



Universidad **Mariana**

Determinación del uso de la Cáscara de Haba (*vicia faba*), obtenida de la Empresa Pasabocas Cielito de la Ciudad de Pasto-Nariño en la Formulación de un Concentrado para Levante Porcino

Cumbalaza Jojoa Lizbeth Yicela

Universidad Mariana
Facultad de Ingeniería
Ingeniería de Procesos
San Juan de Pasto

2024

Determinación del uso de la Cáscara de Haba (*vicia faba*), obtenida de la Empresa
Pasabocas Cielito de la Ciudad de Pasto-Nariño en la Formulación de un Concentrado para
Levante Porcino

Cumbalaza Jojoa Lizbeth Yicela

Informe de investigación para optar por el título de Ingeniera de Procesos

MSc. María Jimena Erazo Ordoñez

Asesora

Universidad Mariana
Facultad de Ingeniería
Ingeniería de Procesos
San Juan de Pasto

2024

Artículo 71: los conceptos, afirmaciones y opiniones emitidos en el Trabajo de Grado son responsabilidad única y exclusiva del (los) Educando (s)

Reglamento de Investigaciones y Publicaciones, 2007

Universidad Mariana

Agradecimiento

Primero, doy gracias a Dios por guiarme a través de esta experiencia, por ser el apoyo y fortaleza en los momentos de dificultad y por haber puesto en mi camino a personas que me instruyeron en diversidad y calidad de conocimientos. A mi asesora Jimena Erazo, mi co-asesor Simón Puerchambud, a mis jurados Hugo Gomajoa Enríquez y Juan Fernando Muñoz, de igual forma a los docentes Carlos Gómez, Adriana Micanquer y Hugo Nelson Espinazo, a mi amiga incondicional Fernanda Pantoja y a todo el cuerpo docente que hace parte del programa de Ingeniería de Procesos de la Universidad Mariana que me brindaron sus conocimientos y fueron guías en el desarrollo de este proyecto.

Dedicatoria

A quienes hicieron posible este sueño, se lo dedico a mis padres porque fueron los pilares más importantes en mi formación profesional, siempre demostrándome su cariño y apoyo incondicional, por los ejemplos de perseverancia y constancia que me han influenciado siempre a salir adelante, gracias a ustedes por demostrarme que “El verdadero amor no es otra cosa que el deseo inevitable de ayudar al otro para que este se supere”, y por ser la razón que me impulsa y me inspira a mejorar cada día.

A toda mi familia que representa el regalo más valioso que Dios me da dado, gracias por su apoyo, por estar presente en cada momento, por darme sus positivos consejos y por cada una de las palabras de aliento para seguir avanzando.

Contenido

Introducción	11
1 Resumen del proyecto.....	14
1.1. Descripción del problema	14
1.1.1. Pregunta problema.....	15
1.2. Justificación	15
1.3. Objetivos.....	16
1.3.1. Objetivo general	16
1.3.2. Objetivos específicos.....	16
1.4. Marco Referencial.....	17
1.4.1. Antecedentes.....	17
1.4.2. Marco teórico.....	18
1.4.3. Marco contextual	27
1.4.4. Marco legal.....	29
1.5. Metodología.....	29
1.5.1. Enfoque de investigación	31
1.5.2. Tipo de investigación	31
1.5.3. Desarrollo objetivo específico 1.....	31
1.5.4. Desarrollo objetivo específico 2.....	35
1.5.5. Desarrollo objetivo específico 3.....	36
2 Presentación de resultados	40
2.1. Análisis e interpretación de resultados	40
2.1.1. Análisis y discusión del primer objetivo	40
2.1.2. Análisis y discusión del segundo objetivo.....	42
2.1.3. Análisis y discusión del tercer objetivo.....	49
3. Conclusiones.....	59
Referencias bibliográficas	62
Anexos.....	75

Índice de Tablas

Tabla 1 Análisis físico de la cáscara de haba	20
Tabla 2 Concentrado de levante para porcinos	21
Tabla 3 Marco legal.....	29
Tabla 4 Diseño de mezclas de torta de soja, cáscara de haba y torta de trigo.....	38
Tabla 5 Fórmula de concentrado para porcinos de levante (Formulación de 100g).....	38
Tabla 6 Caracterización bromatológica de la cáscara de haba.....	41
Tabla 7 Tratamientos definidos para el diseño experimental unifactorial aleatorizado.....	42
Tabla 8 Selección de tamices para granulometría de la harina de cáscara de haba	44
Tabla 9 Granulometría de la harina de cáscara de haba.....	44
Tabla 10 Caracterización bromatológica de la harina de cáscara de haba a 24 horas.....	44
Tabla 11 Caracterización bromatológica de la harina de cáscara de haba a 48 horas.....	47
Tabla 12 ANOVA del diseño unifactorial de la cáscara de haba liofilizada a 24 y 48 horas	48
Tabla 13 Valores de harinas e insumos para una mezcla de 100g	50
Tabla 14 Caracterización del componente nutricional de proteína de las mezclas de harinas.....	50
Tabla 15 Análisis de varianza para % Proteína (Proporciones del componente).....	51
Tabla 16 Resumen del modelo	51
Tabla 17 Coeficiente de regresión estimados para % Proteína (Proporciones del componente) ...	52
Tabla 18 Solución global del diseño de mezclas.....	56
Tabla 19 Comparación de estimado de diseño y el valor experimental.....	56
Tabla 20 Porcentaje de la mezcla optima, con los parámetros de acuerdo a la norma 1839.	57

Índice de Figuras

Figura 1. Cascara de la semilla de haba	19
Figura 2 Mapa localización empresa Pasabocas Cielito en la ciudad de San Juan de Pasto	28
Figura 3 Diagrama de bloques - Desarrollo de la metodología por objetivos.....	30
Figura 4 Cáscara de haba	40
Figura 5 Liofilización de cáscara de haba	43
Figura 6 Harina de haba pulverizada.....	43
Figura 7 Medias y 95% de Fisher LSD	49
Figura 8 Gráfica de Probabilidad normal	53
Figura 9 Gráfica de varianza constante	54
Figura 10 Gráfica de independencia.....	54
Figura 11 Contorno de mezclas para % de proteínas (Cantidad de los componentes)	55

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Determinación de nitrógeno	32
Ecuación 2 Determinación de proteína	33
Ecuación 3 Determinación de cenizas.....	33
Ecuación 4 Determinación de grasa	34
Ecuación 5 Determinación de fibra	35
Ecuación 6 Ecuación de ajuste del modelo	52

Índice de Anexos

Anexo A. Cronograma	75
Anexo B. Presupuesto	76
Anexo C. Determinación de proteína por el método Kjeldahl.....	76
Anexo D. Determinación de grasa por el método Soxhlet.....	77
Anexo E. Determinación de fibra.....	77
Anexo F. Atributos del diseño factor categórico individual.	78
Anexo G. Resumen Estadístico para proteína del diseño unifactorial	78
Anexo H. Tabla ANOVA para proteína por tiempo del diseño unifactorial.....	78
Anexo I. ANOVA gráfico para proteínas.....	79
Anexo J. Gráfico de residuos para proteína	79
Anexo K. Tabla de diseño (Aleatorizada).....	80
Anexo L. Análisis de varianza para % proteína (proporciones del componente).....	80
Anexo M. Coeficiente de regresión estimados para % proteína	81
Anexo N. Grafica de superficie de mezcla % Proteína	81
Anexo O. Mezcla de harinas y demás ingredientes para las 7 corridas del diseño de mezclas	82
Anexo P. Ingredientes para la mezcla del concentrado.....	82
Anexo Q. Evidencia de divulgación.....	83

Introducción

Este proyecto surge del interés en aprovechar un residuo agroindustrial y desarrollar una harina a base de la cáscara de haba para ser usada en la formulación de un concentrado para porcinos en etapa de levante y con esto, pretender disminuir los costos de obtención de esta materia prima y generar valor agregado a los subproductos procedentes del proceso de producción de *snacks* de habas fritas en la Empresa Pasabocas Cielito de la ciudad de Pasto-Nariño.

En Colombia, para el 2017, la cantidad de residuo agrícola provenientes de los cultivos más representativos como plátano, café, entre otros, se estimó en 218.007.204 toneladas. Una pequeña parte de estos residuos se utiliza en la fabricación de alimentos para animales, biocombustibles y la producción de papel (Gómez, 2019). Según el Fondo de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), se desperdician alrededor de 13.000 millones de toneladas de alimentos destinados al consumo humano, el desperdicio se produce en todas las etapas de producción, cultivo, procesamiento, distribución y consumo (Atanasovski, 2018). La industria agrícola considera que, durante los procesos mencionados anteriormente, conducen a serios problemas relacionados con su disposición final (Cury et al., 2017).

El haba (*Vicia Faba*) es uno de los cultivos más antiguos y valiosos para el consumo humano, ocupando el quinto lugar en la producción de hortalizas en el mundo, es utilizado como forraje y alimento, se caracteriza por su alto contenido de proteínas, y en varias regiones se consumen como la única fuente de proteínas en la alimentación. Las habas secas son ricas en lisina (19,8 g/kg de materia seca) y bajas en metionina, cisteína y triptófano (2,6; 3,7; y 2,7 g/kg de materia seca) (Vioque et al., 2012). Las habas no sólo contienen proteínas, sino también varias sustancias no proteicas, como almidón, fibra y grasa, entre otros (Multari et al., 2015; Sharan, Zanghelini et al., 2021).

El residuo principal obtenido de las hortalizas (*vicia faba*) son las cáscaras del haba, y al igual que el grano también contiene una parte importante de principios nutritivos como proteínas, grasas y cenizas 5,03 - 0,4 y 2,36 % respectivamente (Aguiar et al., 2019; Ni et al; 2020). De igual forma, cabe señalar que estos residuos tienen una estructura leñosa, es decir, contienen lignina, celulosa y

hemicelulosa, que en conjunto le otorgan propiedades lignocelulósicas. Esto provoca que su descomposición natural sea bajo lo que representa un problema debido a la falta de una disposición final adecuada. (Box, 2014). La cáscara de haba se puede utilizar como fuente de fibra insoluble en concentrado para porcinos o cerdos gestantes, al tiempo que aportan una cantidad de proteína y almidón para aumentar su valor nutricional (Aqua Feed, 2023).

Por otro lado, cabe señalar que muchos tipos de harina obtenidos a partir de cereales como trigo, cebada y el centeno, contienen altos niveles de gluten, este compuesto está formado por gliadina y glutenina que actúan como anti-nutrientes inmunógenos, lo que quiere decir que son potenciales causantes de enfermedades autoinmunes al consumir harinas o proteínas de animales alimentados con concentrados derivados de altos contenidos de estos cereales (Sayer, 2014). En cambio, la harina de haba es libre de gluten, siendo un alimento alternativo rico en proteínas que reducen el contenido de indol en la grasa dorsal de los cerdos en crecimiento y conduce a altos niveles de fitoestrógenos en el plasma y los músculos de los animales (Smith et al., 2013).

En el año 2020, la producción a nivel mundial de carne de cerdo superó los 100 millones de toneladas, en Colombia la producción durante este periodo donde se presentó variabilidad social y económica fue más de 440 mil toneladas, siendo las regiones con las tendencias de consumo más elevado, Antioquia, Cundinamarca, Valle del Cauca y Eje Cafetero con más del 40%, 17%, 15% y 8% respectivamente (Miniagricultura, 2020). En Colombia, existen más de seis millones de porcinos al año, de los cuales 8.870 se encontraban en el departamento de Nariño para el 2022 (Díez, 2022).

Entre los diferentes grupos de alimentos, los cereales y hortalizas ocupan la mayor parte de cultivos a nivel mundial, lo que supone dos tercios de la ingesta total de dietas balanceadas. La disponibilidad limitada y el alto costo de los materiales utilizados en la producción de alimentos para porcinos nos obliga a encontrar nuevas formas de alimentar a los animales teniendo en cuenta los requisitos de las normas (Hurtado, 2011), así como la alineación con el objetivo de Desarrollo Sostenible 12, que está orientado hacia una nutrición animal con una producción y consumo responsable, lo que contribuye a la reducción del desperdicio de alimentos y la contaminación ambiental derivada de su elaboración (Organización de las Naciones unidas, 2023).

De acuerdo con la Norma Técnica Colombiana (NTC 1839) alimento para cerdos en la etapa de levante, es necesario ciertos requisitos en sus diferentes composiciones teniendo en cuenta que la proteína debe contener un porcentaje mínimo del 18% (Icontec, 2019). Por lo tanto, este estudio de investigación se enfocó en evaluar el potencial uso de la cáscara de haba (*Vicia Faba*), en la formulación de un concentrado para levante porcino, de acuerdo con los requisitos descritos anteriormente.

1 Resumen del proyecto

1.1. Descripción del problema

A nivel industrial, el haba (*vicia faba*) es una legumbre muy utilizada para la elaboración de diferentes productos para consumo humano, donde principalmente se utiliza el grano y se desecha la cáscara sin realizar ningún proceso adicional, perdiendo la oportunidad de aprovechar este subproducto y darle un valor agregado. Es importante considerar que Colombia cultiva un total de 7.304 toneladas de haba en fresco y Nariño es la principal región productora a nivel nacional, concentrando el 80% de la producción del país (Minagricultura, 2021)

En Colombia hay una baja reutilización de residuos sólidos de origen agroindustrial, lo cual afecta la salud humana, medio ambiente y fuentes hídricas si llegasen a tener contacto con estas. Se estima que en las industrias de procesamiento de alimentos, en promedio se generan entre el 28 % y el 64 % del total de residuos sólidos los cuales son clasificados como materia orgánica, por lo tanto, es necesario aplicar prácticas apropiadas para estos residuos. (Granada y Prada, 2015).

Localmente existen varias empresas de productos alimenticios que basan su economía en negocios donde el haba (*vicia faba*) está involucrada en la producción de snacks, harinas o bebidas aromáticas como la empresa pasabocas cielito que genera residuos sólidos de cáscara de haba (*vicia faba*) durante el proceso de producción de *snacks*, que oscilan alrededor de los 50 kg semanalmente, los cuales no son aprovechados en su totalidad, y son desechados directamente, terminando en rellenos sanitarios. Esta práctica genera un gasto adicional significativo para la empresa de aproximadamente \$ 184.000 COP mensuales por cantidades mínimas o iguales a una tonelada acumulada (Emas, 2023). Para la empresa Pasabocas Cielito, esto equivale a un gasto anual de aproximadamente \$2.208.000 COP. Además del impacto económico, estos residuos orgánicos acumulados causan problemas de salud pública, debido a la proliferación de plagas, emisión de malos olores, generación de lixiviados por la descomposición, así como también la producción de gases de efecto invernadero y emisiones tóxicas al medio ambiente cuando estos se incineran, lo cual es el resultado del desaprovechamiento derivado del desconocimiento del uso y aprovechamiento de las propiedades de este residuo (Volta, 2019).

Respecto a la mencionada empresa dispone de una variedad de productos entre ellos *snack*, para los cuales realizan su producción empleando únicamente el grano, generando la cáscara como un residuo potencialmente aprovechable, que pueden ser utilizados de diversas maneras debido a sus propiedades y composición, como bebida aromática, o convertido en harina para una nutrición balanceada de los porcinos de levante (Aqua Feed, 2023). Usar el residuo de cáscara de haba para la formulación de un concentrado es una oportunidad para aprovechar sus diversos componentes y propiedades, generando así un producto de valor agregado que contribuye al fortalecimiento de la agricultura local.

1.1.1. Pregunta problema

¿La harina de haba puede ser una fuente nutricional que permita reemplazar de forma parcial o total las materias primas tradicionales usadas en la formulación de concentrados para cerdos?

1.2. Justificación

La cáscara de haba tiene beneficios nutricionales y es utilizada en alimentación de diversas formas, por sus principios nutritivos como proteínas, grasas y cenizas (5,03 - 0,4 y 2,36 %) respectivamente (Aguiar et al., 2019; Ni et al; 2020). De acuerdo con lo anterior, las harinas son uno de los insumos más importantes en la fabricación de concentrados animales siendo estos necesarios para la producción intensiva de animales de granja con bajo precio y alta calidad lo cual es fundamental para la expansión de la industria (FAO, 2022).

El aprovechamiento de subproductos es una estrategia para prevenir la pérdida y el desperdicio de alimentos, donde según la organización de las naciones unidas y la alimentación (FAO), se desperdician un tercio de alimentos que pueden ser hasta 50% entre frutas y hortalizas. Por tal razón, es importante desarrollar un proyecto que posibilite además del aprovechamiento del residuo en la industria alimentaria, alimentos funcionales, revalorización de la cadena productiva cualitativamente (valor nutricional) y cuantitativamente (valor económico), reducir los impactos económicos, sociales y ambientales (FAO, 2011).

En este proyecto se plantea la formulación de una mezcla con adición de harina de cáscara de haba para alimento balanceado de porcinos de levante, teniendo en cuenta que las harinas no convencionales son extraídas de diferentes fuentes, siendo poco explotadas hasta el momento, estas harinas provienen de fuentes como aislado de proteína de guisante o de arroz, cáscara de uva, zanahoria, haba, entre otras, que mejoran la calidad de los productos finales al incorporarse en matrices alimentarias (Guevara, 2021).

