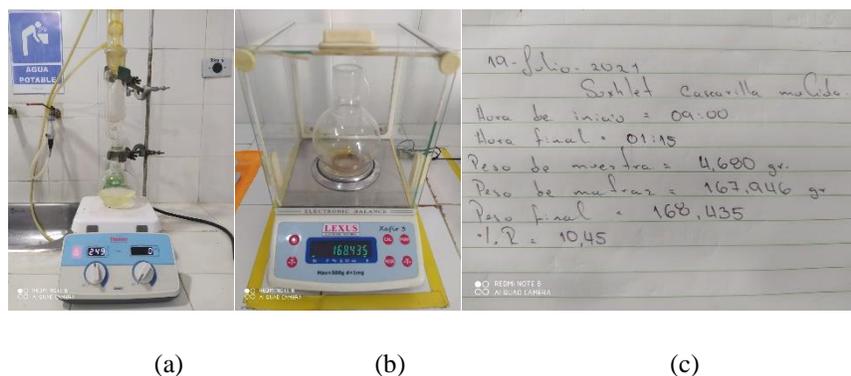
Los resultados obtenidos en el proceso de determinación de grasa por método Soxhlet expuesto en la NTC 6240, se describen a continuación para la materia prima.

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

**Tabla 3***Porcentaje de Grasa de la Cascarilla de Soya*

Muestra	%Grasa
M1	10,45
M2	10,28
M3	11,17
Promedio	10,63 +/- 0,472

*Fuente:* El autor. En la presente tabla se puede observar los resultados de la determinación de grasa por método Soxhlet que se le realizaron a la cascarilla de soya como materia prima.

**Figura 11***Determinación de Grasa por Método Soxhlet para la Materia Prima*

*Fuente:* El autor. En la presente figura se muestra el procedimiento realizado para la determinación de la grasa de la materia prima por el método Soxhlet

En la tabla 3 se observan los resultados obtenidos con base en la ecuación 3 para la determinación del contenido de grasa por método Soxhlet de la cascarilla de soya como materia prima.

Como establece Badui (2006), la cascarilla de soya contiene 1% de grasa, 9% de proteínas, 86% de hidratos de carbono y 4.4% de cenizas; los resultados obtenidos en el

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

análisis de grasa por método Soxhlet nos indican una contaminación de la materia prima ya que en promedio se obtuvo 10.63% de aceite, esto nos demuestra una diferencia de 9.63% de grasa proveniente de la soya, esto se debe al polvillo de soya después de la trituración en el proceso de preparación, la cascarilla es separada por aspiración pero consigo está unida el residuo del polvillo de soya que en su defecto es soya pura.

#### ***Determinación de Proteína Total. Método Kjeldahl***

Para la determinación de proteína total se siguieron las indicaciones dadas en la NTC 2457 y la AOAC oficial method SM 955.04D. Nitrogen (total) in fertilizers, Kjeldahl Method, se obtuvieron los siguientes resultados para la materia prima.

**Tabla 4**

*Porcentaje de Proteína Total de la Materia Primas*

<b>Muestra</b>	<b>%Proteína total en base seca</b>
	<b>Materia prima</b>
M1	23,64
M2	23,64
M3	23,03
Promedio	23,43 +/- 0,352

*Fuente:* El autor. En la presente tabla se puede observar los resultados de la determinación de proteína total por método Kjeldahl que se le realizaron a la cascarilla de soya como materia prima.

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

**Figura 12**

*Determinación de Proteína por Método Kjeldahl*



(a)

(b)

(c)

(d)

*Fuente:* El autor. En la presente figura se puede observar el procedimiento de determinación de proteína por método Kjeldahl que se compone 3 operaciones: digestión, destilación y titulación.

En la tabla 4 se observan los resultados del cálculo de la determinación del contenido de proteína por método Kjeldahl realizados con la ecuación 1 y 2.

Como establece Badui (2006), la cascarilla de soya contiene 1% de grasa, 9% de proteínas, 86% de hidratos de carbono y 4.4% de cenizas; obtenemos como resultado en promedio 23.43% de proteína el cual tenemos una diferencia de 14.43% que en su mayoría es soya en la materia prima, esta soya se adhiere como polvillo de soya arrastrado por los ventiladores de extracción de la cascarilla de soya.

### ***Determinación del Contenido de Fibra***

Para la determinación del contenido de fibra se siguieron los lineamientos establecidos en la ISO 6865. Determinación del contenido de fibra bruta - Método con filtración intermedia, el cual, el laboratorio Enzipan, Bogotá se encargó de realizar los análisis obteniendo un resultado de 24.41 % (ver anexo 7).

Como establece (Olguin, Posadas, & Revelant, 2009) la cascarilla de soya contiene 56.2% de fibra dietaria entre el cual el 49.20% es fibra insoluble, en comparación con el resultado obtenido (24.41%) encontramos una diferencia significativa del 24.79%, esto se

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

debe a la posible contaminación de materia proveniente del grano de soya, como lo es el polvillo de soya.

### **Producción de Harina de Cascarilla de Soya Micro-pulverizada**

#### ***Molienda de Cascarilla***

Para la producción molienda de la cascarilla de soya se utilizó un molino de martillos de 64 martillos (Bliss Industries INC, Oklahoma) y dos mallas de 0.5 mm de diámetro de apertura, por los cuales pasa a través forzando a obtener polvo fino.

Se utilizaron 52 bultos calibrados por 15 kilogramos para un total de 780 kilogramos de cascarilla de soya.

Para realizar los balances de materia y humedad se utilizó la siguiente formula (Cedeño, 2017):  $P_1 * (100 - H_1) = P_2 * (100 - H_2)$  (6) la cual la utilizamos para calcular cuánto producto debemos obtener teniendo en cuenta dos humedades de cada producto utilizado en la línea de producción.

Procedemos a remplazar la ecuación 6 y realizar los cálculos:

#### **Ecuación 6**

*Cálculo de Balance de Materia y Humedad*

$$P_1 * (100 - H_1) = P_2 * (100 - H_2) \quad (6)$$

$$P_2 = \frac{P_1 * (100 - H_1)}{(100 - H_2)}$$

$$P_2 = \frac{720 * (100 - 11.55)}{100 - 8.23}$$

$$P_2 = 693.95 \text{ Kg}$$

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

Teniendo en cuenta los resultados experimentales y teóricos de los cuales deriva el contenido de humedad de la molienda obtuvimos un total de cascarilla de soya molida de 737.5 Kg, con una diferencia significativa de 43.55 Kg en producto final.

