

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN EL CARMEN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**TRABAJO CAUSI EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIA**

**“Implementación de un sistema peletizador para producción de alimento de
origen vegetal para bovinos.”**

AUTOR: Edison Antonio Mendoza Mendieta

TUTOR: MVZ. David Napoleón Vera Bravo, Mg.

El Carmen, agosto del 2025

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A)	CÓDIGO: PAT-01-F-010
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO	REVISIÓN: 2
		Página XXXV de 48

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Extensión El Carmen de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante **Edisson Antonio Mendoza Mendieta**, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2025 (1), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **“Implementación de un sistema peletizador para producción de alimento de origen vegetal para bovinos”**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 8 de agosto del 2025.

Lo certifico,



MVZ. David Napoleón Vera Bravo, Mg.

Docente Tutor

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria



UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ EXTENSIÓN EN EL CARMEN

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

“Implementación de un sistema peletizador para producción de alimento de origen vegetal para bovinos.”

AUTORA: Edison Antonio Mendoza Mendieta

TUTOR: MVZ. David Napoleón Vera Bravo, Mg.

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIA**

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

MIEMBRO Ing. Tacurí Troya Elizabeth Telli, Mg.



MIEMBRO Ing. Cedeño Zambrano José Randy, Mg.



MIEMBRO Dr. López Mejía Francel Xavier PhD.



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Edison Antonio Mendoza Mendieta con cédula de ciudadanía 1727248872, estudiante de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Extensión El Carmen, de la Carrera Ingeniería Agropecuaria, declaro que soy autor de la tesis titulada **"Implementación de un sistema peletizador para producción de alimento de origen vegetal para bovinos"**, esta obra es original y no infringe derechos de propiedad intelectual. Asumo la responsabilidad total de su contenido y afirmo que todos los conceptos, ideas, textos y resultados que no son de mi autoría, están debidamente citados y referenciados

Atentamente,



Edisson Antonio Mendoza Mendieta

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con profundo amor y gratitud:

A mis padres, por ser el reflejo de esfuerzo, humildad y dedicación. Su apoyo incondicional y sus valiosas enseñanzas han sido el pilar fundamental de cada uno de mis logros.

A los agricultores y ganaderos de nuestra tierra, cuyo trabajo silencioso y perseverante hace posible la producción de alimentos y el desarrollo del campo. Esta tesis es también un homenaje a su incansable labor.

A mis docentes, por compartir sus conocimientos con entrega y pasión, y por sembrar en mí la motivación de continuar formándome en el ámbito agropecuario.

A quienes confiaron en mí incluso en los momentos más difíciles, y me alentaron a seguir adelante. Gracias por acompañarme en este camino.

Con respeto y esperanza en la construcción de un futuro rural más justo, digno y sostenible.

Edisson

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios, por haberme concedido la salud, la sabiduría y la fortaleza necesarias para culminar esta etapa académica. Su guía ha sido fundamental en cada paso de este camino. A mis padres, por su amor incondicional, sus sacrificios constantes y su apoyo tanto emocional como económico. Gracias por inculcarme el valor del esfuerzo, la responsabilidad y la perseverancia. Este logro también es de ustedes.

A mis docentes y tutores del programa de estudios agropecuarios, por su orientación comprometida, su paciencia y la calidad de su enseñanza. Sus conocimientos y consejos han sido clave en mi formación profesional y en la elaboración de este trabajo. A mis compañeros de carrera, con quienes compartí jornadas de estudio, prácticas de campo y experiencias que marcaron mi vida académica. Gracias por su amistad y compañerismo. A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente, así como por facilitar los recursos e infraestructura necesarios para el desarrollo de esta investigación.

Finalmente, a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron con su apoyo, sus palabras de aliento o su colaboración directa. Gracias por ser parte de este proceso.