Finalmente, a nivel mundial según los datos de la encuesta global de fabricación de alimentos balanceados para animales Altech, muestra que ha habido un incremento del promedio anual de producción en un 2,3% que corresponde a 1.126 millones de toneladas producidas en el 2019, de los cuales la producción de alimentos balanceados para porcinos representa el 24% del total producidos en el 2019 (Hernández, 2020). Colombia es un país importador de granos como el maíz y el trigo, que provienen principalmente de Estados Unidos, los cuales representan alrededor del 60% de la dieta del país en dos sectores: avícola y la porcícola que a su vez participan en el 75% del costo de producción por kg (Ocampo y Sánchez, 2020). Basado en lo mencionado previamente, la formulación de un concentrado para levante porcino incorporando la cáscara de haba sería una alternativa para la alimentación animal, por ello es necesario profundizar en la investigación para ser viable el uso de la harina de cáscara de haba.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el uso de la harina de la cáscara de haba como material adjunto en la formulación de un concentrado para levante porcino en cumplimiento a los requerimientos nutricionales y normativos.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar bromatológicamente la cáscara de haba (*Vicia Faba*) para la obtención de una harina como posible uso para un concentrado para levante porcino

- Evaluar el efecto que tiene el tiempo de secado sobre la composición nutricional de la cáscara de haba (*Vicia Faba*) en el proceso de liofilización
- Establecer una formulación para el concentrado de levante porcino a través de un diseño de mezclas que cumpla con los requerimientos de la NTC 1839 alimento para porcinos

1.4. Marco Referencial

1.4.1. Antecedentes

Para el desarrollo de esta investigación mediante una estrategia de búsqueda bibliográfica se encontraron los siguientes estudios que aportan significativamente a este trabajo:

Según Hernández, et al. (2015), al evaluar la calidad nutricional de la harina de haba (*vicia faba*), para la alimentación de alevines de coporo, se evidenció que su alta digestibilidad indica que es una fuente de proteínas excelente en las dietas para los alevines, así mismo puede ser incorporada en dietas equilibradas como una fuente principal de proteína de origen vegetal. El contenido de proteína, fibra y grasa cruda fueron de ($24 \pm 0,6$, $8,82 \pm 0,2$, $1,21 \pm 0,1$) presentando resultados similares a reportes de otros autores.

Según Villena (2022), al evaluar el perfil nutricional de la vaina de haba (*Vicia Faba*), evidenció que tiene un potencial nutricional y funcional, en donde se centra en análisis y producción de harina mediante liofilización para uso de alimentos, destacando contenidos favorables de proteína y fibra, siendo prometedora para mejorar el valor nutricional, teniendo en cuenta que es un subproducto que se lo desecha sin darle un valor agregado.

La harina de cáscara de haba se utiliza en diferentes partes del mundo como alimento para animales, en países como África y Asia, esta harina se usa como ingredientes en la preparación de alimentos. En la Actualidad se usan en productos alimenticios procesados, como suplementos nutricionales y productos horneados gluten free debido a su bajo contenido de gluten y así mismo se ha demostrado que tiene propiedades antioxidantes y antiinflamatorias según García (2015).

Según Suárez (2016), en la evaluación de alternativas de secado en un proceso de elaboración de harina de lombriz, se realizan diferentes experimentos de tipos de secado a diferentes tiempos y temperaturas entre 65 y 100°C para observar si se encuentran resultados desfavorables, de acuerdo a los análisis bromatológicos realizados en la harina de lombriz se observó que los métodos de secado y las condiciones de operación no alteraron de manera significativa a la proteína cruda en la harina de lombriz, de igual manera considerando que el túnel de secado fue el método más viable para este proyecto.

La producción de residuos en los últimos años ha generado una disminución de los diferentes desechos, para convertirse en un producto útil y de un mejor valor agregado el cual proporcione un ingreso económico adicional, Según Cury et al., (2017) algunas empresas no tienen un buen conocimiento acerca del uso que se puede dar a estos residuos, en otros casos algunas agroindustrias generan residuos donde su manejo ha sido desarrollado para alternativas de aprovechamiento y cuya implementación reduzca implicaciones sociales o ambientales.

Según Nieto et al., (2020), la productividad de vacas lecheras suplementadas con ensilaje de haba alpargata o remolacha forrajera con el objetivo de evaluar la calidad de leche en vacas suplementada con estos ensilajes, evidencio que el suministro de 8 kg de ensilaje de haba aumentó el porcentaje de proteína en un 1,4%, así mismo el haba alpargata puede ser una alternativa de suplementación para sistemas de producción de leche en periodos de sequía.

Según García (2021), el contenido de proteína en la harina de cáscara de haba varía entre 10 a 16%, y su contenido de fibra oscila entre el 15 y 35%, diferentes estudios han demostrado que la inclusión de harina en la dieta de animales puede mejorar en la mayoría de casos a la digestibilidad y pueden tener un efecto positivo en la salud gastrointestinal de animales.

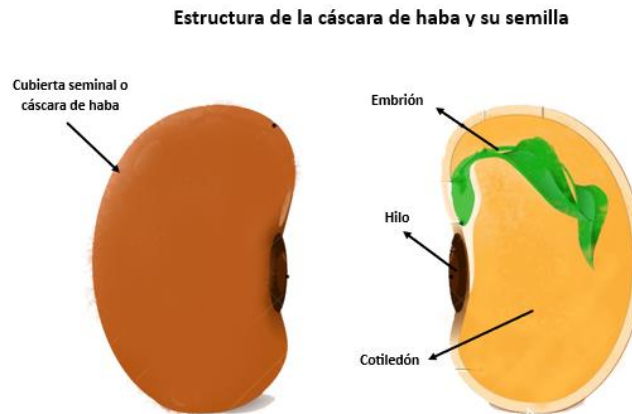
1.4.2. Marco teórico

1.4.2.1. Generalidades de la cáscara de haba (*vicia faba*). A continuación, se dará a conocer la materia prima utilizada en esta investigación: cáscara de haba (*Vicia Faba*).

El haba (*vicia faba*) denominada leguminosa forrajera tiene características morfológicas principales como la raíz, que se desarrolla en un 1,5 m de profundidad, el tallo que tiene una consistencia herbácea y tiene una altura entre 0,50 a 1,80 metros, el fruto que es la vaina y su semilla que está revestida por una estructura protectora conocida como cubierta seminal o cáscara de haba, este envuelve completamente la semilla que funciona como una barrera física, esta cáscara es rica en proteínas, fibra, entre otros componentes (Serpa, 2015).

Figura 1.

Cáscara de la semilla de haba



La cáscara de haba proviene de la semilla al momento de su descáscarado considerando la importancia de la circularidad para una producción de alimentos o concentrados animales (Ivarsson et al., 2021). Las habas son originarias de Asia Central y la región mediterránea, y actualmente se cultivan en varias partes del mundo, las zonas productoras de Nariño son Túquerres, Potosí, Guachucal, entre otras (MinAgro, 2017), estas semillas son comestibles, de color verde amarillento y suelen pesar entre uno y dos gramos (Mena, 2016).

1.4.2.1.1. Uso potencial de la cáscara de haba. A partir de la cáscara de haba se ha obtenido harinas las cuales se utilizan principalmente para consumo humano por sus diferentes componentes, así mismo sirve como sustrato adecuado para la producción de hongos la cual puede ser valorizada mediante la producción combinada en alimentos (Ivarsson et al., 2021)., también es

importante para proporcionar fuente de proteína en concentrados para porcinos teniendo un alto valor para su nutrición, las harinas se obtienen de la molienda de cereales o leguminosa seca al igual que de residuos agroindustriales que tengan una alta significancia. La harina se puede obtener a partir de destinos cereales, siendo la harina de trigo la más común, seguida por la harina de cebada o avena, Además, hay otros tipos de harina obtenidos de alimentos como leguminosas (garbanzos, lentejas, soja) obtenido de molturación de grano de trigo, o mezclas de trigos blando y duros, un 80% mínimo, maduro, sano y seco (Valencia y Montoya, 2021).

Tabla 1

Análisis físico de la cáscara de haba

Especificaciones	Porcentaje (%)
Proteína	5,03
Fibra	10,4
Cenizas	2,36
Grasa	0,40

Fuente: Aguiar et al., 2019; Barahona, 2015; Ni et al; 2020.

1.4.2.2. Generalidades de alimentos concentrados para especies porcinas. A continuación, se darán a conocer las características de un concentrado para especie porcina y demás ingredientes.

1.4.2.2.1. Concentrado de levante para porcinos. Alimento elaborado a partir de una mezcla final de materias primas animales y vegetales, vitaminas, minerales y aminoácidos, el cual es un producto capaz de satisfacer los requerimientos nutricionales de los cerdos dependiendo su edad y propósito, como única fuente de alimento, existen diferentes materias primas utilizadas para este alimento animal las cuales se encuentra: maíz amarillo, torta de soja, harina de arroz, harina de pescado, torta de trigo entre otros. En los porcinos de levante, esta fase se inicia aproximadamente a los 63 días de edad, con un peso corporal que oscila entre 22 y 25 kilogramos. Durante este periodo, es importante suministrar una dieta rica en energía, compuesta por aproximadamente 6 % de lípidos o grasas, 50% de carbono, 6% fibra y 18% de proteína (DANE, 2013).

En la tabla 2 se indican las especificaciones del análisis físico que debe cumplir un concentrado para especie porcina según la NTC 1839, que establece los requisitos que debe cumplir un alimento completo para cerdos.

Tabla 2

Concentrado de levante para porcinos

Especificaciones	Porcentaje (%)
Proteína	18
Humedad	13
Cenizas	9
Fibra	7
Grasa	3

Nota: Datos tomados de la NTC 1839 de 2019.

Fuente: Icontec, 2019

Por otra parte, es importante mencionar que las proteínas son sustancias orgánicas que contienen nitrógeno y que juegan un papel esencial en su estructura y función, estas son esenciales para cualquier forma de vida conocida, y su disposición por la secuencia de aminoácidos como su estructura primaria y sus enlaces que obligan a adoptar formas diferentes (Valencia y Montoya, 2021), además, las proteínas son uno de los macronutrientes más importantes del metabolismo animal, forman parte de la estructura de órganos y tejidos, proporcionan nitrógeno para los microorganismos ruminales, y deben estar presentes en la dieta en cantidades suficientes para cubrir las necesidades del animal (Contreras et al., 2020).

Asimismo, las grasas se conforman de ácidos grasos saturados e insaturados, donde su proporción varía según el tipo de ácido graso presente, son insolubles en agua y estas grasas de la dieta están formadas por triglicéridos que se dividen en glicerol y cadenas compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno, (FAO, 2013). También, la fibra dietética es una combinación compleja de carbohidratos junto con otros componentes que no son carbohidratos. Los cereales, las legumbres, entre otras semillas, constituyen la principal fuente de fibra dietética y de carbohidratos no digeribles en la alineación (Aguilera, 2009).

1.4.2.2.2. Proteína en el crecimiento de los animales. En el crecimiento animal las proteínas son un factor muy necesario, los animales en producción necesitan consumir una nutrición apropiada para así alcanzar niveles de desarrollo adecuados. Este factor son condensaciones aminoácidos los cuales están a través de los enlaces peptídicos, es por ello que es un componente necesario en la elaboración de alimentos, en los cerdos la cantidad de proteína aportada en la dieta está estrechamente ligado al aporte de aminoácidos para tener un mejor desarrollo en su crecimiento (Bfr ingredientes, 2022).

1.4.2.2.3. Torta de soja. Subproducto obtenido después de extraer el aceite del frijol de soja (*Glycine max L*) mediante solventes. La torta de soja constituye la principal fuente de proteínas y aminoácidos en la alimentación de los animales. El frijol de soja crudo contiene factores anti nutricionales que son susceptibles a altas temperaturas, pero tras el proceso de extracción del aceite y la desolventización, estos factores quedan inactivados, lo que resulta en un ingrediente seguro como la torta de soja para su uso en las dietas animales. La composición típica nutricional son la proteína de mínimo 46%, humedad máxima 13%, fibra máxima 4%, entre otros (Italcol, 2023).

1.4.2.2.4. Torta de trigo. El salvado de trigo, obtenido durante la molienda del grano, es rico en fibra, vitaminas B y minerales. Se usa como suplemento dietético para aumentar la ingesta de fibra, se destina principalmente al consumo animal, algunos de sus componentes pueden ser subutilizados, lo que brinda oportunidades de agregar valor. La composición nutricional de proteína es de 9.9% (Chanquilla et al, 2018).

1.4.2.2.5. Aceite vegetal. Grasa líquida derivada de plantas, que se obtiene mediante la extracción de semillas, o partes rasas de plantas como girasol, palma, entre otras. Agregar grasas a las dietas de cerdos no solo suministra una fuente concentrada de energía, sino también ácidos grasos esenciales de fácil digestión y vitaminas solubles en grasa, sino que también mejora el sabor de la dieta, lo que puede aumentar la eficiencia de la alimentación y promover la salud intestinal en lechones destetados (Comunidad profesional porcina, 2020).

1.4.2.2.6. Phosbic. Llamado fosfato bicálcico, es una sal inorgánica y su fórmula química es CaHPO_4 , fuente importante de calcio y fósforo, que se utiliza en la industria alimentaria para la

fabricación de productos alimenticios de animales o suplemento dietético, un mineral esencial para el metabolismo del organismo animal (Global Feed, 2017).

1.4.2.2.7. Premezcla (Vitaminas y minerales). Combinación de ingredientes nutricionales para incorporar en la formulación de concentrados, contiene vitaminas, minerales aminoácidos, entre otros componentes que son necesarios para fortificar los alimentos de animales (Nutritec, 2020).

1.4.2.2.8. Carbonato de calcio. Compuesto químico con fórmula CaCO_3 , uno de los minerales más comunes en la naturaleza, este se puede encontrar en piedra caliza, mármol, entre otros, es una sal inorgánica utilizada como suplemento nutricional para animales, mineral esencial para el desarrollo de huesos, dientes en los animales (Vera y Vélez, 2012).

1.4.2.2.9. Sal común. El cloruro de sodio con formula química NaCl es un sólido cristalino, se puede obtener de mina por evaporación del agua de mar, es el compuesto más utilizado en el mundo (Agro Feed, 2017).

1.4.2.2.10. Lisina. Este aminoácido con su fórmula química $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_2$, hace parte de la síntesis de proteínas y otros procesos metabólicos, la cual se utiliza como suplemento nutricional en los alimentos para animales para ayudar a un mejor crecimiento, ya que estos no pueden producirla por sí mismo (Sikosska, 2022).

1.4.2.3. Generalidades de la deshidratación. La deshidratación es un procedimiento de conservación de alimentos que previene la actividad microbiana al eliminar toda el agua libre de los alimentos, este procedimiento recibe diferentes denominaciones, como secado, desecado e hidratación. La transferencia de calor en el secado depende de varios factores: la temperatura, el flujo de aire, entre otros, es importante mejorar estos factores para lograr un secado eficiente y uniforme (Iranshahi et al., 2022).

En un proceso de secado, las variables de control son parámetros que se ajustan y monitorean para garantizar un rendimiento óptimo y la calidad deseada del producto final. A continuación, se presentan algunas de las principales variables de control en el proceso de secado:

1.4.2.3.1. Temperatura del aire de secado. La temperatura del aire influye en la velocidad de evaporación del agua. Es crucial controlarla para evitar el sobrecalentamiento del producto y garantizar un secado uniforme. Es una variable crítica en los procesos de secado, ya que afecta directamente la velocidad de evaporación del agua presente en el material, al aumentar la temperatura del aire se acelera la velocidad de evaporación del agua del material; sin embargo, a temperaturas excesivamente altas pueden resultar en un secado desigual, pérdida de nutrientes y cambios no deseados en las propiedades del producto (Hincapié et al., 2010).

1.4.2.3.2. Contenido de humedad. Es la cantidad de agua presente en un material sólido y puede expresarse en términos de masa seca o masa húmeda (Lira, 2010). La humedad es el factor principal en la harina, en general el contenido de humedad es cercano al 14-14,5% según la NTC-267. El contenido de humedad también es crucial para garantizar la estabilidad y la vida útil de las harinas. Un exceso de humedad puede facilitar el crecimiento de microorganismos como bacterias, hongos y levaduras, lo que lleva al deterioro y pérdida de calidad. Por el contrario, un bajo contenido de humedad puede hacer que los alimentos sean propensos a la oxidación (García, 2021).

1.4.2.3.3. Velocidad del aire. La velocidad del aire impacta en la transferencia de calor y masa. Un flujo de aire adecuado ayuda a eliminar el vapor de agua del producto de manera efectiva (Elías et al., 2020).

1.4.2.3.4. Tiempo de residencia. Es el tiempo que el producto permanece en la zona de secado. Controlar este parámetro es esencial para garantizar que el producto alcance la humedad deseada sin someterse a un secado excesivo (FAO, 2011).

1.4.2.3.5. Uniformidad de la distribución del producto. Asegurar una distribución uniforme del producto en la zona de secado evita fluctuaciones en la calidad y humedad del producto final, para esto, es clave mantener una temperatura constante y uniforme en todo el proceso de secado

para lograr una distribución homogénea de la humedad y evitar problemas como la formación de costras en la superficie del producto (García, 2011).