**Figura 13**

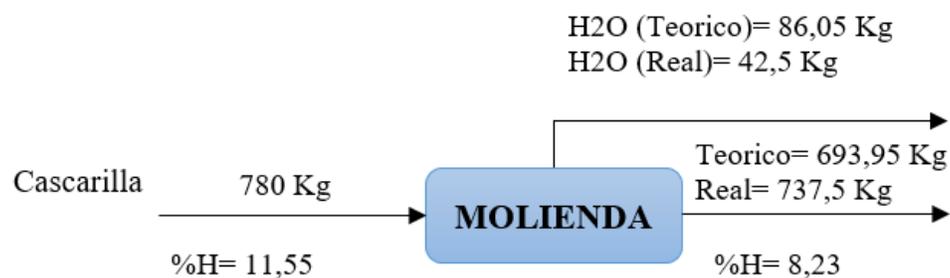
*Molienda de la Materia Prima de la Cascarilla de Soya*



*Fuente:* El autor. En la presente figura se puede observar el proceso de molienda, calibración y almacenamiento de la cascarilla de soya.

**Figura 14**

*Diagrama de Balance de Materia de la Molienda de la Cascarilla de Soya*



## *Extrusión de Cascarilla de Soya*

En el proceso de extrusión de cascarilla de soya se tuvo como objetivo lograr pellet firme y denso, por medio de los reguladores de temperatura (Dayi Machine, China) se logró

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

temperaturas mayores a 100°C garantizando así la esterilización de la cascarilla y la obtención de un producto terminado inocuo.

Para el balance de materia se utilizó la ecuación 6:  $P_1 * (100 - H_1) = P_2 * (100 - H_2)$ , reemplazamos los datos y determinamos cual es el producto que pudimos obtener en la línea de producción.

$$P_2 = \frac{P_1 * (100 - H_1)}{(100 - H_2)}$$

$$P_2 = \frac{737.5 * (100 - 8.23)}{100 - 40.88}$$

$$P_2 = 1144.79 \text{ Kg}$$

En esta etapa no se ha realizado el pesaje del producto ya que es un proceso continuo y no es posible realizar la comparación del dato real con el teórico.

### Figura 15

*Extrusión de la Cascarilla de Soya Molida*

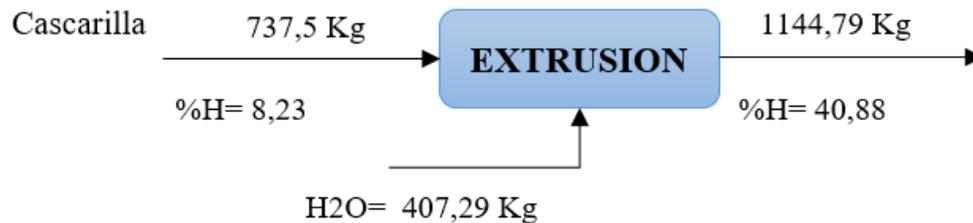


*Fuente:* El autor. En la presente imagen podemos observar el proceso de extrusión de la cascarilla de soya como materia prima.

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

**Figura 16**

*Diagrama de Balance de Materia de Extrusión de la Cascarilla de Soya Molida*



### *Secado de Cascarilla Extruida*

Continuando con la línea de producción, el pellet es secado a una humedad inferior al 7% para evitar descomposición del producto y facilitar la molienda y pulverización, el equipo utilizado para tal fin es una secadora de lechos con flujo de aire y vapor de agua.

Para el balance de materia se utilizó la ecuación 6:  $P_1 * (100 - H_1) = P_2 * (100 - H_2)$ , reemplazamos los datos y determinamos cuales son las diferencias en los resultados al finalizar la línea productiva.

$$P_1 * (100 - H_1) = P_2 * (100 - H_2)$$

$$P_2 = \frac{P_1 * (100 - H_1)}{(100 - H_2)}$$

$$P_2 = \frac{1144.79 * (100 - 40.88)}{100 - 3.1}$$

$$P_2 = 698.45 \text{ Kg}$$

Teniendo en cuenta los resultados experimentales y teóricos de los cuales deriva el contenido de humedad en el secado, obtuvimos un total de 630.9 Kg de pellet seco, con una diferencia significativa de 67.55 Kg en producto final con respecto al dato teórico.

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

**Figura 17**

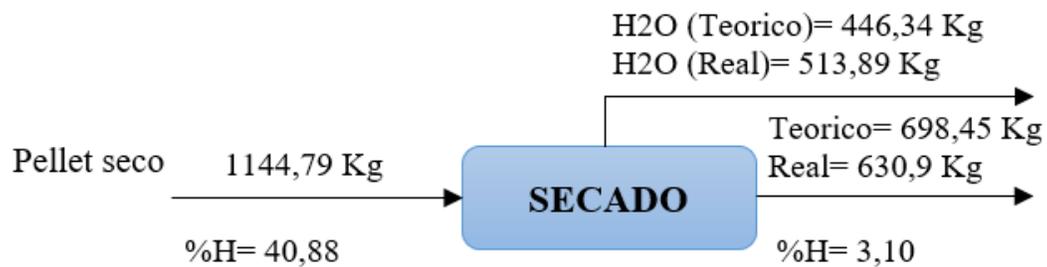
*Secado de Pellet de la Cascarilla de Soya Extruida*



*Fuente:* El autor. La presente figura muestra el proceso de secado del pellet, ensaque y calibración respectivamente.

**Figura 18**

*Diagrama de Balance de Materia del Pellet de Cascarilla de Soya*



### ***Micro-Pulverización de Pellet de Cascarilla***

En el proceso de pulverización del pellet de cascarilla de soya es necesario que la granulometría del producto terminado sea como mínimo 95% malla N°80, para analizar el producto final se utilizó un tamiz U.S. STD. Sieve N°80 (Equipos y Laboratorio de Colombia SAS, Medellín) con una abertura de 0,177 mm, con esto determinamos la conformidad del producto con respecto al tamaño de partícula; finalizando el proceso se obtuvieron 50 kg como producto final.

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

**Figura 19**

*Micro-Pulverización de Cascarilla de Soya Pelletizada*



*Fuente:* El autor. En la presente imagen se puede observar el proceso de micro-pulverización de la cascarilla de soya en pellet.

## Caracterización de la Harina de Cascarilla de Soya Micro pulverizada

### *Humedad de Harina de Cascarilla de Soya*

En el proceso de pulverización del pellet de cascarilla de soya se genera calentamiento del molino micro pulverizador disminuyendo así la humedad del producto terminado, los resultados obtenidos en el proceso de determinación de humedad se describen en la tabla 5.