Con gratitud y humildad Edison

Índice

DEDICATORIA	XXXVIII
AGRADECIMIENTO	XXXIX
RESUMEN.....	XLII
1 CAPÍTULO I.....	- 1 -
1.1 TÍTULO	- 1 -
1.2 INTRODUCCIÓN	- 2 -
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	- 3 -
1.4 JUSTIFICACIÓN	- 5 -
1.5 OBJETIVOS	- 6 -
1.6 Metodología	- 6 -
1.6.1 Ubicación	- 6 -
1.6.2 Tipo y enfoque de investigación.....	- 7 -
1.6.3 Fases del estudio	- 7 -
1.6.4 Instrumentos y análisis.....	- 8 -
1.6.5 Caracterización agroecológica de la zona.....	- 8 -
1.6.6 Ingredientes utilizados en la elaboración del balanceado.....	- 8 -
1.6.7 Operacionalización de las Variables	- 8 -
1.6.8 Materiales	- 9 -
1.6.9 Procedimiento.....	- 10 -
1.6.10 Métodos y Técnicas	- 10 -
1.6.11 Manejo del Ensayo	- 11 -
2. CAPÍTULO II.....	- 12 -
2.1 Implementación del Sistema de Pelletización.....	- 12 -
2.1.1 Bases teóricas de la Pelletización	- 12 -
2.1.2 Principios de peletización: definición y conjunto de mecanismos fisicoquímicos	- 12 -
2.1.3 Equipos y tecnologías del equipo.....	- 13 -
2.1.4 Parámetros clave del proceso.....	- 13 -
2.1.5 Avances recientes en sistemas de pelletización en la producción de alimentos para animales de granja	- 14 -
2.1.6 Criterios para la selección y diseño de sistemas de pelletización.....	- 15 -
2.1.7 Adaptación del sistema a la escala de producción y tipo de ganado	- 16 -
2.1.8 Requisitos técnicos y logísticos para el correcto funcionamiento del equipo	- 17 -
2.2 Alimento peletizado.....	- 17 -
2.2.1 Características y efectos del alimento peletizado.....	- 17 -
2.2.2 Características nutricionales y físicas del alimento basado en plantas.....	- 18 -
2.2.3 Modificaciones físico-químicas después de la pelletización	- 19 -
2.2.4 Efecto sobre la estabilidad, preservación y mitigación de pérdidas durante el almacenamiento y manejo	- 19 -

2.2.5 Características nutricionales y físicas de los alimentos de origen vegetal	- 20 -
2.2.6 Consumo, digestibilidad y rendimiento productivo.....	- 22 -
2.2.7 Evaluación económica frente al producto forestal de pellets de verano	- 24 -
2.3 Resultados de la Investigación	- 26 -
3. CAPÍTULO IV	- 27 -
3.1 Conclusiones.....	- 27 -
3.2 Recomendaciones.....	- 28 -
BIBLIOGRAFÍA.....	- 29 -
ANEXOS.....	- 34 -

RESUMEN

El presente proyecto tuvo como finalidad implementar un sistema de peletización para la producción de alimento balanceado de origen vegetal destinado a bovinos, con el objetivo de mejorar la eficiencia nutricional, optimizar el aprovechamiento del alimento y disminuir las pérdidas durante su manejo y almacenamiento. El estudio se desarrolló en la granja experimental de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, extensión El Carmen, bajo un enfoque cuantitativo y de tipo aplicado, empleando un diseño causi experimental. Se seleccionaron materias primas vegetales como afrecho, soya, maíz molido y trigo, las cuales fueron caracterizadas nutricionalmente para formular una mezcla equilibrada. Esta mezcla fue procesada mediante una peletizadora eléctrica, supervisando parámetros técnicos del proceso para asegurar la calidad del producto final. El pellet obtenido presentó adecuada consistencia, bajo porcentaje de polvo y buena uniformidad. Posteriormente, el alimento elaborado fue incorporado a la dieta de los bovinos, observándose una muy buena aceptación. Asimismo, se evidenció una reducción significativa en el desperdicio de alimento, lo que permitió demostrar los beneficios técnicos y económicos del sistema implementado. Los registros se realizaron en base a fichas técnicas, documentación fotográfica y observación directa.

Palabras clave: peletización, balanceado, vegetal, alimentación bovina, eficiencia nutricional

ABSTRACT

The present project aimed to implement a pelletizing system for the production of plant-based balanced feed intended for cattle, with the objective of improving nutritional efficiency, optimizing feed utilization, and reducing losses during handling and storage. The study was carried out at the experimental farm of the Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, El Carmen campus, under a quantitative and applied approach, using a non-experimental design. Plant-based raw materials such as bran, soybean, ground corn, and wheat were selected and nutritionally characterized in order to formulate a balanced mixture. This mixture was processed using an electric pelletizer, while monitoring technical parameters of the process to ensure the quality of the final product. The pellets obtained showed adequate consistency, low dust percentage, and good uniformity. Subsequently, the feed produced was incorporated into the cattle diet, showing very good acceptance. Likewise, a significant reduction in feed waste was observed, which demonstrated the technical and economic benefits of the implemented system. Records were collected through technical datasheets, photographic documentation, and direct observation.

Keywords: pelletizing, balanced feed, plant-based, cattle nutrition, nutritional efficiency

1 CAPÍTULO I

1.1 TÍTULO

Implementación de un sistema peletizador para producción de alimento de origen vegetal para bovinos.