1.4.2.3.6. Tamaño de partícula del material. El tamaño de las partículas influye en la velocidad de secado. Partículas más pequeñas pueden secarse más rápido, pero pueden resultar en un producto final con características no deseadas, esto depende de la materia prima que se quiera estudiar y ejecutar (Vílchez et al., 2012).

1.4.2.3.7. Preservación de nutrientes y propiedades del producto. En la mayoría de casos, temperaturas demasiado altas, o tiempos prolongados de secado, pueden provocar la degradación de nutrientes o alterar las propiedades físicas y químicas del producto, por ello es necesario tener un estudio previo para realizar esta ejecución sin alteraciones en el producto (Vílchez et al., 2012).

Ajustar y monitorear estas variables de control de manera adecuada son esenciales para lograr un proceso de secado eficiente y obtener productos finales con las características deseadas.

1.4.2.4. Técnicas de deshidratación. Existen diversos métodos de secado, cada uno con múltiples variantes; este depende del tipo de alimento a deshidratar, la calidad que se pueda alcanzar y el costo que pueda ser justificado. Los procedimientos de deshidratación incluyen la convección de aire, los secadores de tambor o rodillo y los secadores al vacío. Estos métodos tienen variaciones que se adaptan a las necesidades de volúmenes y propiedades del producto final, además el método se utiliza depende el alimento sea sólido o líquido (Mahecha et al., 2010). A continuación, se mencionan las diferentes técnicas de deshidratación:

1.4.2.4.1. Liofilización. Es un método ideal para la eliminación de agua de una solución congelada y luego sublimando el hielo a presión reducida, es el proceso más efectivo para deshidratar sustancias orgánicas o inorgánicas sin alterar su composición en términos de calidad o cantidad (Gidolquim, 2014). Se realiza en un equipo especial llamado liofilizador, donde se coloca el producto a deshidratar, se genera un entorno al vacío, alcanzando temperaturas que llegan a -40°C (catalana, 2015).

Esta técnica consta de tres fases: pre congelación, secado primario y eliminación de la humedad residual. La primera fase, el material se enfría por debajo de su punto de fusión para garantizar la congelación completa y se pueda someter a la sublimación. Luego, durante el secado primario, se activa el liofilizador y se aplica vacío, lo que permite que la muestra se enfríe por evaporación, acelerando así el proceso de liofilización, Al final, aproximadamente el 93% del agua se sublima, y el calor adicional se aplica para eliminar la humedad restante, alcanzando un contenido de humedad de alrededor del 2% (Hilgedick, 2022).

Así mismo es un proceso muy utilizado en la industria alimentaria para preservar alimentos, en este se encuentran diferentes ventajas como la conservación de la calidad, lo que ayuda a mantener propiedades sensoriales, sabor, color y nutrientes del alimento, además al eliminar la mayor parte de agua, se reduce la actividad de agua en el alimento, lo que dificulta el crecimiento de microorganismos que puedan causar el deterioro y prolongar así la vida útil del producto (Mosquera et al., 2019).

1.4.2.4.2. Secado por convección. Método utilizado para eliminar la humedad de alimentos, productos agrícolas, productos químicos, entre otros, en donde se basa la transferencia de calor a través del aire circundante, principalmente se encuentra el secador de bandejas diseñado para contener una cantidad considerable de materiales a secar, así mismo cuenta con un suministro de aire caliente y seco, calentado por vapor, pero sin saturarlo permitiendo que el aire arrastre suficiente agua y logre un secado eficiente. En este tipo de secadores, es importante tener un adecuado control de gradientes de temperatura y humedad, porque al entrar aire frío o húmedo puede afectar la eficiencia del proceso de secado (Cano, 2014).

1.4.2.4.3. Secado por conducción. Es la transmisión de calor que se genera a través de una pared (generalmente metálica) hasta el producto húmedo, el material se coloca en contacto directo con la superficie caliente y el calor se transfiere a través de esa superficie al material, con ello generando la evaporación de la humedad (Ceupe, 2016).

1.4.2.4.4. Secador continuo de túnel. Este método consiste en un secado a través del cual se desplazan bandeja que contienen el material a secar, dentro del túnel, el aire caliente fluye en

dirección opuesta al movimiento de las bandejas, lo que proporciona el calor necesario para secar los sólidos, además este secador es muy utilizado en la producción de alimentos (Calle y Aparicio, 2011).

1.4.2.4.5. Secador rotatorio. Este compuesto por un cilindro hueco, el cual gira alrededor de su eje con una ligera inclinación, lo que facilita el desplazamiento de los sólidos a secar hacia la abertura de salida; permitiendo un secado a contracorriente del sólido que avanza lentamente hacia la salida mientras este material se va secando (Martinello, 2015).

1.4.2.5. Análisis de varianza (ANOVA). El cual proporciona dos estadísticas principales: la razón F y el valor p

La razón F y el valor p son dos estadísticas fundamentales para evaluar la significancia entre los grupos, cuando el valor de la razón F se acerca a la unidad no hay significancia estadística de los factores en la variable de respuesta y cuando este valor se encuentra alejado de la unidad existe una diferencia entre los grupos en comparación con las diferencias dentro de los grupos, lo que hace referencia de que al menos un grupo es significativamente distinto a los demás (Minitab, 2019).

Por otra parte, el valor P mide la probabilidad de obtener los resultados observados en el análisis de varianza, que muestra que no existe entre los grupos significancia estadística. Un valor P (inferior a 0,05), sugiere que hay evidencia suficiente de que al menos un grupo es significativamente diferente, por el contrario, un valor P alto indica que no hay diferencia significativa entre los grupos (Molina, 2017; Martínez, 2017),

1.4.3. Marco contextual

El departamento de Nariño, tiene diversidad de climas debido a su variada geografía, el cual va desde zonas costeras hasta zonas montañosas, la altitud varía desde las zonas bajas alrededor de los 700 m.s.n.m y su cabecera municipal se ubica en zonas de 2.527 m.s.n.m. (Alcaldía de Pasto, 2020). El cultivo de haba en Nariño se da en el 80%, se pueden encontrar en diferentes municipios

como áreas en climas frescos o altitudes medias, algunos municipios como Pasto, Túquerres, Ipiales, la unión y entre otros (MinAgro, 2021).

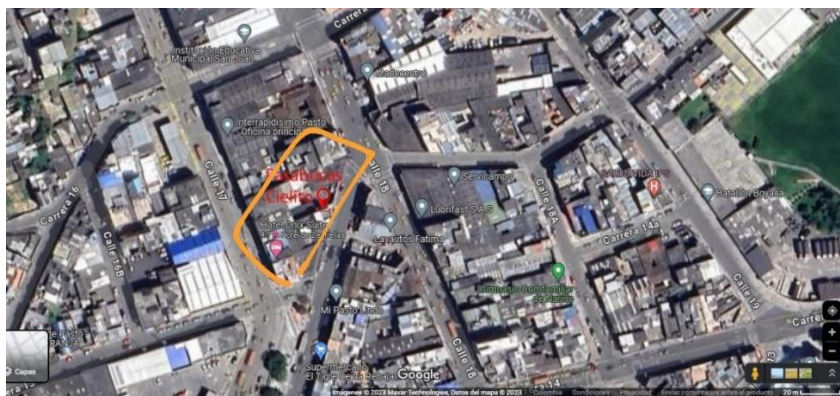
El desarrollo de la investigación del proyecto se realizó en el campus deportivo Alvernia de la universidad Mariana de la ciudad de Pasto-Nariño en el laboratorio de química donde se ejecutó los procesos de liofilizado y la caracterización bromatológica de la cáscara y harina de haba.

El domicilio de la empresa Pasabocas Cielito es en la ciudad de San Juan de Pasto departamento de Nariño, república de Colombia. Los residuos de cáscara de haba son generados en la línea de producción de *snacks* de la empresa Pasabocas cielito en la ciudad de Pasto- Nariño, calle 18, 15-75 ubicada al sur occidente, fundada en el 2017, con una latitud $1^{\circ} 21'84.90''$ N, longitud $77^{\circ}28'05.29''$ O y una altitud 2.530 msnm, es una empresa dedicada a la producción y comercialización de *snacks*, como (maní, frutos secos, patacones y maduritos) que actualmente se encuentran en el mercado nariñense.

A continuación, se muestra la imagen del lugar de interés

Figura 2

Mapa localización empresa Pasabocas Cielito en la ciudad de San Juan de Pasto



Fuente: Google Maps (2023).

1.4.4. Marco legal

Esta investigación se realizó de acuerdo con las pautas expresadas en las siguientes normativas legales:

Tabla 3

Marco legal

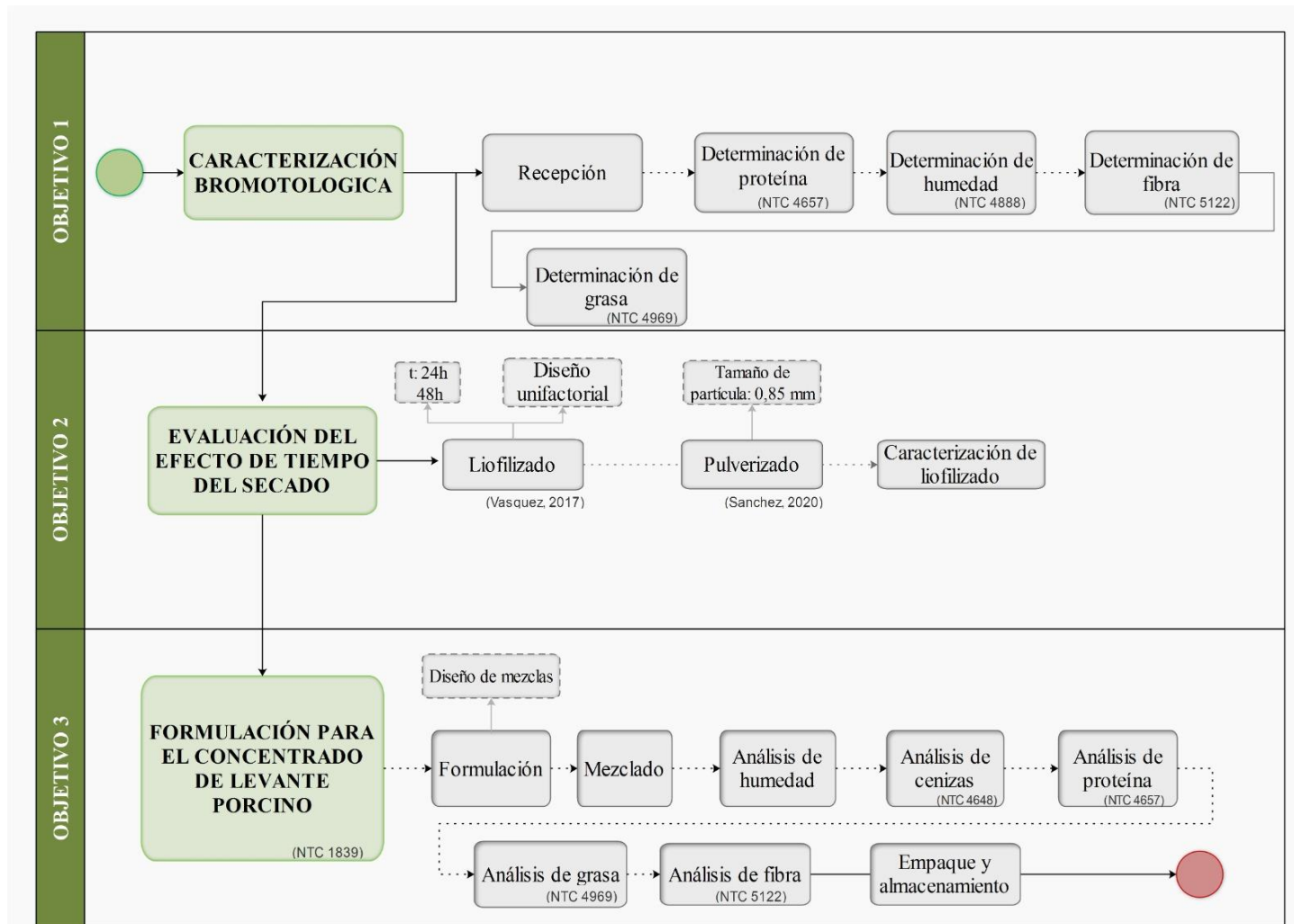
Ítem	Descripción
Norma técnica colombiana 1839 del 2019 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación	Establece los requisitos y ensayos que debe cumplir y someterse el alimento completo para cerdos (Icontec, 2019).
Norma técnica colombiana 4657 del 2022 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación	Especifica el método Kjeldahl para la determinación de contenido de nitrógeno en alimentos para animales y el cálculo de proteína cruda (Icontec, 2022).
Norma técnica colombiana 4888 del 2022 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación	Se establece el método para la determinación del contenido de humedad y material volátil en alimentos para animales
Norma técnica colombiana 5122 del 2022 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación	Especifica el método de filtrado intermedio para determinación del contenido de fibra cruda en alimentos para animales.
Norma técnica colombiana 4969 del 2022 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación	Por la cual se especifica un método para determinar el contenido graso en alimentos para animales

1.5. Metodología

El desarrollo de este proyecto de investigación se realizó de manera lógica, secuencial y organizada de acuerdo con lo planteado en los objetivos específicos, los cuales llevan a la consecución del objetivo general, tal cual como se presenta en la **Figura 3**

Figura 3

Diagrama de bloques - Desarrollo de la metodología por objetivos



1.5.1. Enfoque de investigación

El estudio de investigación propuesto tuvo un enfoque cuantitativo donde se realizaron caracterizaciones y experimentos que reflejaron los componentes que se requiere, este enfoque se fundamentó en un proceso deductivo, utilizando la medición numérica y el análisis estadístico que permitió dar respuesta a la pregunta problema. Así mismo el enfoque cuantitativo se basó en la recopilación y análisis de datos numéricos con el fin de realizar un análisis estadístico (Alan y Cortez, 2017).

1.5.2. Tipo de investigación

Teniendo en cuenta las modalidades de trabajo de grado establecidas en el acuerdo 077 de 2017 de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Mariana, se elige la línea de investigación con el propósito de desarrollar un estudio que permitió establecer las diferentes propiedades fisicoquímicas y así determinar el uso de la harina de la cáscara de haba en un concentrado de levante porcino. El presente trabajo de grado fue de tipo investigativo y experimental debido a que se tuvo por objetivo la formulación de un concentrado, que permitió aprovechar un residuo agroindustrial y transformarlo en un producto de valor para la industria porcina; lo anterior, mediante un análisis estadístico para la toma de decisiones, así mismo en la investigación experimental, se empleó la manipulación controlada de variables en donde se establecieron relaciones de causa y efecto entre ellas, lo que permitió controlar y manipular variables de interés más precisas (Narváez y Villegas, 2014).

La metodología que se muestra en la figura 3 se describe en detalle a continuación: Para la ejecución de cada uno de los procesos descritos, fue importante usar los implementos de bioseguridad (bata, tapabocas, guantes, cofia).

1.5.3. Desarrollo objetivo específico 1

Caracterizar bromatológicamente la cáscara de haba (Vicia Faba) para la obtención de una harina como posible uso para un concentrado para levante porcino.

1.5.3.1. Recepción y selección. La materia prima cáscara de haba proviene de la empresa Pasabocas Cielito de la ciudad de Pasto-Nariño, para su respectiva recepción se evidenció que la materia prima (cáscara de haba) había pasado previamente por un proceso de pre-secado. Inicialmente se realizó la selección de la cáscara de haba retirando partículas extrañas, piedras o residuos que no pertenecieran a dicho producto, esto se hizo de forma manual; con el fin de que se encuentre libre de impurezas.

1.5.3.2. Proteína. Para determinar el contenido de proteína se utilizó el método Kjeldahl. En una balanza analítica se pesaron 6 muestras de cáscara de haba de 1g en vidrios de reloj, en los tubos del digestor (6 tubos) se ingresaron las muestras y se agregó 10 mL de reactivo de digestión de nitrógeno (N), posteriormente se llevaron a la cabina extractora de gases y humos donde se hizo la programación requerida (60 min - 420°C). Para hacer la respectiva digestión hasta obtener la muestra. Cada tubo se trasladó a un destilador de nitrógeno que trabaja con el reactivo ácido bórico con NaOH, a los tubos del digestor se le agregaron 10 mL de agua destilada para el lavado de la muestra para ser llevados al digestor por un tiempo de 3 minutos cada uno, terminado este proceso se retiró la muestra y se lo ingresó a un matraz de Erlenmeyer de 250 mL para la titulación con (HCl 0,1M), el destilado y titulación se lo hizo con todas las muestras y al terminar cada muestra de destilado se realizó el respectivo lavado de acuerdo a la NTC 4657 (Icontec, 2022), se calculó el valor correspondiente al nitrógeno según la ecuación 1.

Ecuación 1

Determinación de nitrógeno

$$\%N = \frac{1400 * (Vm - Vb) * N}{Pm * 1000}$$

Vm: Volumen (mL) de HCl gastados en la titulación de la muestra.

Vb: Volumen (mL) de HCl gastados en la titulación del blanco.

N: normalidad del HCl

Pm: Peso (g) de la muestra utilizada.

Se calculó el porcentaje de proteína presente en la muestra según la ecuación 2.