**Tabla 5**

*Porcentaje de Humedad de la Harina de Cascarilla de Soya*

<b>Muestra</b>	<b>%Humedad</b>
M1	1,98
M2	2,17
M3	1,90
<b>Promedio</b>	<b>2,01 +/- 0,138</b>

*Fuente:* El autor. En la presente tabla se puede observar los resultados de la determinación del porcentaje de humedad de la harina de cascarilla de soya.

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

**Figura 20**

*Determinación del Contenido de Humedad de la Harina de Cascarilla de Soya*



*Fuente:* El autor. La presente imagen nos muestra 3 fases de la determinación de la humedad, en donde en la primera fase nos muestra el peso inicial, en la segunda el porcentaje de humedad obtenido y la tercera el peso obtenido final después de la humedad.

En comparación de los resultados obtenidos de la materia prima con el producto final la humedad es más baja, pasando de 11.55% a 2.01% lo que significa que la actividad acuosa es más estable y en condiciones ideales no permite el desarrollo de microorganismos que puedan alterar el producto final, en su contra obtenemos un producto con menos rendimientos en peso lo que ocasiona mayores costes de producción.

### ***Determinación del Contenido de Grasa para el Producto Terminado (Harina de Cascarilla)***

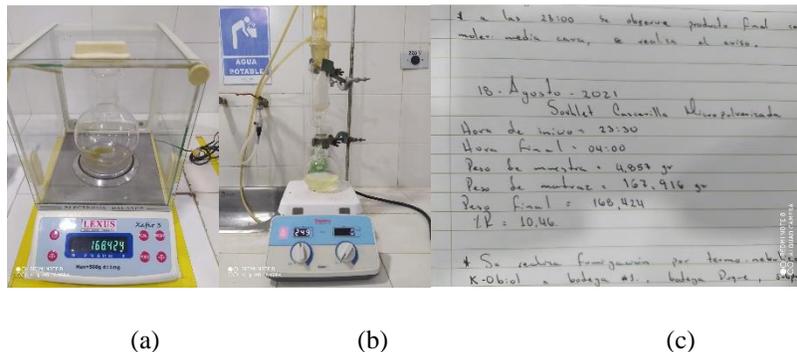
Los resultados obtenidos en el proceso de determinación de grasa por método Soxhlet descrito en la NTC 6240, para el producto terminado se describen en la tabla 6.

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

**Tabla 6***Porcentaje de Grasa de la Harina de Cascarilla de Soya*

Muestra	%Grasa
M1	10,46
M2	10,89
M3	9,08
Promedio	10,14 +/- 0,945

*Fuente:* El autor. En la presente tabla se puede observar los resultados de la determinación del porcentaje de grasa por método Soxhlet de la harina de cascarilla de soya.

**Figura 21***Determinación del Contenido de Grasa de la Harina de Cascarilla de Soya*

*Fuente:* El autor. La presenta imagen nos muestra el procedimiento de determinación de grasa por método Soxhlet de la harina de cascarilla de soya.

En la figura 21.c se realizan los cálculos con base en la ecuación 3 para la determinación del contenido de grasa por método Soxhlet de la harina de cascarilla de soya como producto final.

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

En comparación con los resultados obtenidos de la materia prima y el producto terminado se puede apreciar una disminución del contenido de grasa de 0.49%, esto no representa una disminución significativa que genere cambios en el producto terminado.

### ***Determinación de Proteína Total. Método Kjeldahl***

Para la determinación de proteína total se siguieron las indicaciones dadas en la NTC 2457 y la AOAC oficial method SM 955.04D. Nitrogen (total) in fertilizers, Kjeldahl Method, la tabla 7 muestra los resultados para el producto terminado.

**Tabla 7**

*Porcentaje de Proteína Total de la Harina de Cascarilla de Soya*

Muestra	%Proteína total en base seca	
		Producto terminado
M1		25,00
M2		24,91
M3		24,64
Promedio		24,85 +/- 0,187

*Fuente:* El autor. En la presente tabla se puede observar los resultados de la determinación del porcentaje de proteína total de la harina de cascarilla de soya.

**Figura 22**

*Determinación de Proteína Total por Método Kjeldahl*



(a)

(b)

(c)

(d)

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

*Fuente:* El autor. En la presente figura se puede observar el procedimiento de determinación de proteína por método Kjeldahl que se compone 3 operaciones: digestión, destilación y titulación.

En la figura 22.d se observan los resultados del cálculo de la determinación del contenido de proteína por método Kjeldahl realizados con la ecuación 1 y 2.

En comparación con los resultados obtenidos en la materia prima y el producto terminado la diferencia es de 1.42% aumentando en el producto terminado, de estos resultados podemos deducir el incremento y la disminución de la proteína y la grasa respectivamente del producto terminado, cuando surge la disminución de uno de los macronutrientes en base seca aumentamos el otro significativamente.

### ***Determinación del Contenido de Fibra***

Para la determinación del contenido de fibra se siguieron los lineamientos establecidos en la ISO 6865. Determinación del contenido de fibra bruta - Método con filtración intermedia, el cual, el laboratorio Enzipan, Bogotá se encargó de realizar los análisis, obteniendo un resultado de 21,39% (ver anexo 7).

En el anexo 7 se dan a conocer los resultados del contenido de fibra tanto para la cascarilla de soya como materia prima y la harina de cascarilla de soya, obteniendo resultados de 24.41% y 21.39% respectivamente, la diferencia entre los dos resultados no es significativa, por lo tanto, no demuestra un cambio apreciable en sus características.

### ***Determinación del Tamaño de Partícula***

Para la determinación del tamaño de partícula se siguieron las indicaciones dadas en Method 965.22. Official Methods of Analysis, 16th Edition, se utilizó un tamiz de malla numero 80 U.S. Standard Sieve (Equipos y Laboratorio de Colombia SAS, Medellín), la tabla 8 muestra los resultados obtenidos.

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

**Tabla 8***Porcentaje de Granulometría de la Harina de Cascarilla de Soya*

Muestra	%Granulometría
M1	99,72
M2	99,53
M3	99,57
Promedio	99,61 +/- 0,100

*Fuente:* El autor. En la presente tabla se pueden observar los resultados de la determinación del tamaño de partícula de la harina de cascarilla de soya por tamizaje en malla N°80.