1.2 INTRODUCCIÓN

Dentro del sector ganadero bovino, la alimentación es uno de los factores más influyentes en el rendimiento productivo y la eficiencia del sistema de producción (Osorio et al., 2024). No obstante, en varias áreas rurales de Ecuador, incluyendo el cantón El Carmen, provincia de Manabí, persiste la práctica de criar con alimento a granel que ha sido poco procesado. Su factor de desperdicio es alto; su estabilidad nutricional baja. Como resultado, este tipo de alimento es menos digestible por el ganado. Y así, la eficiencia alimentaria disminuye, los costos operativos aumentan, afectando directamente las ganancias de los pequeños y medianos productores (Rendón y Balmaseda, 2021).

La peletización, que implica compactar material vegetal en pequeños cilindros utilizando presión y calor, ha demostrado ser una alternativa tecnológica efectiva que puede mejorar la estabilidad, la calidad de conservación y el valor nutricional de los alimentos balanceados (Véliz, 2021). Este proceso no solo hace que el alimento sea más digestible por los sistemas corporales del bovino, sino que también reduce notablemente las pérdidas resultantes del manejo y almacenamiento. Además, permite el uso de materias primas vegetales locales de bajo costo o subproductos agroindustriales que contribuyen a una producción más sostenible desde un punto de vista ambiental y económico (Aganovic et al., 2021).

Desde una perspectiva científica, el estudio de los sistemas de peletización está llenando un vacío en cuanto a la aplicación de tecnologías intermedias en la alimentación animal a pequeña escala en el Ecuador rural. Ambientalmente, promueve el uso efectivo de los recursos vegetales y minimiza la producción de desechos orgánicos. Económica y socialmente, libera a los productores y eleva su nivel de vida mediante una alimentación eficiente del ganado y una mayor productividad de carne o leche. (Liaño et al., 2023)

Esta investigación está dirigida al proceso de peletización de alimentos de origen vegetal para la alimentación del ganado. El estudio se llevará a cabo en el cantón El Carmen, donde es realmente necesario innovar en métodos de elaboración de alimentos para animales con el fin de utilizar los recursos locales de manera más eficiente y reducir los costos de producción.

Así, el objetivo general de la presente investigación es: Implementar un sistema de peletización para la producción de balanceado de origen vegetal destinado a la alimentación bovina, con el fin de mejorar la eficiencia nutricional, el aprovechamiento del alimento y reducir las pérdidas durante su manejo y almacenamiento.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Problema: Escasa producción de balanceado de origen vegetal para bovinos debido a la limitada implementación de tecnologías de transformación como la peletización.

La producción ganadera enfrenta el desafío de garantizar una alimentación eficiente, sostenible y de bajo impacto ambiental. Según la FAO (2023), la eficiencia en la conversión alimenticia de los rumiantes puede mejorar significativamente con el uso de tecnologías adecuadas en el procesamiento del alimento, como la peletización. Esta técnica no solo optimiza la digestibilidad y reduce el desperdicio, sino que también contribuye a disminuir la huella ecológica de la ganadería. En países con ganadería tecnificada, la peletización es ampliamente utilizada para mejorar la calidad del balanceado, incrementar la productividad animal y reducir los costos logísticos relacionados con el almacenamiento y transporte del alimento (Véliz, 2021).

En América Latina, el desarrollo ganadero ha sido desigual. Mientras que algunos países han avanzado sus sistemas de producción hasta convertirse en una forma tecnificada, otros, como Ecuador, aún sufren limitaciones significativas. Como ha señalado la FAO (2023) en un estudio, la calidad de los alimentos disponibles para el ganado en esta región sigue siendo inferior a los estándares, especialmente en las áreas rurales donde el alimento es generalmente de baja calidad, mal y económicamente almacenado, y no industrializado. Estas circunstancias influyen directamente en el rendimiento productivo y reproductivo del ganado, causando pérdidas económicas en las unidades ganaderas.

La ganadería es una actividad económica extremadamente importante en Ecuador,

particularmente para las áreas rurales. Sin embargo, existen serios problemas estructurales que obstaculizan su avance. En el cantón El Carmen, de la provincia de Manabí, es evidente que una gran parte de los agricultores utiliza alimentación vegetal a granel sin tratamiento tecnológico para el ganado. Esta práctica conlleva muchas desventajas: bajos niveles de aprovechamiento nutricional, desperdicios y pérdidas debido al deterioro durante el almacenamiento y transporte, y una digestión ineficiente.

En el campo de la ganadería, uno de los factores clave que determina la productividad es la calidad del alimento y la alimentación eficiente. En el Ecuador como en El Carmen provincia de Manabí, se observa ejemplos de alimentos vegetales a granel que carecen de tratamientos de transformación técnica. Como menciona el Ministerio de Agricultura de Ecuador, varias mezclas de alimentos suelen desperdiciarse antes de ser digeridas en estados fisicoquímicos ya existentes, que son difíciles de almacenar o transportar. Esta forma tiene una demostración recurrente de que prevalecen índices de productividad más bajos entre el ganado y mayores costos operativos pesan sobre los agricultores (FAO, 2025).