Ecuación 2

Determinación de proteína

$$\%proteína = \%N * 6.25$$

%N: Porcentaje de nitrógeno

6.25: Factor de conversión

1.5.3.3. Determinación de Humedad. Se pesaron 3 muestras de cáscara de haba de 1g cada muestra. Estas se situaron directamente en una charola (bandeja de muestra), con ayuda del teclado se taró la balanza analizadora de humedad, se ubicó la charola y se inició el proceso hasta que el panel de control indique el respectivo resumen de la muestra, de acuerdo a la NTC 4888 (Icontec, 2022).

1.5.3.4. Cenizas. Una vez se realizó el cálculo de humedad o de extracto seco se llevó la muestra con su respectiva cápsula a la mufla precalentada a una temperatura de 550°C, esto se realizó en un tiempo de 1 hora hasta que la muestra se calcinó por completo. Después se dejó enfriar en el siguiente orden: En el horno a 100° C por 10 min y en el desecador por 5 min. Se sacó la cápsula con la muestra muy cuidadosamente y se pesó, de acuerdo con la NTC 4648 (Icontec, 2022), se calculó el valor correspondiente de ceniza según la ecuación 3.

Ecuación 3

Determinación de cenizas

$$\%Cenizas = \frac{(Pi - P) - (Pf - P)}{M} * 100$$

Pi: Peso de crisol con muestra

P: Peso del crisol vacío

Pf: Peso del crisol con muestra calcinada

M: Peso de la muestra

1.5.3.5. Grasa. Se realizó la extracción de grasa por el método conocido como Soxhlet para lo cual se usó una mezcla de solventes apolares (hexano y éter de petróleo), con 50% y 50% respectivamente, y la posterior evaporación de estos. Para iniciar se pesaron 2 g de cáscara de haba en la balanza analítica, se registró el peso de la muestra y de un balón soxhlet, continuando con el montaje se ingresó la muestra en un dedal y se depositaron algunas canicas en el interior del porta muestras soxhlet, se adicionó hexano por la parte superior del condensador, y la extracción se realizó a 100°C durante 2 horas, terminado el tiempo, se enfrió el balón a temperatura ambiente y se lo ingresó al rotavapor, posteriormente se enfrió la muestra por 10 minutos en el desecador y se registró el peso final, de acuerdo a la NTC 4969 (Icontec, 2022), se calculó el valor correspondiente al grasa según la ecuación 4.

Ecuación 4

Determinación de grasa

$$\%Grasas\ y\ aceites = \frac{(Pf - Pi)}{M} * 100$$

Pi: Peso del balón soxhlet

Pf: Peso del balón final

M: Peso de muestra

1.5.3.6. Fibra. Se preparó la muestra, la cual estuvo seca y libre de grasas, se depositó 2 gramos de cáscara de haba sobre un matraz reflujo y posteriormente se le adicionaron 100 mL de ácido sulfúrico (0.25N), se ejecutó el montaje para el sistema de reflujo y se dejó a 100°C durante 30 minutos, transcurrido el tiempo se filtró al vacío y se lavó el residuo (sólido) con 50 mL de agua destilada y 20 mL de etanol al (96%V/V), posteriormente se registró el peso de un crisol vacío y se transfirió el residuo al crisol, se lo ingresó a la mufla por 550°C durante 1 hora. Finalmente, se dejó enfriar el crisol en el desecador por 15 minutos, se registró el peso del crisol y de acuerdo a la NTC 5122 (Icontec, 2022), se calculó el valor correspondiente a la grasa según la ecuación 5.

Ecuación 5

Determinación de fibra

$$\%Fibra\ cruda = \frac{(Pf - Pi)}{M} * 100$$

Pi: Peso de crisol vacío

Pf: Peso de crisol con muestra calcinada

M: Peso de muestra

1.5.4. Desarrollo objetivo específico 2.

Evaluar el efecto que tiene el tiempo de secado sobre la composición nutricional de la cáscara de haba (Vicia Faba) en el proceso de liofilización.

1.5.4.1. Liofilizado. La cáscara de haba se ingresó al congelador durante 12 horas. Es crucial considerar que al realizar la liofilización la temperatura de congelación debe ser inferior a la del solvente utilizado; que, en este caso, dado que se trató de un alimento, el solvente empleado fue agua, por lo tanto, la temperatura de operación empleada fue de -10°C. Los siguientes procesos de liofilización se realizaron en tiempos de (24 y 48 horas), para proseguir con su respectiva caracterización. El liofilizador que se encontró en las instalaciones de la sede Alvernia de la Universidad Mariana, tiene estándares ya asignados de temperatura de condensador a -73°C, temperatura de proceso -10°C y presión de vacío a 0,015mbar, este método se lo utilizó con el fin de conservar mejor los nutrientes, conservar el color y además prolongar la vida del alimento. Por tal motivo se realizó un diseño unifactorial usando como factor el tiempo.

1.5.4.2. Diseño Unifactorial. Se empleó un diseño unifactorial, que permitió estudiar la influencia de un factor tiempo (h), sobre una variable de respuesta proteína (%), las muestras experimentales se encuentran en un total de 6 corridas, realizadas por triplicado.

El ajuste del diseño experimental comprende el factor [tiempo (h)], y dos niveles (24 y 48 h). Del diseño se estableció como variable independiente al tiempo en horas (h), la cual permitió determinar si afecta o tiene incidencia en la variable dependiente (% final de proteína) durante el proceso de liofilizado. Este diseño estadístico se realizó con el fin de determinar si el factor tiempo tiene efectos significativos en la variable de respuesta, lo cual se definió mediante análisis ANOVA en el software STATGRAPHICS V.17.0 usado en su versión gratuita de prueba, con un nivel de confianza del 95%.

1.5.4.3. Pulverización. Se realizó la molienda de cáscara de haba (*Vicia Faba*), donde se hizo la reducción de tamaño de partículas sólidas sometidas a un esfuerzo mecánico (no hay un tamaño estándar), se usó el molino (Victoria VH 750-C, 1700 rpm). Seguido a esto, se realizó un tamizado ya que las características granulométricas de una materia prima son muy importantes para la respectiva formulación que obtuvo, teniendo en cuenta que el concentrado tuvo una presentación en polvo. Para la granulometría fue necesario hacer una formación sedimentaria reteniendo en una serie de tamices de diferentes tamaños (No.16, 20, 30), que para este caso fue harina fina, que tiene un tamaño de partícula requerido de 850 μ m (Sánchez, 2020).

1.5.4.4. Caracterización bromatológica de la harina de haba liofilizada. Para la determinación de proteína, grasa, fibra, cenizas y humedad de la harina liofilizada, se utilizó la metodología llevada a cabo en la caracterización bromatológica de la cáscara de haba, descrita anteriormente en los numerales (1.5.3.2 a 1.5.3.6)

1.5.5. Desarrollo objetivo específico 3

Establecer una formulación para el concentrado de levante porcino a través de un diseño de mezclas que cumpla con los requerimientos de la NTC 1839 alimento para porcinos.

La metodología que se describe a continuación fue tomada de Serrano et al., (2019). Las siguientes pruebas fueron realizadas a la mezcla de la harina de cáscara de haba con los demás ingredientes principales que un concentrado de levante para porcino debe adquirir y de acuerdo a los requerimientos establecidos por la NTC 1839 alimento completo para porcinos.

1.5.5.1. Formulación. Es necesario establecer los porcentajes óptimos para obtener una mezcla de levante porcino con un mínimo de 18% de proteína, de acuerdo con los establecido en la NTC 1839 alimento completo para porcinos y teniendo como base los porcentajes e ingredientes.

1.5.5.1.1. Diseño de mezclas. Es una técnica estadística utilizada para optimizar y mejorar las propiedades de una mezcla o formulación que contiene diferentes componentes. En este caso, se buscó optimizar la concentración de proteína en un concentrado para levante porcino utilizando torta de soja, cáscara de haba y trigo como variables de entrada.

Para realizar el análisis estadístico, se utilizó un software especializado (en su versión de prueba gratuita) MINITAB Statistical Software 21. Este software permitió analizar los datos recopilados, así como por medio del diseño de mezclas identificar las combinaciones óptimas de los componentes para lograr el concentrado con las características específicas deseadas de manera sistemática. Para el diseño de mezclas, se consideró una variable de respuesta crucial: el porcentaje de proteína (%), que se ve influenciada por tres variables de entrada (independientes) distintas: la torta de soja, la harina de cáscara de haba y la torta de trigo. Conforme al enfoque de diseño de mezclas, se establecieron siete corridas experimentales, cada una llevada a cabo por triplicado, para mejorar la precisión de los resultados y reducir la variabilidad experimental (Cordero et al., 2020).

Una vez completadas las corridas experimentales y recopilados los datos, se ejecutó un análisis estadístico para determinar cómo las variaciones en las proporciones de los componentes afectan la variable de respuesta (porcentaje de proteína). Este análisis se ejecutó con el análisis de varianza (ANOVA), utilizando la prueba F, con la cual se busca determinar si hay diferencias significativas entre las medias de dos o más grupos, permitiendo comparar la variabilidad entre grupos con la variabilidad dentro de los grupos. Si la varianza entre grupos es notablemente mayor que la varianza dentro de los grupos, se puede concluir que hay diferencias significativas entre las medias de los grupos (Peñañiel et al., 2015).

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, para el desarrollo del diseño experimental de mezclas, se tomaron como referencia las principales materias primas que se utilizan en la

elaboración de alimentos balanceados para porcinos de levante, las cuales se establecen en la tabla 4, con base en una formulación para 100 g, además teniendo en cuenta la caracterización de la proteína 18% que exige la NTC 1839.

Tabla 4

Diseño de mezclas de torta de soja, cáscara de haba y torta de trigo

DE	Soja	Cáscara de haba	Trigo
1	67%	17%	17%
2	33%	33%	33%
3	17%	67%	17%
4	0%	0%	100%
5	17%	17%	67%
6	100%	0%	0%
7	0%	100%	0%

Se evidencia el diseño experimental de mezclas (DE) programa MINITAB, con un total de 7 corridas y sus variables de entrada (torta de soja, harina de cáscara de haba y torta de trigo), con sus diferentes porcentajes de acuerdo a las mezclas que estableció el programa.

En la tabla 5 se detallan los principales ingredientes empleados en la preparación de alimentos balanceados para porcinos de levante, con una formulación total de 100 g.

Tabla 5

Fórmula de concentrado para porcinos de levante (Formulación de 100g)

Formula optimizada		
Ingredientes	Gramos	Porcentual
Torta de soja	57,80	0,5780
Harina de cáscara de haba	27,61	0,2761
Torta de trigo	0,00	0,0000
Aceite vegetal	10,80	0,1080
Fosfato bicálcico	1,50	0,0150
Premezcla (Vitaminas)	1,00	0,0100
Carbonato de calcio	0,80	0,0080
Sal común	0,30	0,0030
Lisina	1,00	0,0019
Total	100	100%

Los ingredientes que se establecieron en la tabla 5, para la fórmula optimizada de concentrado para porcinos de levante, fueron tomados de la guía de granja para preparar alimento para cerdos, con base en lo propuesto por Yépez (2023), y se dieron las proporciones mediante el diseño experimental de mezclas realizado para este trabajo. Para el porcentaje de la torta de soja, trigo y cáscara de haba, se encuentran distribuidos en una proporción del 85%, y sus demás ingredientes se dejaron establecidos para todas las corridas del diseño de mezclas.

1.5.5.2. Mezclado. Se realizó un mezclado durante un tiempo entre (8 a 20 min), teniendo en cuenta que, para las raciones de carbonato de calcio, sal común y lisina, se mezclaron junto con la harina de cascara de haba, dado que estos ingredientes son de menor cantidad que se encuentran descritos en la tabla 5, y así garantizar una mezcla homogénea, posteriormente se adicionaron los demás ingredientes como torta de soya, aceite vegetal, phosbic y premezcla, dependiendo la cantidad que se estableció en la formulación. La marmita es un equipo el cual se lo uso para este procedimiento, teniendo en cuenta que para estas mezclas en polvo se necesita una velocidad de rotación de 46 rpm (Valentín, 2019).

1.5.5.3. Caracterización bromatológica de la mezcla en polvo de concentrado para porcinos de levante. Se realizó la caracterización para la determinación de proteína, grasa, fibra, cenizas y humedad de acuerdo a la formula optimizada, para ello se utilizó la metodología llevada a cabo para la caracterización bromatológica de la cáscara de haba, descrita anteriormente en los numerales (1.5.3.2 a 1.5.3.6).

1.5.5.4. Empaque. En esta etapa se depositó la mezcla de concentrado de levante porcino en empaques limpios y secos que impidan la absorción de humedad del ambiente.

1.5.5.5. Almacenamiento. Se almacena el producto terminado en condiciones apropiadas.

2 Presentación de resultados

2.1. Análisis e interpretación de resultados

2.1.1. Análisis y discusión del primer objetivo

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la caracterización bromatológica de la cáscara de haba:

Se realizó la recolección de 2 kg de la cáscara de haba en la empresa Pasabocas Cielito de la ciudad de Pasto-Nariño y se transportó hasta los laboratorios de la sede Alvernia de la Universidad Mariana, para su respectiva caracterización bromatológica y demás análisis. Esto se estableció de acuerdo a la cantidad que se necesita para los diferentes estudios realizados en esta investigación, teniendo en cuenta que en la caracterización se usó aproximadamente 25 gramos y aproximadamente 1900 gramos para la liofilización y mezcla del concentrado.

- **Caracterización bromatológica de la cáscara de haba.** A continuación, se exponen los resultados del análisis bromatológico de la cáscara de haba bajo los parámetros de proteína, humedad, fibra, grasa y cenizas en unidades de porcentaje (%), la materia prima empleada se observa en la **Figura 4**

Figura 4

Cáscara de haba



Tabla 6*Caracterización bromatológica de la cáscara de haba*

Parámetros	Promedio %	Desviación Estándar	Error Estándar %
Proteína	5,11	±0,93	0,62
Fibra	10,36	±0,32	0,21
Grasa	0,55	±0,06	0,04
Humedad	10,55	±0,31	0,21
Cenizas	2,15	±0,06	0,04

Nota: Los parámetros se midieron por triplicado

En el estudio realizado por Aguiar et al., (2019), se obtuvo resultados similares en algunos de los parámetros de esta investigación, dado que se evaluó la misma variedad de cáscara de haba y se siguió la misma metodología para la caracterización bromatológica, como, por ejemplo, en la proteína, el valor obtenido para Aguilar es de 5,03%, a diferencia del estudio de Martínez (2017), en el cual se empleó el método de Weende para el estudio de proteína, cenizas, grasa, entre otros parámetros, análisis del cual para la proteína obtuvo un 10%, con ello evidenciando que la consistencia en los resultados puede variar según la metodología aplicada para esta caracterización.

De la misma manera, en el estudio realizado por Box (2014), para la grasa obtuvo un valor de 0,50%, evidenciando que es un indicativo positivo de que las condiciones experimentales en la cuantificación de la grasa y que para ello se tuvo en cuenta un factor como la homogeneidad al momento de realizar la caracterización.

A partir de datos bibliográficos realizados por Aguiar et al., (2019), se evidencio el mismo protocolo de laboratorio, con ello resultados para la ceniza con un valor de 2,36%, similar al valor reportado por la tabla del presente estudio; del mismo modo, en el estudio de Martínez (2017), evidenciando que la cáscara de haba contiene un porcentaje de minerales que aporta significativamente en la formulación del concentrado que se quiere obtener.

En cuanto a la humedad y de acuerdo con datos bibliográficos de Morales (2014), la cáscara de haba (*Vicia faba*) contiene una humedad entre el 9,58% y el 11,68%, resultados similares a los de esta investigación, teniendo en cuenta que en el estudio se quería llegar a la elaboración de un polvo instantáneo de cáscara de haba por medio de secado por atomización en temperatura de aire de 200°C, temperatura de extracto de 20°C y Presión aire de 4 kg/cm².

2.1.2. Análisis y discusión del segundo objetivo

El diseño unifactorial es relevante para la investigación, debido a que permite identificar el mejor tiempo de proceso, que, a su vez, garantiza el mayor contenido de proteína final requerido para realizar la formulación y mezcla del concentrado para levante porcino.

A continuación, se evidencian las 6 muestras que se ejecutaron en el diseño unifactorial.

Tabla 7

Tratamientos definidos para el diseño experimental unifactorial aleatorizado.

Bloque	Tiempo (h)	Proteína (%)
1	24	3,62
1	24	3,86
1	48	3,73
1	48	3,57
1	24	3,78
1	48	3,67

Nota: Diseño experimental realizado con el software estadístico STATGRAPHICS.

Con los tratamientos establecidos anteriormente, se procedió a realizar los montajes del proceso de liofilización en el laboratorio de química analítica de la sede Alvernia de la Universidad Mariana para posteriormente realizar la respectiva caracterización y obtener los porcentajes de proteína obtenidos por triplicado para cada corrida.

En la figura 5, se evidencia la cáscara de haba antes y después del proceso de liofilización:

Figura 5

Liofilización de cáscara de haba



a. Cáscara sin liofilizar

b. Cáscara de haba después del proceso de liofilización

En el equipo de liofilizado empleado, ya se encuentran preestablecidos de fábrica los parámetros de temperatura de proceso (-10°C), temperatura de condensador (-73°C) y presión de vacío ($0,015$ mbar), los cuales no pueden modificarse, por lo cual, la única variable de control es el tiempo (h), para el cual como se describió anteriormente, se definieron dos niveles de proceso (24 y 48 horas). Una vez se obtuvo la cáscara de haba liofilizada, se procedió a la reducción del tamaño de partícula hasta los $850\ \mu\text{m}$ en tamiz No. 20, para finalmente realizar la caracterización bromatológica de la harina de cáscara de haba.