**Figura 23***Determinación del Tamaño de Partícula de la Harina de Cascarilla de Soya*

*Fuente:* El autor. En la presente figura podemos observar el procedimiento para la realización de la determinación del tamaño de partícula por tamiz N°80.

La figura 23 se observa el procedimiento para la determinación del tamaño de partícula, los cálculos se realizaron con base en la ecuación 4.

El parámetro decisorio de la conformidad de la harina micro-pulverizada es el tamaño de partícula ya que facilita la estandarización y procesos de productos, los requisitos que deben cumplir las materias primas para la elaboración de productos (Dussán & Camacho, 2019).

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

En el anexo 6 se indican los resultados fisicoquímicos de la harina de soya, obtenemos un resultado de 98.31% de granulometría por malla 80, que en comparación con la harina de cascarilla de soya con un resultado de 99.61% obtenemos una harina con buen tamaño de partícula y teniendo los resultados del ICBF sobre las harinas de soya tenemos que el límite máximo para conformidad de la harina de soya es como mínimo 95% malla 80 tamiz US Tyler (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2021).

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

## Comparación de las Características Fisicoquímicas de la Harina de Soya y Harina de Cascarilla de Soya

**Tabla 9**

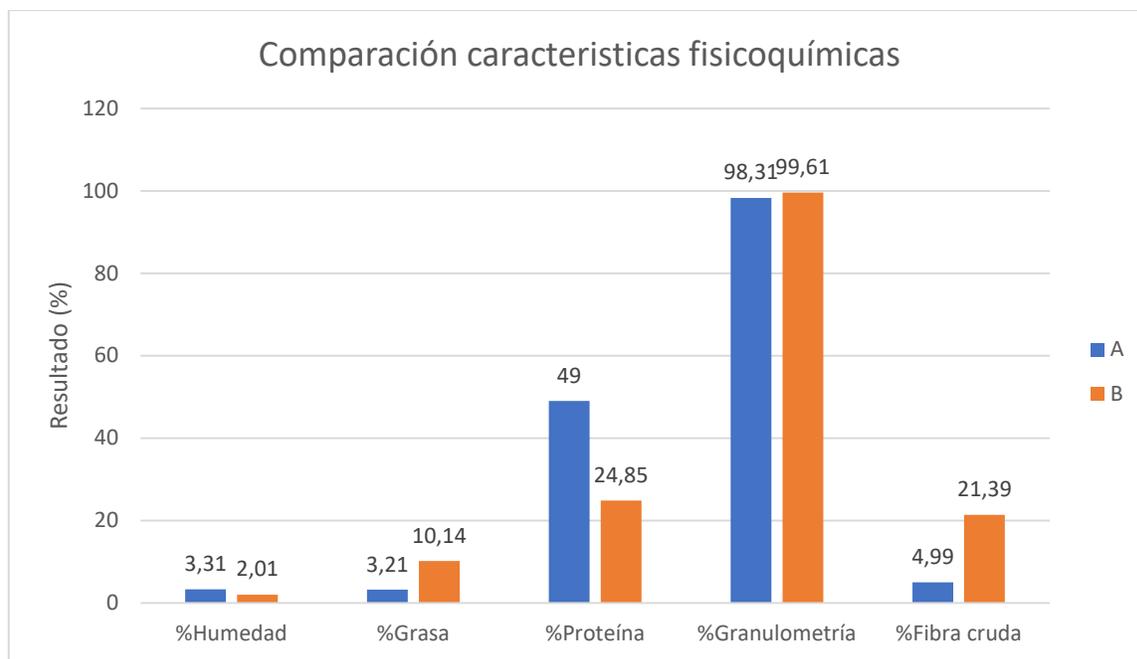
*Comparación de las Características Fisicoquímicas de la Harina de Soya y Harina de Cascarilla de Soya*

Análisis	Muestra		Diferencia
	A	B	
% Humedad	3,31	2,01	La diferencia entre los porcentajes de humedad de A y B no es significativa y no representan un cambio en la calidad final del producto.
% Grasa	3,21	10,14	Se observa una diferencia significativa en los porcentajes finales, debido al procesamiento de cada materia prima, ya que para el producto A se utiliza hojuelas desgrasadas de soya y para el producto B se utiliza cascarilla de soya extraído del área de pretratamiento lo cual tiene soya e impurezas como el polvillo de soya que contiene cantidad significativa de grasa.
% Proteína	49,00	24,85	El porcentaje de proteína contenida en el producto B es originado principalmente por las impurezas que son soya y polvillo de soya, la proteína del producto B es comparable con otras legumbres con contenidos similares de proteína.
% Granulometría	98,31	99,61	Para los productos finos (harinas), deben cumplir con un porcentaje de granulometría mayor al 95% con esto demostramos la eficiencia en la molienda para la producción de harinas a bases de fibras naturales.
% Fibra cruda	4,99	21,39	El cambio es significativo en comparación con el producto A y B, teniendo en cuenta que la mayoría de la fibra total está contenida en la cascarilla de soya.

A: Harina de soya

B: Harina de Cascarilla de soya

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

**Figura 24***Comparación de las Características Físicoquímicas*

*Fuente:* El autor. Comparación de las características fisicoquímicas de la harina de soya (A) comparada con la harina de cascarilla de soya (B).

Como demuestra la figura 24, los resultados los cuales tienen diferencias significativas son %grasa, %proteína y %fibra cruda, esto se debe a la naturaleza de las materias primas con las cuales fue elaborada cada harina.

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

### **Conclusiones**

Se comprobó por medio de los análisis fisicoquímicos y la comparación de la harina de cascarilla de soya y la harina de soya la diferencia porcentual en su contenido de fibra presente en los productos, obteniendo una diferencia del 16.4% en cantidad de fibra presente en la harina de cascarilla.

En la evaluación y caracterización de la cascarilla de soya puede observarse las diferencias de los análisis fisicoquímicos realizados con base en los datos históricos como lo es la determinación del contenido de grasa, determinación del contenido de proteína y determinación del contenido de fibra, esto nos indica una contaminación proveniente de la separación de la cascarilla del grano de soya, como lo es los granos partidos y el polvillo.

La elaboración de harinas con alto contenido de fibra podría evaluarse como un potencial componente de alimentos funcionales en la elaboración de alimentos para el consumo humano.