La peletización es un proceso de producción en el que el alimento se comprime en cilindros pequeños y uniformes, aumentando su densidad mientras mejora tanto el almacenamiento como la transportabilidad. Más importante para el animal, este método de alimentación también mejora en gran medida la utilización digestiva (Chicaiza y Moreno, 2023). Su uso aún está en sus inicios en las áreas rurales de Ecuador, particularmente porque estas continúan dependiendo de técnicas y metodologías tradicionales para la ganadería.

Esta situación contrasta marcadamente con la situación deseada, que sería un sistema de alimentación utilizado que sea técnico, eficiente y sostenible con materiales agrícolas cultivados y disponibles localmente. Producido de una materia prima vegetal a otra sin flujo de desechos o resultados máximos en términos de aumento de la productividad ganadera. En este momento, existe una brecha entre la competencia técnica y la experiencia en la implementación de sistemas de peletización para convertir el alimento vegetal en nutrición para el ganado en El Carmen, Ecuador; esto justifica la necesidad de un estudio para desarrollar esta alternativa

tecnológica bajo condiciones de criterios nutricionales, económicos y productivos.

Pregunta de investigación

¿Cómo influye la implementación de un sistema de peletización en la producción de balanceado de origen vegetal en la eficiencia alimentaria y el rendimiento productivo de los bovinos en términos de conservación, aprovechamiento nutricional y costos operativos en el cantón El Carmen?

1.4 JUSTIFICACIÓN

La investigación actual se origina como respuesta a un problema específico encontrado en los sistemas de alimentación del ganado bovino en el cantón El Carmen, donde la utilización de forrajes vegetales sin un proceso tecnológico adecuado impide alcanzar la eficiencia en la producción. El propósito es brindar una solución viable que mejore el rendimiento animal, disminuya las pérdidas en el manejo del alimento y promueva el uso de recursos vegetales locales a través de un sistema de peletización.

Desde una perspectiva científica, el estudio aborda una carencia empírica en el conocimiento práctico, esto es, superando la teoría o los modelos en las comunidades rurales de Ecuador, donde los beneficios de la peletización del alimento como una tecnología intermedia para la nutrición animal aún no se han explorado a fondo.

En el aspecto ecológico, se propone un avance hacia la utilización eficiente de productos de desecho agroindustriales y vegetales que, en muchas ocasiones, se eliminan sin aprovecharse. Desde una perspectiva económica, se espera disminuir los costos de producción, incrementar las ganancias y lograr que los pequeños y medianos productores alcancen un mayor nivel de sostenibilidad.

En el ámbito social, esta investigación favorece el desarrollo de capacidades productivas locales, mejora las condiciones de vida de las familias ganaderas y promueve una agricultura más sostenible con un enfoque en la responsabilidad social. Desde el punto de vista

comunitario, el proyecto impulsa la agricultura autosuficiente y mejora los ingresos a lo largo del año.

Este proyecto es importante porque requiere transformar técnicamente el proceso de producción y las materias primas empleadas: se fundamenta en evidencia científica robusta y en la realidad práctica de la región. Nuestro objetivo es generar conocimiento que pueda ser aplicado en la práctica mientras mejoramos nuestra propia comprensión, sirviendo como un modelo para otras áreas con condiciones de producción similares.

1.5 OBJETIVOS

Objetivo General

Implementar un sistema de peletización para la producción de balanceado de origen vegetal destinado a la alimentación bovina, con el fin de mejorar la eficiencia nutricional, el aprovechamiento del alimento y reducir las pérdidas durante su manejo y almacenamiento.

Objetivos Específicos

- Analizar las características nutricionales y físicas del balanceado de origen vegetal actualmente utilizado en la alimentación de bovinos.
- Diseñar un sistema de peletización adecuado para transformar materias primas vegetales en pellets de alta compactación y calidad.
- Evaluar el impacto que presenten los pellets ya procesados en el consumo productivo del ganado bovino.

1.6 Metodología

1.6.1 Ubicación

La presente investigación se desarrolló en la granja experimental de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, extensión El Carmen, ubicada en el cantón El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador. Este lugar proporcionó las condiciones adecuadas para llevar a cabo las diferentes fases del estudio, debido a su infraestructura, disponibilidad de insumos vegetales y la presencia de bovinos para fines investigativos.