A continuación, en la figura 6, se evidencia el montaje de los tamices usados para esta investigación antes y después de su pulverizado.

Figura 6

Harina de haba pulverizada



a. Sin pulverizar

b. Pulverizada

La cáscara de haba, después de haber sido sometida a un proceso de liofilizado y pulverizado posteriormente se tamiza para lograr una granulometría uniforme.

Tabla 8

Selección de tamices para granulometría de la harina de cáscara de haba

Serie finas	
N° de malla	Tamaño de abertura del tamiz
No 16	1180µm
No 20	850µm
No 30	600µm

En la tabla 8 se realizó la selección de los tamaños de tamices que se utilizaron para determinar la granulometría presentada en la Tabla 9.

Tabla 9

Granulometría de la harina de cáscara de haba

N° de malla	% Retención
No 16	0,1 ± 0,015
No 20	0,5 ± 0,078
No 30	0,11 ± 0,065

Una vez se obtuvo la harina a la granulometría requerida, se procedió a realizar la caracterización de los componentes nutricionales descritos a continuación:

Tabla 10

Caracterización bromatológica de la harina de cáscara de haba a 24 horas de liofilización

Parámetros	Promedio %	Desviación Estándar	Error Estándar %
Proteína	3,75	±0,12	0,08
Fibra	7,51	±0,58	0,38
Grasa	0,53	±0,04	0,02
Humedad	4,27	±0,45	0,30
Cenizas	3,20	±0,17	0,11

Nota: Los parámetros se midieron por triplicado

En la tabla 10 se analizaron los datos de la caracterización de los componentes nutricionales de la harina de cáscara de haba en el proceso de liofilizado a 24 horas, de acuerdo con el diseño experimental unifactorial. El estudio desarrollado por Ni et al., (2020), arroja un valor de proteína de 5,3%, en comparación del 3,75% del presente estudio, cabe resaltar que, en ambas investigaciones el proceso de secado se realizó por medio de liofilización.

De lo anterior, se puede concluir que después de que la harina de cáscara de haba pasa por el proceso de liofilización, el nivel de proteína disminuye en 1,55%, esto se debe a que, aun siendo un método que ayuda a la conservación de la mayoría de todos sus componentes, al someterse al proceso de sublimación y generando un mayor tiempo de liofilizado las estructuras de la proteína pueden cambiar levemente, esto se debe que durante el proceso de congelación inicial, las proteínas se ven sometidas a bajas temperaturas, que provoca la formación de cristales de hielo en el sistema, lo cual puede afectar levemente las estructuras al generar fuerzas mecánicas donde puede existir una ruptura de enlaces intramoleculares (Li, 2019). De igual manera es importante tener en cuenta que al usar otro método de secado como secado en bandejas, puede afectar en un rango mayor al que obtiene con este método ya que implica exponer el alimento a altas temperaturas, entre 40 a 80°C, lo que causa alteraciones en su color, textura y en algunos casos la calidad nutricional (Kalbaran et al., 2023; Kaushalya et al., 2023).

Así mismo, en la investigación realizada por Grandez (2018), se reportó un contenido de proteína para la vaina de arveja en 11,37% a diferencia del de maíz, cogollo de caña y cáscara de arveja que presentaron porcentajes menores al 6%, evidenciando que los subproductos agroindustriales contienen fuentes nutricionales importantes para acoplarse en producto alimenticios.

Por otra parte, en el estudio de Ni et al., (2020), encontraron que el contenido de grasa en la harina de cáscara de haba es del 0,4%, resultados similares a los datos obtenidos en esta investigación. Finalmente, Henao et al., (2020) reportan para las vainas molidas y deshidratadas del frijol *Phaseolus Vulgari Cranberry Groupse*, que el contenido de grasas fue bajo 0,011%, comparado con el 0,47% y 2,93% establecido por Cedeño y Zambrano (2014), y con el 0,53 del presente estudio. Lo anterior conlleva a que la cáscara de haba presenta propiedades nutricionales

importantes, pero no se destaca por tener concentraciones altas de sus principales componentes en comparación con otras materias primas comúnmente utilizadas en la industria alimentaria.

En la tabla 10 se evidencian los resultados de las propiedades de la harina de cáscara de haba, identificando que Ni et al., (2020), encontraron que la ceniza está en 2,5%, similar a la investigación experimental, también en los estudios establecieron que la humedad fue de 9,0% debido a que el método usado fue diferente al del estudio de esta investigación, teniendo en cuenta que los diferentes métodos de secado influyen en las propiedades al momento de someterse a diferentes variables que puedan afectarla.

Al establecer como método de secado el liofilizado, se evidenció que la humedad de la harina de cáscara de haba, disminuyó 4,27%, Este valor se encuentra dentro de los límites establecidos por la normatividad NTC 1839, que establece un máximo de 13% para garantizar la estabilidad y conservación del producto a lo largo del tiempo.

En los resultados presentados por Henao et al., (2020), los análisis fisicoquímicos realizados a las vainas molidas y deshidratadas del frijol *Phaseolus Vulgari Cranberry Groupse*, en primer lugar, muestran que el contenido de cenizas fue de 12,8%, un valor elevado que podría ser una desventaja si se considera su uso directo como materia prima en la producción alimenticios. Esto se debe a que un contenido de cenizas superior al 5% sugiere la posible presencia de un adulterante inorgánico (Márquez, 2014), en la presente investigación, el valor de cenizas no supero el 4%. Respecto al porcentaje de humedad, se encontró que las vainas de haba tienen un 22,9%, un valor alto en contraste con el 4,27% obtenido en esta investigación, es por ello que un contenido bajo de humedad es ideal para prevenir el deterioro causado por enzimas y la propagación de microorganismos (Carrillo y Reyes, 2013).

Tabla 11*Caracterización bromatológica de la harina de cáscara de haba a 48 horas*

Parámetro	Promedio %	Desviación Estándar	Error Estándar %
Proteína	3,65	±0,08	0,05
Fibra	7,35	±0,15	0,10
Grasa	0,58	±0,03	0,02
Humedad	3,64	±0,34	0,23
Cenizas	3,09	±0,10	0,07

Nota: Los parámetros se midieron por triplicado

En la tabla 11 se pueden analizar los datos de la caracterización de los componentes de la harina de cáscara de haba en el proceso de liofilizado de acuerdo con el diseño experimental unifactorial.

De acuerdo al estudio desarrollado por Arcila, (2022), el valor de proteína de la harina de la cascarilla de soja, la cual es un subproducto agroindustrial del procesamiento de su grano, se encuentra en 21,39% evidenciando que los resultados están alejados del rango de la investigación de cáscara de haba, debido a que esta materia prima fue secado 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 soja se secó a una humedad cercana a 7%.

Por otra parte, en los estudios realizados por Sustrino et al, (2023), la proteína de la harina de cáscara de soja contiene 17,98% de proteína, alejándose del valor de los datos experimentales de la tabla 11, debido a que estos contenidos pueden atribuirse a una combinación de factores genéticos los cuales impactan la composición nutricional de estas cáscaras de leguminosas.

En la tabla 11 se evidencian los resultados de las propiedades de la cáscara de haba, identificando que en los estudios de Vázquez et al, (2023) tuvo un contenido de humedad de 6,5%, lo cual se encuentra en una similitud con los estudios realizados en esta investigación, esto debido a que la cáscara de garbanzo tiene propiedades similares en su composición nutricional ya que se encuentra en la misma familia de fabáceas, así mismo al establecer el método de liofilizado se evidenció que esta humedad se encuentra en un rango menor al 13%, lo que significa que se puede

controlar y garantizar un alimento para porcinos adecuados, de acuerdo a lo establecido por la NTC 1838 (Icontec,2019). Finalmente, en datos experimentales obtenidos por el mismo autor encontraron que la ceniza estaba en un promedio de 2,25%.

Tabla 12

ANOVA con prueba F del diseño unifactorial de la cáscara de haba liofilizada a 24 y 48 horas

Fuente	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0140167	1	0,0140167	1,31	0,3169
Intra grupos	0,0429333	4	0,0107333		
Total (Corr.)	0,05695	5			

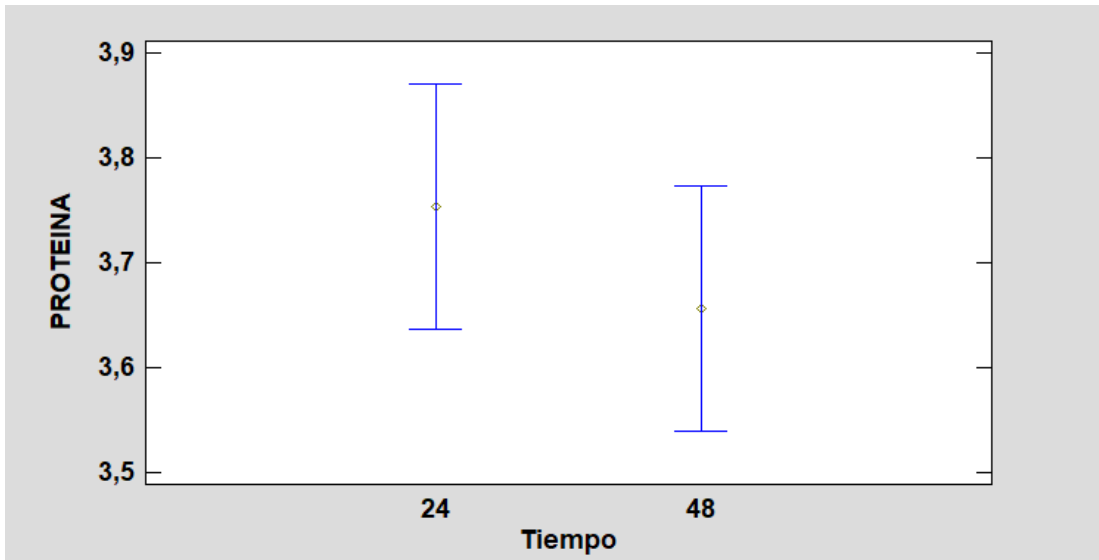
En la tabla 12, se evidencian los resultados del diseño unifactorial, donde la variable dependiente fue el contenido de proteína (%) y el factor fue el tiempo, con dos niveles (24 y 48 horas).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en esta investigación y que se muestran en la tabla donde se observan dos componentes: la variación entre grupos y la variación dentro de los grupos. Se evidencia que el valor F, que es la relación entre la variación entre grupos y la variación dentro de los grupos, dio como resultado un valor de 1,3059 que es muy cercano a la unidad por lo tanto no hay significancia estadística y el valor P asociado a esta razón F es mayor o igual a 0,05, evidenciando que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de proteína en los dos niveles de tiempo evaluados, que cuentan con un nivel del 5% de significancia, ya que si existiera un valor p inferior a 0,05 se evidenciaría que al menos un grupo es significativamente diferente. Por lo tanto, basándose en los resultados obtenidos de este estudio con un valor de 0,3169 no hay diferencia significativa entre los dos niveles de tiempo de 24 y 48 horas en cuanto al contenido de proteína en porcentaje.

En este análisis la verificación de los supuestos del modelo no se evidencia dado que, al no encontrar diferencias significativas entre las muestras o grupos, se puede considerar que los supuestos de igualdad de varianza no son relevantes para la interpretación de los resultados y por lo tanto, no son mencionados en esta discusión.

Figura 7

Medias y 95% de Fisher LSD



En la gráfica de dispersión de barras de error, se evidencia en el eje horizontal de tiempo (h), con los puntos de datos de 24 y 48 horas, así mismo el eje vertical de (proteína (%)), lo que relaciona el comportamiento de la respuesta y el factor, este porcentaje varía entre 3,5 a 3,9, lo que indica la concentración de proteína medida en los intervalos de tiempo dados, además teniendo en cuenta que las barras de error se superponen, considerando que no existe una diferencia estadística significativa.

Por otra parte, al analizar los tiempos y el porcentaje de proteína, se observa una desviación estándar de 0,07, según los datos presentados en las tablas 11 y 12 de los resultados de proteína, y con ello teniendo en cuenta que el tiempo con una ligera diferencia de porcentajes más altos de proteína fue el de 24 horas.

2.1.3. Análisis y discusión del tercer objetivo

Para la formulación del concentrado de levante para porcino, se realizó un diseño de mezclas, en el programa MINITAB Statistical Software 21, se realizó una mezcla de tres harinas (soja, trigo y cáscara de haba), las cuales se caracterizaron para determinar el porcentaje de proteína óptimo de acuerdo al diseño experimental.

Tabla 13*Valores de harinas e insumos para una mezcla de 100g*

DE	Torta de Soja	Cáscara de haba	Torta de Trigo	Aceite Vegetal	Lisina	Phosbic	Carbonato de Calcio	Sal Común	Premezcla para cerdos
1	56,94	14,24	14,24	10,80	0,19	1,50	0,80	0,30	1,00
2	28,47	28,47	28,47	10,80	0,19	1,50	0,80	0,30	1,00
3	14,24	56,94	14,24	10,80	0,19	1,50	0,80	0,30	1,00
4	0,00	0,00	85,41	10,80	0,19	1,50	0,80	0,30	1,00
5	14,24	14,24	56,94	10,80	0,19	1,50	0,80	0,30	1,00
6	85,41	0,00	0,00	10,80	0,19	1,50	0,80	0,30	1,00
7	0,00	85,41	0,00	10,80	0,19	1,50	0,80	0,30	1,00

En la tabla 13, el porcentaje de harina fue el que varió en cada una de las mezclas. Este porcentaje fue del 85,41%. Los componentes que variaron fueron la torta de soja, harina de cáscara de haba y torta de trigo, mientras que todos los demás componentes como el aceite vegetal, la lisina, el phosbic, el carbonato de calcio, la sal común y la premezcla para cerdos permanecieron constantes.

Tabla 14*Caracterización del componente nutricional de proteína de las mezclas de harinas*

Muestra	Proteína%
M1	35,43 ± 0,91
M2	40,42 ± 0,63
M3	25,54 ± 0,18
M4	9,35 ± 0,75
M5	28,29 ± 0,74
M6	32,36 ± 0,83
M7	2,97 ± 0,55

Nota: Los análisis se hicieron por triplicado

En la tabla 14 se evidencia el porcentaje de proteína que corresponde al promedio de las corridas por triplicado de la respectiva caracterización, esta se ejecutó de la misma manera establecida en el numeral 1.5.3.2, y teniendo en cuenta las 7 corridas del diseño de mezclas evidenciadas en la tabla 13 de harinas y demás insumos, evidenciando que en comparación con la NTC 1839 los resultados de proteína son mayores por lo que se presenta un buen resultado en incluir estas tres harinas en el diseño de mezclas, debido a que la norma anteriormente mencionada establece que la proteína debe tener un mínimo del 18%. En concentrados comerciales se utilizan ingredientes como maíz, harina de arroz, harina de pescado entre otros ingredientes, que son diseñados para obtener unas ganancias de peso apropiadas para esta etapa (Solla, 2023).

Tabla 15

Análisis de varianza para % Proteína (Proporciones del componente)

Fuente	GL	SC Sec	SC Ajust	MC Ajust	Valor F	Valor p
Regresión	5	3364,45	3364,45	672,891	151,11	0,000
Lineal	2	1512,75	1432,65	716,325	160,86	0,000
Cuadrático	3	1851,70	1851,70	617,234	138,61	0,000
Soja*Cáscara de haba	1	1509,47	167,79	167,794	37,68	0,000
Soja*trigo	1	88,34	4,14	4,140	0,93	0,350
Cáscara de haba* Trigo	1	253,89	253,89	253,889	57,02	0,000
Error residual	15	66,80	66,80	4,453	-	-
Falta de ajuste	1	60,04	60,04	60,037	124,37	0,000
Error puro	14	6,76	6,76	0,483	-	-
Total	20	3431,25	-	-	-	-

Tabla 16

Resumen del modelo

R- cuadrado	R-cuadrado (ajustado)
98,05 %	97,40%

Se empleó un modelo matemático de tipo cuadrático que se utilizó para realizar el ajuste de los datos. Aunque el modelo lineal es estadísticamente significativo, su coeficiente de ajuste, es decir, el R-cuadrado, es inferior al 50%, por el contrario, el modelo cuadrático, además de ser estadísticamente significativo, presenta un R-cuadrado ajustado del 97,40% lo que indica un buen ajuste a los datos obtenidos.