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

### **Recomendaciones**

Uno de los mayores inconvenientes en la elaboración de la harina de cascarilla de soya fue el proceso de molienda, la experiencia y las cualidades del equipo con el cual se realizó el producto no son eficientes cuando se incorporan a la línea de proceso productos con alto contenido de grasa, se ve afectada la molienda y la micro-pulverización, por esta razón, es necesario la articulación de nuevas tecnologías para el aprovechamiento de este subproducto y que pueda ser utilizados en formulaciones para la creación de nuevos productos funcionales aptos para el consumo humano.

Al finalizar el trabajo de grado, se pone en consideración del lector investigar sobre otros aspectos relacionados con el consumo de fibras provenientes de la soya abarcando su valor nutritivo, para la solución de problemas relacionados con la salud y su utilidad y generación de valor agregado.

**Bibliografía**

- Abirami, Nagarani, & Siddhuraju. (2014). *Measurement of functional properties and health promoting aspects-glucose retardation index of peel, pulp and peel fiber from citrus hystrix and citrus maxima. Bioactive Carbohydrates & Dietary Fibre.*
- Agrocadenas Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2005). *Agroindustria y competitividad Estructura y dinámica en Colombia 1992 - 2005.* Colombia.
- Almeida, S., Lopez, T., & Hernandez, D. (Junio de 2014). *La fibra y sus beneficios a la salud.* Obtenido de SciELO: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-07522014000100011](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522014000100011)
- Amigo, M., & Silván, J. (s.f.). *Componentes de la soja como ingredientes funcionales en lácteos.* Obtenido de Instituto de Fermentaciones Industriales CSIC: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/155436/1/sojalacteos.pdf>
- Badui, S. (2006). Química de los alimentos. *Cuarta Edición*, 653-668. Ciudad de Mexico, Mexico: PEARSON.
- Bosaeus, I. (2004). *Fibre effects on intestinal functions (diarrhoea, constipation and irritable bowel syndrome).* Obtenido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1744116104000249>
- Buera, M., & Patricio, R. (2016). *Aprovechamiento de subproductos y valorización de recursos autóctonos:interrelación investigación-producción-desarrollo y sociedad.* Argentina. Obtenido de Aprovechamiento de subproductos y valorización de recursos autóctonos:interrelación investigación-producción-desarrollo y sociedad.
- Cedeño, L. (2017). *Fundamentos basicos de calculo de ingenieria quimica con enfoque en alimentos.* Obtenido de Repositorio UTMACH:

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14371/1/Cap.3%20Balance%20de%20Materia%20en%20proceso%20de%20secado%2C%20deshidrataci%C3%B3n%20y.pdf>

CONICET. (Junio de 2018). *Al rescate de la cascarilla de soja: un valioso residuo agrícola*.

Obtenido de CONICET: [https://www.conicet.gov.ar/?post\\_type=post&p=67023](https://www.conicet.gov.ar/?post_type=post&p=67023)

Cury R, K., Aguas M, Y., Martinez M, A., Oliveri V, R., & Chams Ch, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 123-128. Obtenido de Revista Colombiana de Ciencia Animal.

Cyted. (Agosto de 2016). *El aprovechamiento de subproductos como estrategia para la prevención de pérdidas y desperdicios en alimentos*. Obtenido de Cyted:

<http://www.cyted.org/sites/default/files/Aprovechamiento%20de%20subproductos%20y%20valorizacion%20de%20recursos%20autoctonos-%20interrelacion%20investigacion%20-%20produccion%20-%20desarrollo%20y%20sociedad.pdf>

Dussán, S., & Camacho, J. (2019). *Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de Quinoa y Chontaduro*. Obtenido de SciELO:

[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642019000500003&lang=pt#B18](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642019000500003&lang=pt#B18)

Echeverry, A. G. (2019). Manual de Procedimientos de Laboratorio. En *Procedimientos de Laboratorio* (págs. 04-06). Pereira.

EDLA. (2021). *La Soya*. Obtenido de Universidad de las Americas Puebla: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lia/gomez\\_a\\_ma/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/gomez_a_ma/capitulo3.pdf)

Escudero, E., & Gonzalez, P. (2006). *La fibra dietética*. Obtenido de Nutrición Hospitalaria:

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soja

<http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v21s2/original6.pdf>

FAO. (2011). *Reducción, medición y políticas de las pérdidas y desperdicio de alimentos.*

Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: [fao.org/platform-food-loss-waste/es/](http://fao.org/platform-food-loss-waste/es/)

FAO. (2011). *Perdidas y desperdicios de alimentos en el mundo.* Obtenido de Save Food:

<http://www.fao.org/3/i2697s/i2697s.pdf>

FAO. (s.f.). *PROPUESTA DE UWET.* Obtenido de FAO:

<http://www.fao.org/3/j0926s/J0926s05.htm>

*Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.* (Noviembre de 2012).

Obtenido de Cascarilla de soja:

[http://fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/cascarilla-de-soja-actualizado-nov-2012](http://fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/cascarilla-de-soja-actualizado-nov-2012)

Goni, I., & Martín, N. (1998). In vitro fermentation and hydration properties of commercial dietary fiber-rich supplements. *Nutrition Research.*

Google Maps. (04 de 06 de 2020). *Ubicación [Pantallazo].* Obtenido de

[https://www.google.com/maps/place/ALEN%2BPRO+S.A./@4.7608455,-](https://www.google.com/maps/place/ALEN%2BPRO+S.A./@4.7608455,-75.9159827,15z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8e38700ebde68843:0x8462ebb22080fb38!8m2!3d4.7608242!4d-75.9072494)

[75.9159827,15z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8e38700ebde68843:0x8462ebb220](https://www.google.com/maps/place/ALEN%2BPRO+S.A./@4.7608455,-75.9159827,15z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8e38700ebde68843:0x8462ebb22080fb38!8m2!3d4.7608242!4d-75.9072494)

[80fb38!8m2!3d4.7608242!4d-75.9072494](https://www.google.com/maps/place/ALEN%2BPRO+S.A./@4.7608455,-75.9159827,15z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8e38700ebde68843:0x8462ebb22080fb38!8m2!3d4.7608242!4d-75.9072494)

Hernandez, L., & Ortega, M. (2011). Aprovechamiento de subproductos agropecuarios. En U. N. Distancia. Sogamoso.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (s.f.). *Metodología de la investigación.* Mexico: McGraw-Hill Interamericana.

Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (2021). *Fichas técnicas de los alimentos.*

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

Obtenido de ICBF:

[https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/ft\\_ndeg\\_1\\_harina\\_de\\_soya.pdf](https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/ft_ndeg_1_harina_de_soya.pdf)

Jenkins, D., Kendall, C., Augustin, L., & Franceschi, S. (Julio de 2002). *Glycemic index: overview of implications in health and disease*. Obtenido de The American Journal of Clinical Nutrition: <https://academic.oup.com/ajcn/article/76/1/266S/4824159>

Jurado. (2003). *Diseño de un proceso de aprovechamiento integral de residuos agroindustriales*. Obtenido de VirtualPro: <https://www.virtualpro.co/biblioteca/disenodeunproceso-de-aprovechamiento-integral-de-residuos-agroindustriales>

Mata, L. (2011). Tabla de composición de materias primas usadas en alimentos para animales. 127. San José, Costa Rica: SIEDIN.

Medina, M., Munitz, M., & Resnik, S. (Octubre de 2020). *Aprovechamiento de los subproductos de la molienda de arroz*. Obtenido de ResearchGate: [https://www.researchgate.net/publication/348788069\\_Aprovechamiento\\_de\\_los\\_subproductos\\_de\\_la\\_molienda\\_de\\_arroz](https://www.researchgate.net/publication/348788069_Aprovechamiento_de_los_subproductos_de_la_molienda_de_arroz)

Novasina. (2021). *La importancia de la aw - actividad del agua*. Obtenido de [http://www.equinlab.com/pdf\\_/La%20importancia%20de%20la%20actividad%20de%20agua%20\(aw\).pdf](http://www.equinlab.com/pdf_/La%20importancia%20de%20la%20actividad%20de%20agua%20(aw).pdf)

Olguin, M., Posadas, M., & Revelant, G. (Septiembre de 2009). *LA CASCARILLA DE LA SOJA: POTENCIAL COMPONENTE*. Obtenido de SciELO: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v36n3/art06.pdf>

Ortiz, M. (Julio de 2011). *Marco Teórico Conceptual*. Obtenido de uaeh: [https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P\\_Presentaciones/huejutla/administracion/temas](https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/huejutla/administracion/temas)

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

/marco\_teorico\_conceptual.pdf

Peñaranda, L., Montenegro, S., & Giraldo, P. (5 de Junio de 2017). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia*. Obtenido de Revista de investigación agraria y ambiental: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2040>

Pereira, Z. (2011). *Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta*. Heredia, Costa Rica: Revista electronica educare.

Picó, G. (Agosto de 2016). *Residuos agrícolas: científicos al rescate de moléculas*. Obtenido de Conicet Rosario: <https://www.rosario-conicet.gov.ar/noticias/item/404-residuos-agricolas-cientificos-al-rescate-de-moleculas>

Quiceno, J. d. (03 de 07 de 2020).

RAE. (s.f.). Obtenido de Real Academia Española RAE: <https://www.rae.es/>

Rodríguez, R., Jiménez, A., Bolaños, J., & Guillén, R. (Enero de 2006). *Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients*. Obtenido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092422440500244X>

Stolton, S., & Dudley, N. (2014). *El Crecimiento de la Soja: Impactos y Soluciones*. Obtenido de [http://awsassets.panda.org/downloads/reporte\\_final\\_soja\\_esp\\_2.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/reporte_final_soja_esp_2.pdf)

Tafur, R. (2008). *Tesis universitaria*. Lima: Montero, Tercera edición.

Valencia, F., & Román, M. (2004). *La fibra dietaria como alimento funcional*. Obtenido de Vitae, Facultad de Quimica Farmaceutica: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/vitae/article/view/459/397>

Yang, Xiao, & Wang. (2014). *Novel development and characterisation of dietary fibre from yellow soybean hulls*.

Zambrano, M., Cornejo, M., Jimenénez, M., & Gutiérrez, E. (2013). *Propiedades de*

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

*adsorción absorción y retención de agua en pericarpio de maíz nixtamalizado como fuente de fibra dietética.*

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

### Anexos

**Anexo 1** Producción de Cascarilla de Soya en la Planta Extractora de Aceite, Alen+Pro S.A., Pereira, Risaralda.

**Tabla 10**

*Cantidad de Cascarilla de Soya Obtenida en Producción de Aceite de Soya*

Fecha	Soya (Kg)	Cascarilla (Kg)	Porcentaje de cascarilla (%)
01-06-2020	32.900	1.044	3,17%
02-06-2020	35.200	1.188	3,38%
03-06-2020	32.700	1.152	3,52%
04-06-2020	34.000	1.140	3,35%
05-06-2020	24.920	1.164	4,67%
06-06-2020	39.800	1.236	3,11%
07-06-2020	43.000	1.176	2,73%
08-06-2020	39.800	1.062	2,67%
09-06-2020	33.300	1.392	4,18%
10-06-2020	33.800	1.236	3,66%
11-06-2020	32.600	1.152	3,53%
12-06-2020	32.900	1.056	3,21%
13-06-2020	7.700	252	3,27%
Total	422.620	14.250	44,46%
Promedio	32.509	1.096	3,42%

*Fuente:* El autor. En la presente tabla se puede observar el porcentaje de cascarilla de soya obtenida con respecto a la cantidad de soya procesada en una producción de 13 días.

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

## Anexo 2 Bitácora de Proceso

16 de Julio del 2021

Se inicia proyecto aplicado con proceso de molienda de materia prima con el fin de obtener la materia prima necesaria para el proceso de extrusión posterior a esta operación, se obtuvieron 737,5 kilogramos; se utilizó una malla de 0,5 mm de abertura para la molienda de la cascarilla.

24 de Julio del 2021

Se inicia proceso de extrusión de la cascarilla de soya con el fin de eliminar microorganismos patógenos que puedan alterar la calidad del producto final y generar enfermedades que puedan ser perjudiciales para la salud humana y con el fin de generar “pellet” para facilitar el proceso de secado y disminuir las pérdidas en el secado.

Para la extrusión se utilizaron dos dados de 2 huecos rectangulares cada uno, a 250 mL de agua por hora, una velocidad del tornillo de cargue expresado en Hz de 25,28 lo cual expresa 450 kg/h y una velocidad del extruder expresado en rpm de 966

### Figura 25

*Variables del Proceso de Extrusión de la Cascarilla de Soya*



## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

Posterior a ello y siguiendo el proceso en línea se realizó el secado del pellet generado en la etapa de extrusión, las condiciones de temperatura deben ser las necesarias para disminuir la humedad del producto menor a 10%

**Figura 26**

*Temperaturas de Secado y Proceso de Calibración*



31 de Julio del 2021

Se inicia proceso de Micro-Pulverización como última etapa de la realización de la harina de cascarilla de soya, como variables controlables se ajustó el clasificador en 18,6 Hz, Rotativa del molino en 22,72 Hz, y el tornillo alimentador del molino micro-pulverizador en 73,19 Hz.