1.6.2 Tipo y enfoque de investigación

La investigación se caracteriza por ser de tipo aplicada, cuantitativa, con un diseño no experimental. Se centró en la implementación de un sistema de pelletización eléctrica para la elaboración de un alimento balanceado de origen vegetal destinado a bovinos, con el propósito de evaluar su eficiencia técnica y los beneficios nutricionales que aporta a la alimentación animal.

1.6.3 Fases del estudio

Selección y caracterización de materias primas vegetales

Para la elaboración del alimento balanceado, se seleccionaron ingredientes vegetales de alto valor nutricional: afrecho, soya, maíz molido y trigo. Estos insumos fueron analizados mediante parámetros básicos como humedad, proteína, fibra y energía, siguiendo métodos estandarizados de laboratorio. La combinación de estos ingredientes permitió formular una mezcla equilibrada y adecuada para la alimentación bovina.

Elaboración del balanceado y pelletización eléctrica

La mezcla formulada fue procesada mediante una peletizadora eléctrica, instalada en las instalaciones de la granja experimental de la Unidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí. Se supervisaron variables técnicas del proceso como la temperatura, tiempo de prensado, compactación y tamaño del pellet. La máquina eléctrica facilitó un proceso continuo, eficiente y limpio, garantizando la integridad nutricional del producto final. El pellet obtenido presentó buena consistencia, bajo porcentaje de polvo residual y adecuada uniformidad.

Evaluación técnica y observación de beneficios en la alimentación

Una vez que se hubo elaborado el alimento balanceado en pellets, se incorporó a la dieta estándar del ganado en la granja. Se hizo a través de la observación sistemática, registrando la aceptación del alimento, la ingesta voluntaria, la digestibilidad aparente y la condición corporal de los animales. Esto permitió describir el potencial para mejorar la eficiencia alimentaria, una mayor utilización del alimento y la reducción de desperdicios, proporcionando así ventajas

nutricionales y económicas.

1.6.4 Instrumentos y análisis

Para el registro de los datos se utilizaron fichas técnicas de producción, registros fotográficos del pellet y observaciones sistemáticas del comportamiento de consumo en los bovinos. La información obtenida se organizó en cuadros descriptivos que permitieron analizar el impacto del proceso de pelletización y la calidad final del alimento elaborado.

1.6.5 Caracterización agroecológica de la zona

A continuación, algunas características agroclimáticas del cantón:

Tabla 1. Características agroecológicas de la localidad

Características	El Carmen
Clima	Trópico Húmedo
Temperatura (°C)	24
Humedad Relativa (%)	86%
Heliofanía (Horas luz año ⁻¹)	1026,2
Precipitación media anual (mm)	2659
Altitud (msnm)	249

Nota: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2022)

1.6.6 Ingredientes utilizados en la elaboración del balanceado

Al no tratarse de un estudio comparativo, se trabajó con un solo tratamiento consistente en el balanceado vegetal pelletizado formulado con los siguientes ingredientes:

Tabla 2. Composición porcentual del balanceado pelletizado utilizado en el estudio.

Ingrediente	Tipo	Porcentaje estimado en la mezcla
Afrecho	Subproducto fibroso	30%
Soya	Fuente proteica	25%
Maíz molido	Fuente energética	35%
Trigo	Agglutinante/energético	10%

Elaborado por: Edison Antonio Mendoza Mendieta

1.6.7 Operacionalización de las Variables

A continuación, se presenta la tabla de operacionalización de las variables que orientó la evaluación de los resultados del peletizado.

Tabla 3. Operacionalización de variables de evaluación del peletizado.

Variable	Definición operacional	Unidad de medida	Técnica de recolección
Compactación del pellet	Grado de firmeza y cohesión del pellet	% de dureza / integridad	Observación directa, ensayo físico
Humedad final del pellet	Porcentaje de agua retenida después del peletizado	%	Higrómetro
Tiempo de procesamiento	Tiempo requerido para peletizar una cantidad estándar de mezcla	Minutos	Cronómetro
Temperatura de salida	Temperatura del pellet al salir de la máquina	°C	Termómetro infrarrojo

Elaborado por: Edison Antonio Mendoza Mendieta

1.6.8 Materiales

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la granja de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, extensión El Carmen, donde se dispuso del espacio, maquinaria y recursos necesarios para el desarrollo del sistema de pelletización y la evaluación del alimento balanceado producido. El diseño fue no experimental, ya que no se establecieron tratamientos comparativos, sino que se evaluó el resultado de la pelletización de un alimento balanceado vegetal formulado a base de ingredientes locales.

A continuación, se presenta la tabla de ingredientes utilizados en la formulación del balanceado vegetal para bovinos:

Tabla 4. Ingredientes utilizados en la elaboración del alimento balanceado vegetal

Ingrediente	Porcentaje de inclusión (%)	Función nutricional principal
Afrecho	30%	Fuente de fibra y energía moderada
Soya	25%	Alta en proteína vegetal
Maíz molido	35%	Fuente energética principal
Trigo	10%	Fuente adicional de energía y fibra

Elaborado por: Edison Antonio Mendoza Mendieta.