Tabla 17

Coefficiente de regresión estimada para % Proteína (Proporciones del componente)

Termino	Coef	EE del Coe.	Valor T	Valor P	FIV
Soja	31,96	1,21	*	*	1,60
Cáscara de haba	2,59	1,21	*	*	1,60
Trigo	8,96	1,21	*	*	1,60
Soja* Cáscara de haba	84,5	13,8	6,14	0,000	4,83
Soja*Trigo	13,3	13,8	0,96	0,350	4,83
Cáscara de haba*Trigo	103,9	13,8	7,55	0,000	4,83

Los coeficientes de regresión utilizados en el modelo incluyen específicamente las interacciones entre cada uno de los componentes de la mezcla con los demás: soja con cáscara, soja con trigo y cascara con trigo. No se contemplan coeficientes para los componentes puros debido a que no existe un valor P establecido según el método. Por otra parte, aunque existen coeficientes para la relación entre los componentes soja y trigo, este no resultó ser significativo estadísticamente y se observó una mejora en el R cuadrado cuando este coeficiente fue eliminado de la ecuación. Por lo tanto, la ecuación de ajuste del modelo quedó definida de la siguiente manera:

Ecuación 6

Ecuación de ajuste del modelo

$$\%proteina = 84,5 * (Cs)(Ch) + 103,9(Ch * Ct)$$

Cs= Concentración de soja

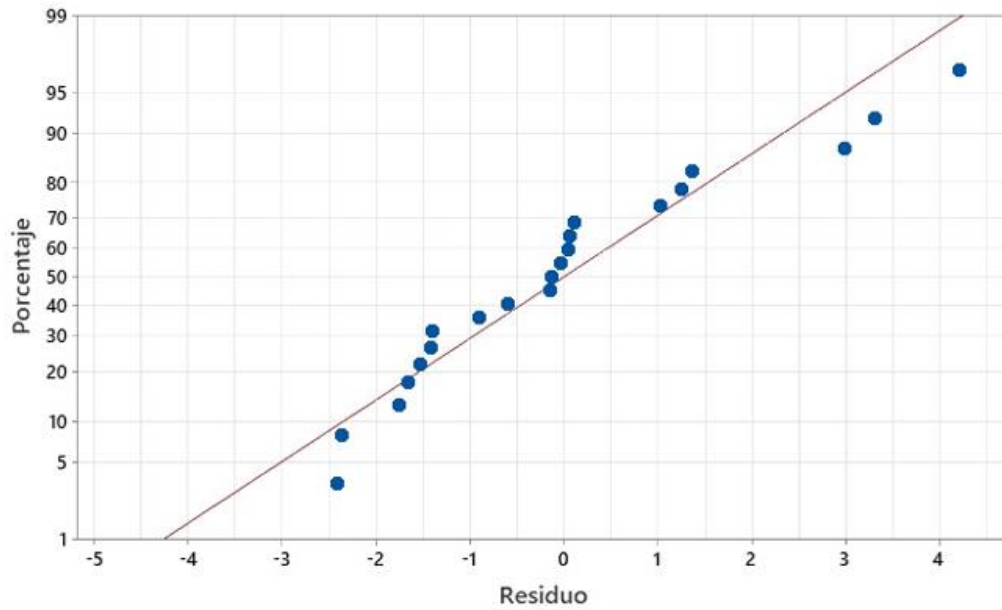
Ch= Concentración de cáscara de haba

Ct= Concentración de trigo

En las siguientes gráficas se evidencia la verificación de los supuestos del modelo esto con el fin de comprobar que el ANOVA tenga validez, estos son: normalidad, varianza constante e independencia, es importante utilizar la muestra de residuos para comprobar que estos se cumplen (Gutiérrez, 2008).

Figura 8

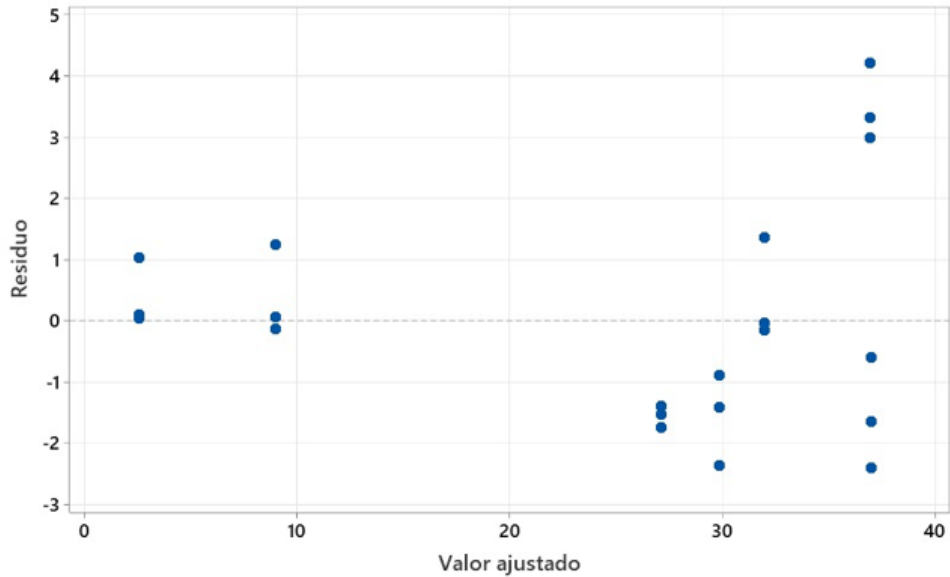
Gráfica de Probabilidad normal



En la gráfica 8 se observa el supuesto de normalidad de los residuos, esta representación X-Y se muestra una escala donde los residuos siguen una distribución normal, es importante destacar que, aunque los puntos se ajustan a una línea recta, este no es perfecto, ya que en un análisis de varianza puede presentar desviaciones moderadas del supuesto de normalidad, por lo tanto, se evidencia que el ANOVA se cumple en esta validación de los supuestos.

Figura 9

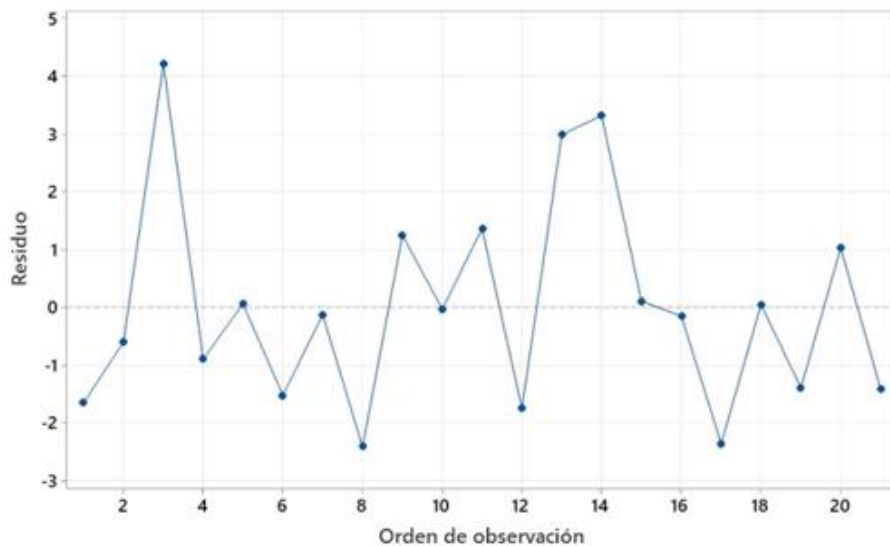
Gráfica de varianza constante



En la figura 9 se observa el valor ajustado en función de los residuos, lo que permite evidenciar que los puntos se dispersan de forma aleatoria, sin ningún patrón claro, esta distribución aleatoria evidencia que se satisface el supuesto de varianza constante en el análisis. Ya que la ausencia de un patrón definido en la dispersión de los puntos confirma la variabilidad de los errores y que el supuesto de varianza constante se cumple.

Figura 10

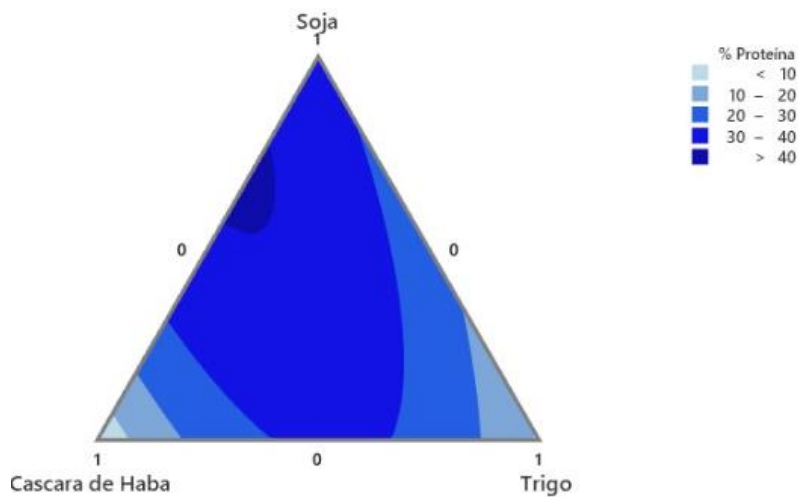
Gráfica de independencia



Al analizar la gráfica de dispersión tipo X-Y para la verificación de independencia, se representa el orden de observación (orden de corrida) en el eje horizontal y los residuos en el eje vertical, que al observar la gráfica se evidencia que no existe un patrón, es decir, que la distribución de los residuos en relación con el orden de las observaciones no existe ninguna tendencia clara, ya que los puntos se dispersan de manera aleatoria indicando que se cumple el supuesto de independencia.

Figura 11

Contorno de mezclas para % de proteínas (Cantidad de los componentes)



En la figura 11 se observa la gráfica de la superficie de respuesta, donde se aprecia claramente que el porcentaje de la proteína más bajo se logra en mezclas con trigo o en mezclas donde este componente predomina, esto indica que existe una mayor influencia en las mezclas con torta de soja y harina de cáscara de haba, esta última se utilizó para verificar el mejor porcentaje de proteína. La región de deseabilidad se encuentra con una inclinación mejor de la torta de soja y la cáscara de haba, también se evidencia que los mejores resultados se encuentran en una mezcla que no contiene trigo, pero que tiene una mayor concentración de soja.

Tabla 18*Solución global del diseño de mezclas*

Optimización de respuesta		
Componente	Solución para la harina%	Solución para concentrado%
Torta de Soja	0,676767	0,578026695
Cáscara de haba	0,323232	0,276072451
Torta de Trigo	0	0
TOTAL	1	0,8541

Se obtuvieron los resultados que se presentan en la tabla 18 donde se evidencia la optimización de respuesta del diseño de mezcla, para los valores de 0,676767 - 0,323232 - 0, de torta de soya, cáscara de haba y torta de trigo respectivamente, teniendo en cuenta que en la formulación optimizada estas harinas deben tener un peso porcentual de 85,41 (%m/m).

En este estudio se analizó el comportamiento de mezclas formulada sin restricciones entre sí, lo que significa que ninguna de ellas tuvo una limitación en cuanto a su presencia, permitiendo que todas pudieran estar presentes en la mezcla en cualquier proporción, desde 0 hasta 100%. Además, se observó que, al no incluir la torta de trigo en la formulación, la mezcla cumplió con el porcentaje mínimo de proteína del 18%, lo que sugiere que la omisión de esta materia prima no afectó negativamente la composición nutricional de la formulación.

Tabla 19*Comparación de estimado de diseño y el valor experimental*

Muestra	Variable	Estimado del D. E	Valor Experimental	%Error del modelo
1	Proteína	40,95	38,40	6,2

En la tabla 19, se evidencia que en el diseño de mezclas se obtuvo como solución óptima el 40,95 al incluir la torta de soja y cáscara de haba en la formulación, con ello se evidencia que el valor experimental de esta investigación dio como resultado 38,40, teniendo, así como porcentaje de error del modelo un 6,2%, valor aceptando en el margen de error.

Tabla 20

Porcentaje de la mezcla optima, con los parámetros requeridos de acuerdo a la norma 1839.

Parámetro	% Mezcla experimental	% Mezcla según NTC 1839
Proteína	38,40	Min 18
Fibra	9,00	Max 07
Grasa	10,48	Min 03
Humedad	8,00	Max 13
Ceniza	6,00	Max 09

Nota: Se evidencia el porcentaje obtenido de la mezcla del concentrado de 3 repeticiones para cada uno de los parámetros

Los valores que se evidencian en la tabla 20 de proteína, fibra, grasa, humedad y cenizas, se obtuvieron de acuerdo a la solución global del diseño de mezclas de la tabla 18, incluyendo los demás ingredientes que fueron aceite vegetal, lisina, fosfórico, carbonato de calcio, sal común y premezcla para cerdos.

De acuerdo con los requisitos específicos, el alimento completo para cerdos debe cumplir con la composición registrada y garantizada de proteína, grasa, cenizas, fibra y humedad, con el fin de garantizar un producto de calidad para satisfacer los requerimientos nutricionales de los porcinos, de acuerdo a la edad y propósito que se requiere, para este caso porcinos de levante, de acuerdo a la NTC 1839 (Icontec, 2019)

En la tabla 20 se pueden observar los porcentajes mínimos y máximos estipulados para cada uno de los parámetros del concentrado, los cuales se cumplen en su mayoría, con la excepción de las grasas, las cuales están elevadas en un 7,48% de acuerdo al mínimo de la norma, lo anterior sugiere que, en una formulación posterior, se debería reducir la cantidad de aceite vegetal utilizado en la mezcla. Además, es importante señalar que no se utilizó el aceite adecuado debido a un tema de costos y se utilizó un aceite vegetal de girasol la cual no es la mejor opción, Para los porcinos de levante, la grasa es una fuente concentrada de energía la cual desempeña un papel muy importante que es la absorción de vitaminas liposolubles, en esta investigación el contenido de

grasa fue de 10,47% que supera el mínimo requerido de 3%, esto podría provocar problemas de salud ya que para esta etapa la grasa en altas cantidades no es lo más recomendable, sin embargo, si es un factor requerido para su crecimiento (Cromwell, 2015).

La proteína, principal fuente de nutrientes para este caso, estimo en un porcentaje de 38,40 experimentalmente, lo que indica un valor significativamente superior al mínimo requerido del 18%, con ello se evidencia que de acuerdo a los requerimientos establecidos por la NTC 1839 se encuentra en un valor aceptable y puede considerarse una fuente rica en proteínas, lo que beneficia la nutrición y crecimiento de los porcinos de levante (Nutrinews, 2022). Por otra parte, la fibra dietética, es muy importante en la salud digestiva, teniendo en cuenta que el contenido de fibra obtenido experimentalmente fue de 9%, este se encuentra ligeramente por encima del límite máximo del 7% establecido por la norma, sin embargo, no representa un problema significativo.

Por otra parte, la humedad, que es un factor importante en la vida útil de los alimentos, ya que un contenido alto implica un mayor crecimiento de microorganismos y puede causar el deterioro del alimento, el contenido del 8% está dentro del rango que se establece y sugiere en la norma, lo que ayuda a tener una buena estabilidad del producto. Finalmente, las cenizas proporcionan información sobre el contenido de minerales como, por ejemplo, calcio, fósforo entre otros, para esta investigación el contenido de ceniza fue de 6% que se encuentra por debajo del máximo permitido, que evidencia un bajo contenido de minerales inorgánicos (Cromwell, 2015).

La nutrición adecuada durante la etapa de levante es necesaria para el desarrollo óptimo de los porcinos, sin embargo, de acuerdo a la pregunta problema establecida en esta investigación la harina de cáscara de haba, aunque es una alternativa en fuente proteica, presenta ciertas limitaciones que cuestionan un reemplazo como ingrediente principal en concentrados de levante porcinos, ya que la composición de esta, muestra niveles bajos en comparaciones con materias primas tradicionales, por esta razón es importante buscar alternativas para incorporar otras fuentes proteicas que mejoren la formulación del concentrado. Lo anterior evidenciándose en la caracterización bromatológica de la cáscara de haba y luego en su proceso de liofilización.

3. Conclusiones

En los resultados derivados de la caracterización bromatológica y de los componentes fisicoquímicos de los residuos de cáscara de haba, revelaron valores significativos en comparación con otras fuentes revisadas durante la discusión. El porcentaje de proteína determinado 5,03 se encuentra dentro de los rangos identificados en investigaciones previas que emplean materias primas similares. Sin embargo, es importante tener en cuenta la diversidad de metodologías utilizadas en las investigaciones realizadas por otros autores, lo cual puede inducir a variaciones en los resultados obtenidos.

El método de liofilización, aunque disminuye el nivel de proteína final en la harina en 1,31%, es un proceso necesario para la obtención de la harina, y, se concluye que, hasta el momento, por tiempo y costo Vs. Porcentaje de proteína y humedad, el tiempo óptimo de proceso a utilizar es de (24 horas).

La cáscara de haba presenta ventajas en comparación con el trigo, dado que, al ser un subproducto, tiene oportunidades para ser implementado y reemplazado como cualquier otro ingrediente, este aspecto lo convierte en un residuo como un valor agregado en diferentes procesos alimentarios.

El diseño de mezclas implementado para la formular el concentrado de levante porcino a partir de ingredientes como torta de soja, torta de trigo, y cáscara de haba, permitió determinar el porcentaje óptimo de proteína, así mismo garantizando que se cumplan los estándares mínimos de proteína de 18% según la norma NTC 1839.

Los resultados de esta investigación respaldan la idea de que el liofilizador es un método de conservación menos agresivo en comparación con otros métodos que implican altas temperaturas, teniendo en cuenta que este método preserva las propiedades nutricionales de los alimentos de manera más efectiva

Con base en los resultados de la investigación, es importante aprovechar los subproductos generados por la industria alimentaria para desarrollar nuevos productos destinados al consumo humano o animal, esto se fundamenta en la composición nutricional y las propiedades identificadas en estos subproductos. Además de incentivar el uso de la cáscara de haba, dado que la legumbre de haba se encuentra en diversidad en la región.