En el proceso de pulverización se observaron cambios en el consumo de materia prima debida a la cantidad de grasa contenida, este parámetro influye de forma negativa en el proceso ya que no es totalmente absorbido por el tornillo de alimentación del molino pulverizador, 5 minutos después se observó un cambio en el amperaje del molino pulverizador lo que ocasionó el incinerado de la harina de cascarilla de soya obteniendo una cantidad de producto conforme de 50 kg.

## Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

**Figura 27**

*Variables de Control del Proceso de Micropulverización*



### **Anexo 3** Determinación de Humedad de la Cascarilla de Soya Después de la Molienda

Después de realizar el proceso de molienda de la cascarilla de soya se procede a la determinación del contenido de humedad en el producto obtenido para el cálculo de los balances de humedad.

Se realizó por triplicado para asegurar la confiabilidad de los resultados.

**Tabla 11**

*Porcentaje de Humedad de la Cascarilla de Soya Molida*

Muestra	% Humedad
M1	8.74
M2	8.50
M3	7.46
Promedio	8,23

*Fuente:* El autor. En la presente tabla se puede observar los resultados de la determinación de humedad de la cascarilla de soya molida.

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

**Figura 28**

*Determinación de Contenido de Humedad de la Cascarilla de Soya Molida*



#### **Anexo 4** Determinación del Contenido de Humedad de la Cascarilla de Soya Extruida

En el proceso de extrusión se aumentó la humedad para garantizar la formación de pellet obteniendo el producto deseado para posterior secado, se tomaron las humedades por triplicado para asegurar la confiabilidad de los resultados.

**Tabla 12**

*Porcentaje de Humedad de la Cascarilla de Soya Extruida*

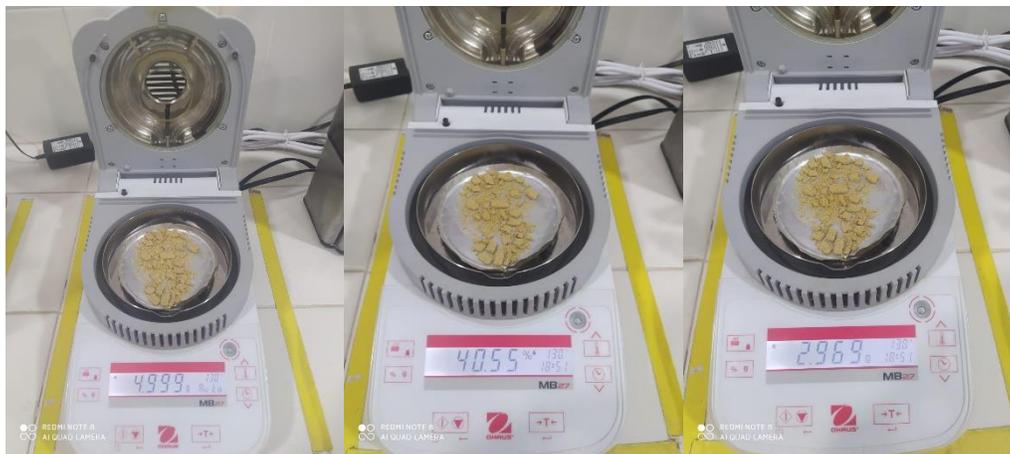
Muestra	%Humedad
M1	40.55
M2	41.15
M3	40.96
Promedio	40,88

*Fuente:* El autor. En la presente tabla se puede observar los resultados de la determinación de humedad de la cascarilla de soya extruida.

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

**Figura 29**

*Determinación de Contenido de Humedad de la Cascarilla de Soya Extruida*



**Anexo 5** Determinación del Contenido de Humedad del Pellet Seco.

Se realizó el secado con vapor de agua a la cascarilla proveniente de la extrusión con el secador de lechos, se tomaron las humedades por triplicado para asegurar la confiabilidad de los resultados.

**Tabla 13**

*Porcentaje de Humedad del Pellet Seco*

Muestra	%Humedad
M1	3.34
M2	2.55
M3	3.41
Promedio	3,10

*Fuente:* El autor. En la presente tabla se puede observar los resultados de la determinación de humedad del pellet seco.

# Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

Figura 30

Determinación de Contenido de Humedad del Pellet Seco



Anexo 6 Resultados Físicoquímicos de la Harina de Soya

Figura 31

Análisis Físicoquímicos de la Harina de Soya



SUPLEMENTO / SUPPLEMENT  
 REPORTE DE ANÁLISIS / ANALYSIS REPORT  
 Muestra/Sample #: FQM124680

Empresa / Company +	ALIMENTO ENERGÉTICO PROTEICO S.A.S.	Teléfono / Phone +	2106611
Sede / Headquarters +	PRINCIPAL	PRO / CA +	MADINA CORR CALDAS, PEREIRA
Producto / Product +	HARINA PROTEICA DE SOYA -SPDS		
Muestra / Sample +	Lote: 0607021; Fecha de Vencimiento: 06/01/2025		
Fecha de Recepción / Reception Date	2021-07-12	Temp. Recepción / Temp. Reception	25,0°C
Cantidad / Amount	510 g		
Contenedor / Container	Bolsa plástica resellable / Resealable plastic bag		
Enviado por / Send by +	ALEJANDRO GIRALDO ECHEVERRI		
Aspecto / Aspect	Pólvo fino, homogéneo, libre de partículas extrañas / Fine, homogeneous powder, free of foreign particles.		
Olor / Smell	Característico		
Color / Color	Propio		