Este balanceado fue preparado considerando los requerimientos nutricionales básicos de los bovinos en crecimiento y mantenimiento, asegurando un adecuado perfil energético y proteico.

1.6.9 Procedimiento

El proceso inició con la adquisición de los ingredientes: afrecho, soya, maíz molido y trigo, seleccionados por su disponibilidad local y su valor nutricional en la alimentación bovina. Una vez recolectados, los ingredientes fueron pesados y mezclados en proporciones establecidas previamente, utilizando una mezcladora de eje horizontal para garantizar una distribución homogénea de los nutrientes.

La mezcla resultante se trasladó a la peletizadora eléctrica, instalada en las instalaciones de la granja universitaria. La máquina fue calibrada para producir pellets de tamaño medio (aproximadamente 6 mm de diámetro), adecuados para el consumo bovino. Durante el proceso de pelletización se controló la temperatura de salida y la compactación del producto para asegurar una adecuada calidad física del pellet.

Una vez peletizado, el alimento fue enfriado de forma natural y almacenado en recipientes herméticos, para evitar la humedad y conservar sus propiedades fisicoquímicas. Posteriormente, se realizó la entrega del alimento a los bovinos en condiciones controladas, registrando el nivel de aceptación, consumo y comportamiento durante el periodo de alimentación.

1.6.10 Métodos y Técnicas

Para el desarrollo del estudio se emplearon métodos cuantitativos con enfoque aplicado y no experimental, centrados en el análisis del rendimiento del sistema de peletización y su efecto en la estabilidad y aceptabilidad del alimento. La técnica principal utilizada fue la peletización eléctrica, la cual permitió comprimir el alimento balanceado en pequeños cilindros, optimizando su densidad y conservación.

A continuación, se detalla en la siguiente tabla los materiales e insumos utilizados durante el proceso:

Tabla 5. *Materiales e insumos utilizados*

Material/Insumo	Descripción/Función
Peletizadora eléctrica	Máquina para comprimir el alimento en pellets
Mezcladora de ingredientes	Homogeneización de la mezcla balanceada
Báscula digital	Pesaje preciso de ingredientes
Recipientes plásticos	Almacenamiento del pellet
Bovinos de prueba	Receptores del alimento peletizado
Termómetro digital	Control de temperatura durante peletización
Cuaderno de campo	Registro de observaciones

Elaborado por: Edison Antonio Mendoza Mendieta

1.6.11 Manejo del Ensayo

La producción de alimento balanceado peletizado se realizó en un área controlada, con plantas de alimento seleccionadas según criterios nutricionales previamente establecidos, con ingredientes obtenidos de plantas. Durante el procedimiento se controló la molienda de los ingredientes, la mezcla uniforme de los componentes, la humedad correcta y la temperatura de peletización.

Se mantuvieron condiciones higiénicas adecuadas en la planta de procesamiento y en el almacenamiento del producto terminado para lograr un alimento de buena calidad. Tal descripción permite una clara comprensión del proceso a seguir para producir el alimento, por lo cual no se incluirán estudios de alimentación animal posteriormente.

2. CAPÍTULO II

2.1 Implementación del Sistema de Peletización

2.1.1 Bases teóricas de la Peletización

La peletización es una tecnología donde materiales finos generalmente de origen vegetal o residuos agroindustriales se convierten en cilindros pequeños y uniformes, llamados pellets (Chizaiza y Moreno, 2013). El procedimiento anterior se logra predominantemente mediante la acción de compresión eléctrica, con la inyección de una cantidad controlada de calor añadida en muchos casos.

El objetivo principal de esta conversión es reducir el manejo, almacenamiento y transporte del material y aumentar la eficiencia nutricional del alimento animal al proporcionar mejor acceso a los nutrientes (Véliz, 2021). Particularmente, el ganado es adecuado para una dieta rica en follaje. Por lo tanto, la peletización es una práctica importante para mejorar la productividad de los sistemas de alimentación animal mediante la promoción de la ingesta de alimento, la minimización de desperdicios y la mejora de la uniformidad del valor nutricional en la ración. (Liaño et al., 2023)

2.1.2 Principios de peletización: definición y conjunto de mecanismos fisicoquímicos

El principio básico de la peletización es transformar partículas sueltas en una estructura sólida y unida, a través de un proceso de compresión, fricción y, en algunos casos, calor. Esta acción le da un producto homogéneo y denso resultante de la unión de las partículas entre sí. El material de partida generalmente contiene componentes vegetales como harina de maíz, soya, cáscaras de arroz o residuos de molinos, y el material primero se somete a una molienda fina y homogeneización. La mezcla luego se extruye a través de una placa perforada (matriz) mediante rodillos de compresión. (Rodríguez et al., 2023)