Recomendaciones

Se recomienda realizar análisis continuos de las propiedades fisicoquímicas de la mezcla de concentrado y compáralas con los estándares de la NTC 1839, para garantizar la conformidad con las regulaciones vigentes y calidad del producto

Es importante realizar estudios que analicen los efectos a largo plazo de esta formulación de concentrado en la alimentación animal, para evaluar aspectos como la salud, el rendimiento de los porcinos y así mismo la aceptación en el mercado.

Considerar la posibilidad de escalar el proceso de formulación del concentrado a nivel industrial, para así evaluar la viabilidad técnica y económica a gran escala para maximizar este proceso.

Evaluar otros métodos de secado, como una alternativa más económica al método de liofilización, considerando los costos operativos, al igual que la eficiencia del proceso para obtener una buena calidad del producto y teniendo en cuenta los requerimientos establecidos por la NTC 1839.

Referencias bibliográficas

- Aguiar, S., Chicaiza, E., Santana, D., y Caicedo, W. (2019). Composición química de subproductos agroindustriales destinados para la alimentación de cerdos
<https://www.eumed.net>
- Aguilera, G.,(2009). Harinas de leguminosas deshidratadas: Caracterización Nutricional y Valoración de sus Propiedades Tecno-Funcionales. Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Química Agrícola. <http://hdl.handle.net/10486/4180>
- Alan, N. y Cortez, S. (2017). *Procesos y fundamentos de la investigación científica*. Editorial UTMACH. <http://repositorio.utmachala.edu.ec>
- Alcaldía de Pasto. (2020). Información general – Pasto – Nariño – Colombia. Pasto la gran capital – Alcaldía municipal.
- Alegre, A. y Asmat, R. (2016). Sustitución parcial de la harina de trigo por harina de haba (Vicia Faba), en la elaboración de galletas fortificadas usando panela como edulcorante. Universidad Nacional de Santa. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/2630>
- Aqua Feed International. (2023). BENEIO amplía su cartera de nutrición animal con ingredientes de habas. <https://aquafeed.co/entrada/beneio-amplia-su-cartera-de-nutricion-animal-con-ingredientes-de-habas-55754>
- Arcila, J. (2022). Obtención de harina Micro-Pulverizada a partir de cascarilla de soja como subproducto de la extracción de aceite de soja (*Glycine max*). Universidad Nacional abierta y a distancia. Ingeniería de Alimentos. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/49779>
- Atanasovski, R. (2018). El desperdicio de comida, una oportunidad para acabar con el hambre. Naciones Unidas (ONU). <https://news.un.org/es/story/2018/10/1443382>.

- Agro Feed. (2017). Sal común, principales aplicaciones. <http://www.agrofeed.cl/producto/sal-comun/>
- Box, J. (2014). El cultivo de las habas. <https://www.tecnicoagricola.es/el-cultivo-de-las-habas/>
- Bfr Ingredientes. (2022). Fuentes de proteína en la Nutrición Animal: usos y tendencias. <https://www.brfindredients.com/es/blog/posts/fuentes-proteina-nutricion-animal-usos-tendencias/>
- Calle, R. y Aparicio, J. (2011). Diseño de una planta de deshidratación de hierbas aromáticas. www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16919final.pdf
- Cano, O. (2014). Tipos de secado. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle>.
- Chanquilla, Q., Baladrán, Q., Mendoza, W., Mercado, R. (2018). Propiedades y posibles aplicaciones de las propiedades de salvado de trigo. <https://www.scielo.org.mx/pdf/cuat/v12n2/2007-7858-cuat-12-02-137.pdf>
- Carrillo, M. y Reyes, A. (2013). Vida útil de los alimentos. Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias, 2(3), 20-21. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5063620.pdf>.
- Catalana B. (2015). Conceptos básicos sobre la liofilización: proceso, ventajas y aplicaciones. Restauración colectiva. <https://www.ub.edu/talq/es/node/261>
- Cedeño, J. y Zambrano, J. (2014). Cáscaras de piña y mango deshidratadas como fuente de fibra dietética en producción de galletas (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/439/1/TESIS%20GALLETAS.pdf>

- CEUPE. (2016). La deshidratación de los alimentos. *Ceupe*. <https://www.ceupe.com/blog/que-es-la-deshidratacion-de-los-alimentos.html#:~:text=La%20deshidrataci%C3%B3n%20es%20un%20procedimiento,como%20secado%2C%20desecado%20e%20hidrataci%C3%B3n.>
- Contreras-Márquez, D., Quintero-Pardo, J., Correa-Rojas, E., Canchila-Asencio, E., y Gutiérrez-Zocadagui, H. (2020). Consumo de fragmentos proteicos y digestibilidad de proteína en dietas suministradas a bovinos Chino Santandereano. *Revista MVZ Cordoba*, 25(3). <https://doi.org/10.21897/RMVZ.1876>
- Cordero, H., Valdés, H., Paneque, R., y Fernández, G. (2020). Revisión sobre el mezclado de productos en la fabricación de piensos y conglomerados. *Revista Ingeniería Agrícola*. Vol.10, núm.4
- Comunidad profesional porcina. (2020). Aceites vegetales como fuente lipídica para mejorar el crecimiento en lechones https://www.3tres3.com/latam/abstracts/aceites-vegetales-para-mejorar-el-crecimiento-en-lechones_7096/
- Cromwell, G. (2015). Requerimientos nutricionales de los cerdos. Manual Merck. Departamento de Ciencias Animales y Alimentarias. Universidad de Kentucky. <https://www.merckvetmanual.com/management-and-nutrition/nutrition-pigs/nutritional-requirements-of-pigs>
- Cury R, K., Aguas M, Y., Martínez M, A., Olivero V, R., y Chams Ch, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 9(S1), 122–132. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.ns.2017.530>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. DANE. (2013). Levante y ceba de cerdos: etapas de una industria en continuo crecimiento. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_dic_2013.pdf

- Díez, A.D. (2022). Veterinaria Digital, Todo sobre medicina veterinaria y producción animal. El sector porcino en Colombia. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/el-sector-porcino-en-colombia/>
- Elías. C; Ocaña. H., y Ortiz M. (2020). Modelado del proceso de transferencia de calor y masa durante el secado por convección de frutas. Universidad de Piura. <https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/f709367b-463c-4978-a5e6-fa95ef602de8/content>
- Empresa metropolitana de aseo de Pasto. EMAS. (2023). Parámetros y costos unitarios de valor base de residuos aprovechables.
- Fernández, M. (2014). Diseño unifactorial con covariable. Universidad de Almeria. Escuela politécnica superior y facultad de ciencias experimentales. <http://hdl.handle.net/10835/3510>
- García, H. (2011). Principios básicos del secado artificial de forrajes. Biblioteca agropecuaria de Colombia (ICA). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/23413>
- García, A. (2015). Utilización de la harina de cáscara de haba en la alimentación humana. *Revisión de Nutrición*, 25(2),15-25.
- García, L., Rodríguez, M., y Gonzales, A. (2021). Composición nutricional de la harina de cáscara de haba y su inclusión en la alimentación de animales. *Revista de ciencias Animal*, 41(2), 67-78.
- Gidolquim. (2014). Técnicas y operaciones avanzadas en el laboratorio químico (TALQ). Tema 4. El proceso de la liofilización. Universidad de Barcelona. <https://www.restauracioncolectiva.com>

- Gómez-Soto, J. A., Sánchez-Toro, O. J., y Matallana-Pérez, L. G. (2019). Urban, Agricultural and Livestock Residues in the Context of Biorefineries. *Revista Facultad de Ingeniería*, 28(53), 7–32. <https://doi.org/10.19053/01211129.V28.N53.2019.9705>
- Google. Maps. (2023). <https://www.google.com.co/maps>
- Global Feed. (2017). Fosfato Bicálcico. Materia prima para nutrición animal procedente de sustancias minerales. [www. Globalfeed.es](http://www.Globalfeed.es)
- Granada, T. y Prada, M. (2015). Caracterización de lixiviado agroecológico a partir de residuos orgánicos de cultivo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(2), 169-182. <https://doi.org/10.22490/21456453.1414>
- Grandez, N. (2018). Caracterización nutricional de once variedades de residuos de cosecha en la región amazonas. <https://hdl.handle.net/20.500.14077/1636>
- Guevara, J. (2021). Efecto de la adición de harinas no convencionales para la producción y enriquecimiento de productos cárnicos. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32590>
- Gutiérrez, P.H. y De la Vara, S.R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. Segunda edición.
- Henao, E., Martínez, J., Posada, L., Uribe, M., Jiménez, C., García, L. (2020). Caracterización de fibra a partir de la vaina del frijol Phaseolus Vulgari Cranberry Grupo generado como residuo de la industria alimentaria del Oriente Antioqueño. *Encuentro SENNOVA del Oriente Antioqueño*, 6(1). <https://doi.org/10.23850/22565035.3047>
- Hernández-Bolívar, G. M., Matute-Sapuyisky, I., Araujo-González, M. A., Moreno-Hernández, D. A., Ramírez-Alfonzo, L. J., Linares-Padrón, H. Z., Arvelález, Y. M., Loaiza-González, J. C., Monsalve, J., y Palma, M. J. (2015). Valor nutricional de la harina de haba (Vicia

haba L.) en la alimentación de alevines de coporo (*Prochilodus mariae*). *Revista Científica*, XXV(3), 255-259.

Hernández, L.M. (2020). Serie de estudios sectoriales. Alimentos Concentrados. Unidad de estudios Económico. Bolsa Mercantil de Colombia.
<https://www.bolsamercantil.com.co/sites/default/files/202207/Estudio%20sector%20alimentos%20concentrados.pdf>

Hincapié Llanos, G. A., Omaña Yañez, M. M., Hincapié Llanos, C. A., Arias Gómez, Z., & Vélez Acosta, L. M. (2010). Efecto de la temperatura de secado sobre las propiedades funcionales de la fibra dietaria presente en la citropulpa. *Revista Lasallista de Investigación*, 7(2), 85-93. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69519014010.pdf>

Hilgedick, A. (2022). Introducción a la liofilización. Labconco
<https://www.labconco.com/articles/introduccion-a-la-liofilizacion>

Hurtado, V., Nobre, R. y Chiquieri, J. (2011). Rendimiento de cerdos alimentados con raciones conteniendo subproductos de arroz, durante la fase de crecimiento.
<http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v16n1/v16n1a13.pdf>

Icontec. (2019). Norma técnica colombiana 1839. Alimento para animales. Alimento completo para cerdos.

Icontec. (2022). Norma técnica colombiana 4657. Alimento para animales. Determinación de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína Kjeldahl.

Icontec. (2022). Norma técnica colombiana 4888. Alimento para animales. Determinación del contenido de humedad y material volátil

Icontec. (2022). Norma técnica colombiana 5122. Alimento para animales. Determinación del contenido de fibra cruda.

- Icontec. (2022). Norma técnica colombiana 4969. Alimento para animales. Determinación del contenido de grasa
- Iranshahi, K., Onwude, D., Martynenko, A. y Defraeye, T. (2022). Dehydration mechanisms in electrohydrodynamic drying of plant-based foods. *Food and Bioproducts Processing*, 131, 202–216. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2021.11.009>
- Ivarsson, E., Grudén, M., Södergren, J., y Hultberg, M. (2021). Use of faba bean (*Vicia faba* L.) hulls as substrate for *Pleurotus ostreatus* – Potential for combined mushroom and feed production. *Journal of Cleaner Production*, 313. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127969>
- Italcol. (2023). Línea materias primas. <https://italcol.com/producto/torta-de-soja/>
- Li, L., Zhang, M., Bhandari, B. (2019). Influence of drying methods on some physicochemical, functional and pasting. *LWT*. Vol 111, pag. 182-189 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.034>
- Kalbaran, T. y Ozdemir, M. (2023). Impacts of microwave and freeze-drying methods on drying kinetics, physicochemical properties and antioxidant activity of pine nut (*Pinus pinea* L.) Heat and Mass Transfer. *doi:10.1007/s00231-023-03426-z*
- Kaushalya, n., Withanage, M., Wijesinghe, W. (2023). Assessment of functional properties of Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) seed flour: A comparison of hot-air-drying and freeze-drying methods.
- Lira, M. (2010). Análisis y aplicación de las expresiones del contenido de humedad en sólidos. Centro Nacional de Metrología, 1-6. <https://www.cenam.mx/sm2010/info/pviernes/sm2010-vp01b.pdf>

- Mahecha, G., Rodríguez, M. y Sandoval, R. (2010). Evaluación del secado de perejil aplicando técnicas de deshidratación osmótica como pretratamiento. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v63n2/a22v63n01.pdf>
- Martinello, A. (2015). Modelado del secado de granos en lecho fijo a bajas temperaturas de aire. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46980/Documento_completo.
- Márquez, B. (2014). “Cenizas y Grasas” “teoría del muestreo” “Refrigeración y congelación de alimentos: terminología, definiciones y explicaciones” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional De San Agustín, Arequipa, Perú. Recuperado de <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e8bd5b97-f205-4b7e-bcd6-b34d7ab4fbe2/content>
- Martínez, A. (2017). Aprovechamiento de los residuos de la cáscara de (*vivía faba*) mediante el cultivo del hongo pleurotus ostreatus. Escuela superior politécnica de Chimborazo. Riobamba. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/7035>
- Martínez, E., Riojas, G., Rendón, M. (2017). Significancia clínica sobre la significancia estadística. Como interpretar los intervalos de confianza a 95%. *Rev. alerg. Méx.* vol.64 no.4 Ciudad de México oct./dic. 2017. <https://doi.org/10.29262/ram.v64i4.334>
- Mena, S. (2016). Estadio de la deshidratación osmótica del zapallo (*Curcubita máxima*) http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14343/1/66086_1.pdf
- Minitab. (2019). Comprensión de análisis de varianza (ANOVA) y la prueba F. Análisis de datos, estadística. <https://blog.minitab.com/es/comprension-del-analisis-de-varianza-anova-y-la-prueba-f>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2017). Evaluaciones Agropecuarias Municipales. <https://www.agronet.gov.co>

- Ministerio de agricultura y Desarrollo Rural. (2020). Cadena cárnica Porcina. Dirección de cadenas pecuarias, pesqueras y acuícolas. <https://sioc.minagricultura.gov.co>
- Ministerio de agricultura y desarrollo rural, Madr. (2021). Área, producción, rendimiento y participación municipal de haba.
www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=4
- Morales, M. (2014). Obtención de un polvo instantáneo por atomización a partir del extracto de la cáscara del haba (*vicia faba*) tostada. (Tesis pregrado). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho-Perú.
<https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/930>
- Mosquera, E., Ayala, A. y Serna, L. (2019). Ultrasonido y Deshidratación Osmótica como Pretratamientos a la Liofilización de Melón (*Cucumis melo* L.). Información tecnológica.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000300179>
- Molina, A. (2017). ¿Qué significa realmente el valor de p?. *Rev Pediatr Aten Primaria* vol.19 no.76 Madrid oct./dic. 2017
https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322017000500014
- Multari, S., Stewart, D. y Russell, W. R. (2015). Potential of Fava Bean as Future Protein Supply to Partially Replace Meat Intake in the Human Diet. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(5), 511–522. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12146>
- Nieto, D.F., Lagos, B.E., A, A.Y., Rincón, C.E. (2020). Productividad de vacas lecheras suplementadas con ensilaje de haba alpargata o remolacha forrajera.vol.31, n.2, pp.341-351. ISSN 2215-3608. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v31i2.37806>.
- Ni, Q., Ranawana, V., Hayes, H., Hayward, N., Stead, D y Raikos, V. (2020). Addition of Broad Bean Hull to Wheat Flour for the Development of High-Fiber Bread: Effects on Physical and Nutritional Properties. *Foods*. 9(9), 1192. DOI: [10.3390/foods9091192](https://doi.org/10.3390/foods9091192)

Narváez, T.O., Villegas, S.L. (2014). Introducción a la investigación: guía interactiva. Recursos didácticos 1. Universidad Veracruzana. Biblioteca Digital de Humanidades.

Nutritec. (2020). Nutritec. S.A.S. Tecnología y calidad. Cerdos vitaminas minerales nutritec. <https://nutritec.com.co/portal/producto/cerdos-vitaminas-minerales-nutritec-saco-x-25kg/>

Nutrinews. (2022). Niveles de proteína en dietas para cerdos. ¿Cuál es su influencia? <https://nutrinews.com/en/protein-levels-in-pig-diets-what-is-its-influence/>

Ocampo, A., y Sánchez, H. (2020). Industria de alimento balanceado. Análisis contegral S.A.A. <https://repository.unilibre.edu.co>.

Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura FAO. (2011). Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo. <https://acortar.link/K5LQ1R>

Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura FAO. (2013). Macronutrientes: Carbohidratos, grasas y proteínas. <https://www.fao.org/3/w0073s/W0073S01.pdf>

Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura. (2022). Nutrición y alimentación

Organización de las Naciones Unidas. (2023). Objetivo de desarrollo sostenible. Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>

Peñafie, C., Contreras, E., Obregón, A. y Yuli, R.A. (2015). Aplicación del Método de diseño de mezclas en la formulación de un alimento para perros. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. DOI: <http://dx.doi.org/10.18259/acs.2015040>

- Sayer, J. (2014). El lado oscuro del trigo- nuevas perspectivas sobre las enfermedades celiaca y la intolerancia al trigo. <https://greenmedinfo.com/search/google>.
- Sánchez, D., Gonzales, C., Soletto, B. y García, C. (2020). Evaluación fenotípica de semillas de haba (*vicia faba L*) colectadas en Nariño, Colombia. DOI: 10.31910/rudca.v24.n2.2021.1874
- Serpa, B. (2015). Eficiencia de crecimiento del hongo *Trichoderma Harzianum* Rifai para la producción de bioplaguicida, aprovechando el residuo agroindustrial de cáscara de haba (*vicia faba l.*) (Tesis de pregrado). Escuela superior de Chimborazo. www.dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4864/1/236T0167.pdf
- Serrano-Sandoval, S., Guardado-Félix, D. y Gutiérrez-Urbe, J. (2019). Changes in digestibility of proteins from chickpeas (*Cicer arietinum L.*) germinated in presence of selenium and antioxidant capacity of hydrolysates. *Food Chemistry*, 285, 290–295. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.137>
- Sikosska, J. (2020). La lisina y sus aplicaciones en nutrición animal. Foodcom. <https://foodcom.pl/es/la-lisina-y-sus-aplicaciones-en-nutricion-animal/>
- Sharan, S., Zotzelc, J., Stadtmullerc, J., Bonerzc, Da., Aschofc, J., Olsen, K., Rinnan, A., Eva, A. y Orlien, V. (2021). Effect of industrial process conditions of fava bean (*Vicia faba L.*) concentrates on physico-chemical and functional properties. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103142>
- Solla. (2023). Nutrición Animal. Alimentos balanceados para animales, Chanchitos. <https://www.solla.com/product/chanchitos/>
- Smith L., Houdijk J, Homer D. y Kyriazakis I. 2013. Efectos de la inclusión en la dieta de guisantes y habas como reemplazo de la harina de soja en el rendimiento de cerdos en crecimiento y finalización y en la calidad de la canal

- Suárez, H., Barrera, Z. y Forero, S.F. (2016). Evaluación de alternativas de secado en el proceso de elaboración de harina de lombriz. Artículo de Investigación. Transformación y agroindustria. <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v17n1/v17n1a06.pdf>
- Sustrino, A., Dwi, R., Sugiyati, N., Domas. (2023). Effect of the soybean husk and carrot flour addition on the physicochemical and sensory properties of dry noodles. *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian* 28(2):76, DOI:10.23960/jtihp.v28i2.76-89
- Vásquez, O. D., Hincapié L. G., Cardona, M., Jaramillo, D. I., y Vélez Acosta, L. (2017). Formulación de una colada empleando harina de Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis* L.) proveniente del proceso de obtención de aceite. *Perspectivas en Nutrición Humana. Revista UdeA* doi: 10.17533/udea.penh.v19n2a04
- Valentín, T. (2019). Mezclado de alimentos para cerdos. *Porcicultura*.
<https://www.porcicultura.com/destacado/Mezclado-de-alimento-para-cerdos>.
- Valencia, Z., y Montoya, G. (2021). Harinas no convencionales con alto contenido proteico elaboradas a partir de legumbres y sus aplicaciones en la industria de alimentos: Revisión Bibliográfica. Universidad del Valle.
<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/entities/publication/b9e14dda-278e-45ea-a9f9-2c9c1a42d031>
- Vázquez, B., Dzul, C. y García, V. (2023). Propiedades fisicoquímicas de la cáscara de garbanzo y las gomas de salvado de maíz. *Revista de alimentación y Agricultura de los Emiratos*. DOI:10.9755/ejfa.2023.v35.i1.2988
- Vera, R., Vélez, P. (2012). Adición de carbonato de calcio en la dieta para mejorar parámetros productivos en ponedoras isa Brown fase 1. (Tesis pregrado). Escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí, Manuel Félix López.
<https://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/518/1/TMV57.pdf>

Vílchez Túpac, M., Guevara Pérez, A., & Encina Zelada, C. R. (2012). Influencia del tamaño de partícula, humedad y temperatura en el grado de gelatinización durante el proceso de extrusión de maca (*Lepidium meyenii* Walp). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 78(2), 126-137. Recuperado en 16 de abril de 2024, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2012000200007&lng=es&tlng=es.

Vioque, J., Alaiz, M., y Girón-Calle, J. (2012). Nutritional and functional properties of Vicia faba protein isolates and related fractions. *Food Chemistry*, 132(1), 67–72. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.033>

Villena, J. (2022). Perfil Nutricional de la vaina del haba (Vicia Faba) y propiedades tecno funcionales de su harina. Trabajo de Master. Universidad Politécnica de Valencia. <https://m.riunet.upv.es/handle/10251/197563>

Volta. (2019). Medio Ambiente. Residuos orgánicos: Que son, como tratarlos. <https://www.voltachile.cl/residuos-organicos/>

Yépez, M. (2023). Guía de granja. Fórmula para preparar alimento para cerdos. <https://guiadegranja.com/>

ANEXOS

Anexo A. Cronograma

Obj.	Actividades	Meses												
		Febr	Mar	Abr	May	Jun	Ago	Sep	Oct	Nov	Feb	Mar	Abril	May
1	H1: Avance del primer objetivo													
	1 Revisión bibliográfica general													
	2 Caracterización de componentes de proteína, fibra, grasa.													
	3 Caracterización de propiedades de humedad y ceniza.													
	Análisis de resultados													
2	H2: Avance del segundo objetivo													
	4 Revisión de bibliografía de las condiciones de liofilizado													
	5 Establecer las condiciones del proceso de liofilizado para el diseño experimental													
	6 Liofilizado de la cascara de haba													
	7 Caracterización bromatologica de la harina de cáscara de haba liofilizada													
	8 Pulverizado (molienda, tamizado)													
3	Análisis de resultados													
	H3: Elaboración de informe final													
	9 Fomulación del concentrado de levante porcino													
	10 Diseño de mezcla de la harina de cáscara de haba con los respectivos ingredientes de concentrado de levante porcino													
	11 Analizar la mezcla de concentrado de levante porcino de acuerdo a la normativa 1839													
	12 Redacción artículo científico													

Anexo B. Presupuesto

Rubro	Cantidad(mensual)	Costo unitario (\$)	Costo Mensual (\$)	Costo Total (\$)
Recursos Tecnológicos				
Transporte (Ruta)	24	\$ 2.300,00	\$ 55.200,00	\$ 717.600,00
Internet (Mes)	1	\$ 65.000,00	\$ 65.000,00	\$ 845.000,00
Energía Eléctrica (kW/h)	24	\$ 533,70	\$ 12.808,80	\$ 166.514,40
Recursos Humanos				
Tiempo-estudiante (horas)	24	\$ 5.419,19	\$ 130.060,60	\$ 1.690.787,80
Tiempo-Asesoría (horas)	4	\$ 30.000,00	\$ 120.000,00	\$ 1.560.000,00
Tiempo-Asesoría complementaria (horas)	4	\$ 30.000,00	\$ 120.000,00	\$ 1.560.000,00
Recursos Físicos				
Uso de laboratorio (laboratorio de fisicoquímica)	8	\$ 100.000,00	\$ 800.000,00	\$ 5.600.000,00
Materia prima (Transporte)	6	\$ 2.500,00	\$ 15.000,00	\$ 45.000,00
Reactivos (Acido clorhídrico o ácido sulfúrico, ácido bórico, hidróxido de sodio)	1	\$ 92.680,00	\$ 92.680,00	\$ 92.680,00
Costo Total de la Investigación (\$)				\$ 12.277.582,20

Anexo C. Determinación de proteína por el método Kjeldahl



Anexo D. Determinación de grasa por el método Soxhlet



Anexo E. Determinación de fibra



Anexo F. Atributos del diseño factor categórico individual.

Diseño Base

Número de factores experimentales: 1

Número de bloques: 1

Número de respuestas: 1

Número de corridas: 6

Grados de libertad para el error: 4

Aleatorizar: Si

<i>Factores</i>	<i>Niveles</i>	<i>Unidades</i>
Tiempo	2	Horas

<i>Respuestas</i>	<i>Unidades</i>
Proteína	%

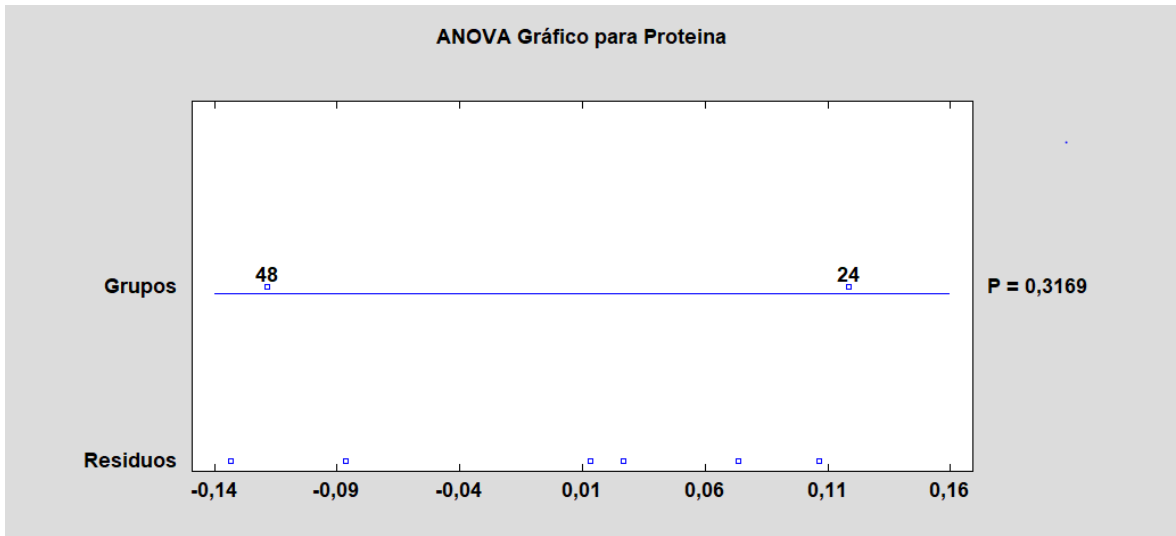
Anexo G. Resumen Estadístico para proteína del diseño unifactorial

<i>Tiempo</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
24	3	3,75333	0,122202	3,25583%	3,62	3,86	0,24
48	3	3,65667	0,080829	2,21046%	3,57	3,73	0,16
Total	6	3,705	0,106724	2,88054%	3,57	3,86	0,29

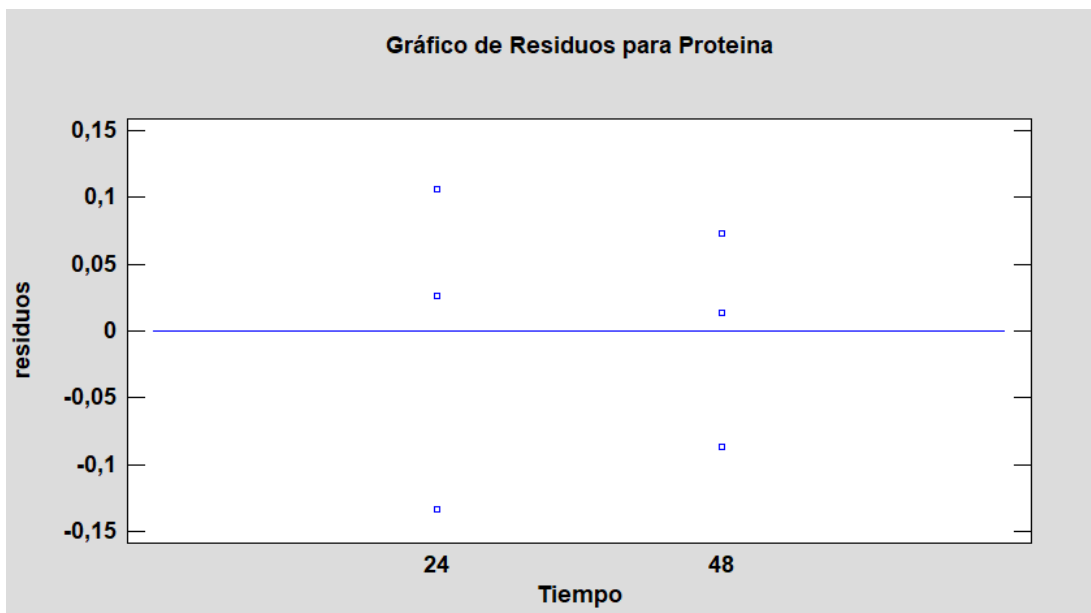
Anexo H. Tabla ANOVA para proteína por tiempo del diseño unifactorial

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,0140167	1	0,0140167	1,31	0,3169
Intra grupos	0,0429333	4	0,0107333		
Total (Corr.)	0,05695	5			

Anexo I. ANOVA gráfico para proteínas



Anexo J. Gráfico de residuos para proteína



Anexo K. Tabla de diseño (Aleatorizada)

Corrida	Tipo	A	B	C
1	-1	0,6667	0,1667	0,1667
2	-1	0,6667	0,1667	0,1667
3	0	0,3333	0,3333	0,3333
4	-1	0,1667	0,6667	0,1667
5	1	0,0000	0,0000	1,0000
6	-1	0,1667	0,1667	0,6667
7	1	0,0000	0,0000	1,0000
8	-1	0,6667	0,1667	0,1667
9	1	0,0000	0,0000	1,0000
10	1	1,0000	0,0000	0,0000
11	1	1,0000	0,0000	0,0000
12	-1	0,1667	0,1667	0,6667
13	0	0,3333	0,3333	0,3333
14	0	0,3333	0,3333	0,3333
15	1	0,0000	1,0000	0,0000
16	1	1,0000	0,0000	0,0000
17	-1	0,1667	0,6667	0,1667
18	1	0,0000	1,0000	0,0000
19	-1	0,1667	0,1667	0,6667
20	1	0,0000	1,0000	0,0000
21	-1	0,1667	0,6667	0,1667

Anexo L. Análisis de varianza para % proteína (proporciones del componente)

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	5	3364,45	3364,45	672,891	151,11	0,000
Lineal	2	1512,75	1432,65	716,325	160,86	0,000
Cuadrático	3	1851,70	1851,70	617,234	138,61	0,000
Soja*Cáscara de Haba	1	1509,47	167,79	167,794	37,68	0,000
Soja*Trigo	1	88,34	4,14	4,140	0,93	0,350
Cáscara de Haba*Trigo	1	253,89	253,89	253,889	57,02	0,000
Error residual	15	66,80	66,80	4,453		
Falta de ajuste	1	60,04	60,04	60,037	124,37	0,000
Error puro	14	6,76	6,76	0,483		
Total	20	3431,25				

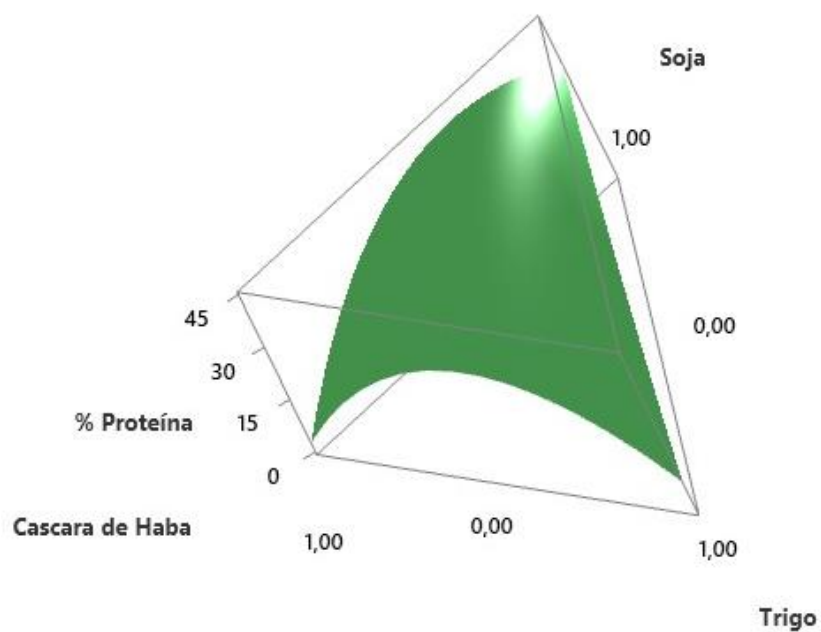
Anexo M. Coeficiente de regresión estimados para % proteína

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Soja	31,96	1,21	*	*	1,60
Cascara de Haba	2,59	1,21	*	*	1,60
Trigo	8,96	1,21	*	*	1,60
Soja*Cascara de Haba	84,5	13,8	6,14	0,000	4,83
Soja*Trigo	13,3	13,8	0,96	0,350	4,83
Cascara de Haba*Trigo	103,9	13,8	7,55	0,000	4,83

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	PRESS	R-cuadrado (pred)
2,11022	98,05%	97,40%	108,946	96,82%

Anexo N. Grafica de superficie de mezcla % Proteína



Anexo O. Mezcla de harinas y demás ingredientes para las 7 corridas del diseño de mezclas



Anexo P. Ingredientes para la mezcla del concentrado



Anexo Q. Evidencia de divulgación