Resultados / Results	Análisis Físico-Químico / Physicochemical Analysis	Fecha Date	Unidad Unit	Resultado Result	Especificaciones / Specifications*	Método Method
Humedad/Moisture		2021-07-15	g/100g	3,31	Sin especificación.	IN-GS-3.033 V13 2020-09-25
Proteína/Protein		2021-07-14	g/100g	49,00	Sin especificación.	IN-GS-3.046 V9 2020-09-15
Grasa (Extracto)/Fat (Extract)		2021-08-23	g/100g	3,04	Sin especificación.	IN-GS-3.050 V13 2020-09-20
Cenizas/Ash		2021-07-14	g/100g	6,42	Sin especificación.	IN-GS-3.045 V9 2020-09-20
Fibra cruda/Crude fiber		2021-07-19	g/100g	4,39	Sin especificación.	IN-GS-3.032 V8 basado en AOAC 965.09 Ed 21
Granulometría malla N°60 (Lo que pasa)/Granulometry Sieve N°60 (Lo que pasa through)		2021-07-15	g/100g	98,91	Sin especificación.	IN-GS-3.557 V8 basado en AOAC 965.22 Ed 21
Granulometría malla N°80 (Lo que pasa)/Granulometry Sieve N°80 (Lo que pasa through)		2021-07-15	g/100g	98,31	Sin especificación.	IN-GS-3.557 V8 basado en AOAC 965.22 Ed 21
pH Solución acuosa al 10%/pH 1% aqueous solution		2021-07-26	NA	6,53	Sin especificación.	IN-GS-3.018 V10 basado en AOAC 81.1.5 Ed 21
Aflatoxinas B1, B2, G1, G2/Aflatoxin B1, B2, G1, G2		2021-07-15	ug/kg	<1,4	máx.4	USDA-GIPSA-2008-011*
Oxitoxina N-Cotexostatín A.		2021-07-15	ug/kg	<2,0	máx. 3,0	USDA-Mycotoxin Handbook 2013*
Acetaminofeno/Acetaminofen		2021-07-13	mg/kg	<0,02	± 0,02	IN-GS-3.515 V4 basado en NTC-ISO 5461
Morfina/Morfine		2021-07-27	mg/kg	<0,15	máx. 2,5	IN-GS-3.076 V9 2018-01-17
Molécula de Cloro de Vinilo/Vinyl Chloride Monomer		2021-07-13	mg/kg	<0,01	± 0,01	IN-GS-3.512 V4 basado en NTC-EN 13130-5
Plomo/Lead		2021-07-28	mg/kg	<5,0	máx. 1000	IN-GS-3.079 V10 2017-11-30
Asénico/Arsenic		2021-07-21	mg/kg	<0,005	Sin especificación.	Standard Methods 3703 A.B Ed 23, Modificado
Cobre/Copper		2021-07-21	mg/100g	1,299	Sin especificación.	AOAC 884.27 Ed 21 de 2013
Plomo/Lead		2021-07-21	mg/kg	0,088	Sin especificación.	Standard Methods 3103 A.B Ed 23, Modificado

Fuente: En la presente figura observamos los resultados del análisis físicoquímico de la harina de soya realizado en un laboratorio externo. Tecnimicro, Julio del 2021.

Harina Micro-pulverizada a partir de cascarilla de soya

**Anexo 7** Resultados de Fibra Cruda de la Cascarilla de Soya y la Harina de Cascarilla de Soya

**Figura 32**

Porcentaje de Fibra Cruda de la Cascarilla de soya y Harina de Cascarilla de Soya



**ENZIPAN**  
LABORATORIOS S.A.

Tecnología al Servicio de la Industria Alimentaria

**INFORME DE ENSAYOS**

Muestra No.: A34883      Informe No.: I-32931-00-FQ-21  
 Cliente: SAS ALENDRIO      Fecha de recepción: 2021-09-14

Dirección: Puerto Caldas Paraje La Marina      Fecha de análisis: 2021-09-14/2021-09-20  
 Producto: Cascarilla de soya SPSC      Tomado por: Cliente  
 Fecha de Fab.: 01-07-2021      Fecha de Venc.: 01-07-2022  
 ID Muestra Cliente: Lote 07021      Condi. Muestra: Muestra en buenas condiciones

RESULTADOS			
ENSAJO	RESULTADO	UNIDAD	METODO
Fibra Cruda	24.41	(g/100 g)	ISO 4885

REFERENTE NORMATIVO:

OBSERVACION:

Realizado por: 2021021      Aprobado por: *Florencia Nispero A.*

Revisado por: 2002021      PQR127 FARELETTA NISPERO A. INGENIERA TECNICA

FECHA DE INFORME:

LOS RESULTADOS SE APLICAN A LA MUESTRA COMO SE RECIBIO Y SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA. SI LA MUESTRA ES TOMADA POR EL LABORATORIO (SEGUN PPT 90-73 TOMA DE LA MUESTRA) LA INFORMACION DEL MUESTREO ES ENTREGADA POR EL CLIENTE BAJO SU RESPONSABILIDAD. LOS INFORMES NO PODRAN SER REPRODUCIDOS SIN AUTORIZACION DEL LABORATORIO EXCEPTO CUANDO SON REPRODUCIDOS EN SU TOTALIDAD.

FIN DEL INFORME      FQR 90-118      09/09/18      Fecha de emisión: 2020-10-08



**ENZIPAN**  
LABORATORIOS S.A.

Tecnología al Servicio de la Industria Alimentaria

**INFORME DE ENSAYOS**

Muestra No.: A34884      Informe No.: I-32932-00-FQ-21  
 Cliente: SAS ALENDRIO      Fecha de recepción: 2021-09-14

Dirección: Puerto Caldas Paraje La Marina      Fecha de análisis: 2021-09-14/2021-09-20  
 Producto: Harina de cascarilla de soya      Tomado por: Cliente  
 Fecha de Fab.: 25-07-2021      Fecha de Venc.: 25-07-2022  
 ID Muestra Cliente: Lote 2507021      Condi. Muestra: Muestra en buenas condiciones

RESULTADOS			
ENSAJO	RESULTADO	UNIDAD	METODO
Fibra Cruda	21.39	(g/100 g)	ISO 4885

REFERENTE NORMATIVO:

OBSERVACION:

Realizado por: 2021021      Aprobado por: *Florencia Nispero A.*

Revisado por: 2002021      PQR127 FARELETTA NISPERO A. INGENIERA TECNICA

FECHA DE INFORME:

LOS RESULTADOS SE APLICAN A LA MUESTRA COMO SE RECIBIO Y SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA. SI LA MUESTRA ES TOMADA POR EL LABORATORIO (SEGUN PPT 90-73 TOMA DE LA MUESTRA) LA INFORMACION DEL MUESTREO ES ENTREGADA POR EL CLIENTE BAJO SU RESPONSABILIDAD. LOS INFORMES NO PODRAN SER REPRODUCIDOS SIN AUTORIZACION DEL LABORATORIO EXCEPTO CUANDO SON REPRODUCIDOS EN SU TOTALIDAD.

FIN DEL INFORME      FQR 90-118      09/09/18      Fecha de emisión: 2020-10-08

*Fuente:* En la presente figura podemos observar los resultados de fibra cruda realizados por el un laboratorio externo. Enzipan, Julio del 2021.