La fricción generada en la matriz de partículas crea calor y, por lo tanto, produce la gelatinización parcial del almidón presente en los insumos aglutinante natural. Este calor absorbido también sirve para matar patógenos y agregar vida útil al pellet sin adiciones

químicas. Sin embargo, en algunas recetas se incluyen aglutinantes naturales, por ejemplo, almidón pregelatinizado, melaza en cantidad limitada para proporcionar cohesión, integridad mecánica y un producto de alimento peletizado nutritivo. (Espinoza, 2019)

2.1.3 Equipos y tecnologías del equipo

En la práctica de la peletización, se utilizan varios equipos que están sujetos al tamaño, la tasa de producción y el tipo de materia prima que se procesa. Los más comunes son los utilizados por la industria agrícola y existen los siguientes tipos según lo señala Garzón y Méndez (2021):

- **Peletizadora de matriz plana:** Las peletizadoras caseras son compactas en tamaño, como una peletizadora de tamaño pequeño para el hogar. Su pequeño tamaño también permite el uso de diferentes tipos de materiales vegetales, flexibilidad y menor consumo de energía. Se emplean comúnmente en programas piloto o en operaciones de alimentación animal a pequeña escala.
- **Molinos de pellets de matriz anular:** Un modelo de alta capacidad diseñado para uso comercial. Están diseñados para que puedan trabajar sin parar, procesar más y ser más eficientes. Se utilizan en instalaciones donde se necesita operación continua y se demandan altos niveles de eficiencia y calidad del pellet.

Mastian, (2025) indica que, a estas máquinas se les puede integrar una línea de producción completa, que incluye etapas adicionales como: molienda previa del material, mezclado homogéneo de ingredientes, acondicionamiento térmico (precalentamiento con vapor), pelletización, enfriamiento de los pellets, cribado y empaque. También se emplean sensores y sistemas de control automático para monitorear variables como humedad, presión, temperatura y tamaño de partícula, lo que garantiza un producto final consistente.

2.1.4 Parámetros clave del proceso

La elección ideal de los parámetros de operación y el control de las propiedades físicas y químicas de las materias primas son los requisitos previos para la calidad de los pellets de alto horno. Los más significativos según lo destaca Puentes, (2023) son:

1. **Temperatura de peletización:** La temperatura controlada es la temperatura que debe

alcanzarse durante el proceso entre 70 y 90 °C. Este rango superpuesto permite obtener una gelatinización parcial del almidón, compactar las partículas y disminuir los microorganismos indeseables sin pérdida de nutrientes termolábiles.

2. **Presión de compactación:** Se utilizó compactación magnética en el rango de 100-200 MPa. Esta presión es necesaria para la formación de una erección apretada y duradera. Presiones más bajas pueden proporcionar pellets blandos o friables, presiones más altas pueden causar pellets demasiado duros con poca estabilidad en el agua.
3. **Humedad:** La humedad ideal en la mezcla varía entre 10 y 15%. Estas concentraciones son suficientes para proporcionar unión con estas moléculas fácilmente mezclables, y no resultan en deformación, degradación o crecimiento de moho en el pellet almacenado.
4. **Tamaño de partícula:** El tamaño de partícula correcto impacta en la homogeneidad y durabilidad del pellet. Se favorece un tamaño de grano uniforme en el rango de 3 a 6 mm. Las partículas más finas pueden interferir con la penetración de la matriz y crear polvo, y las partículas muy grandes causan una compactación suelta del compuesto.

También se utiliza aditivos naturales: el proceso puede implementarse sin aditivos, embargo, la adición micoeológica de ingredientes naturales almidones, melaza, aceite vegetal o harinas funcionales podría contribuir a la formación de una masa cohesiva, adición de valor nutricional y aceptación. Sin embargo, su inclusión debe equilibrarse cuidadosamente para evitar cambios en la textura y el contenido energético del pellet. (Chantre et al., 2023)

2.1.5 Avances recientes en sistemas de peletización en la producción de alimentos para animales de granja

En los últimos años, las tecnologías utilizadas en la peletización de alimentos para animales de granja han visto una gran evolución, incluyendo nuevos procesos que mejoran la productividad y reducen la carga ambiental. Tópicamente, ejemplos de avances relevantes incluyen sistemas automatizados que pueden controlar con precisión factores importantes como la temperatura, la humedad y la presión durante la producción. (Mastian, 2025)

Los mismos sistemas pueden usarse para dosificar con precisión ingredientes y aditivos, para asegurar un producto terminado consistente que cumpla con requisitos nutricionales exigentes. Uno de los logros significativos es el uso de regímenes de secado a baja temperatura para mantener nutrientes termolábiles como algunas vitaminas y enzimas sin detrimento de la calidad microbiológica del pellet (Bucheli et al., 2024). Tal secado ayudará a prevenir daños y oxidación y/o degradación térmica del material de alimentación. El nuevo equipo también cuenta con matrices y rodillos contruidos con materiales de alta resistencia que duran más y hay menos desgaste en el equipo, por lo tanto, hay un ahorro en el uso del equipo.

Al mismo tiempo, se han creado sistemas modulares flexibles que son capaces de manejar materias primas vegetales muy diferentes mediante configuraciones que permiten la limpieza automática, el control inteligente del flujo de material y la supervisión permanente utilizando tecnologías basadas en inteligencia artificial. Esto asegura la máxima utilización del sistema y minimiza cualquier posible contaminación cruzada.

Facilitando el uso de materias primas sostenibles y coproductos de la agricultura para la fabricación de alimentos balanceados, favoreciendo sistemas de economía circular basados en la producción ganadera. Estos avances han llevado a la descentralización tecnológica, permitiendo que los sistemas de pelletización se utilicen en contextos rurales o de pequeños productores, y que podrían hacer que las tecnologías de transformación eficientes y sostenibles sean alcanzables para más productores. (Paredes et al., 2025)

2.1.6 Criterios para la selección y diseño de sistemas de peletización

2.1.6.1 Diseño de un sistema adecuado para materias primas vegetales

El diseño de un sistema de peletización debe realizarse sobre la base de un análisis detallado de las propiedades fisicoquímicas de las materias primas vegetales que se utilizarán para preparar el alimento balanceado. La humedad de la materia prima, el tamaño y la homogeneidad de las partículas y la composición nutricional de los materiales de recurso determinan, de manera directa, qué tan bien el sistema puede comprimir el material de manera efectiva y formar pellets con estructura similar, resistencia mecánica y estabilidad de

almacenamiento. (Milo, 2023)

Es crítico que la invención sea ajustable para permitir el procesamiento de varios tipos y combinaciones de alimentos vegetales, es decir, salvado, soya, maíz molido, trigo, etc.; que se utilizan comúnmente en la alimentación del ganado. Mastian, (2025), señala que, esta flexibilidad operativa es crucial para adaptar la dieta energética, en línea con la disponibilidad estacional de materias primas y los requisitos de los animales. Además, otros aspectos técnicos como la capacidad de producción, el consumo de energía del equipo, la facilidad de operación y limpieza, y la adaptación a sistemas de dosificación automática, deben tenerse en cuenta.

Un modelo adecuado tiene en cuenta la necesidad de dispositivos de protección y control en proceso para mantener la calidad del producto final y evitar una interrupción del proceso. Además de la correcta calibración de los parámetros de trabajo, se debe aplicar una correcta operación del personal frente a las máquinas y la validación consecuente de la calidad del pellet producido a través de análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Así, el sistema de pelletización proporciona un impacto sustancial en el logro de la eficiencia alimentaria, la salud animal y el rendimiento productivo en un sistema ganadero. (Guaman, 2024)

2.1.7 Adaptación del sistema a la escala de producción y tipo de ganado

El sistema debe estar diseñado para adaptarse a la escala de producción donde se implementará. También se necesitan sistemas de manejo de productos para pequeños y medianos productores que sean sistemas semiautomáticos o de baja capacidad, que sean simples de usar, mantener y modificar para adaptarse a las condiciones locales (Pedroza y Coba, 2021). En cambio, para sistemas de producción ganadera a gran escala o de alta densidad, se debe desarrollar un sistema más complejo e interrelacionado desde la pulverización en la fuente hasta el almacenamiento del producto final. Esta configuración requiere que haya altos rendimientos de procesamiento, producción en estado estable con un bajo número de errores.

También es importante evaluar las especies de ganado para las cuales está diseñado el alimento peletizado. Los nutrientes específicos para el tipo de alimento y para la etapa de crecimiento edad, peso, propósito productivo: engorde, producción de leche, crecimiento

difieren. Por lo tanto, el dispositivo debe permitir un ajuste en los parámetros de granularidad, densidad y/o composición del pellet, proporcionando la posibilidad de ajustar la dieta de las diferentes especies de ganado de manera flexible, para una dieta eficiente según el tipo de ganado. (Mastian, 2025)

2.1.8 Requisitos técnicos y logísticos para el correcto funcionamiento del equipo

El correcto funcionamiento de una línea de peletización implica una infraestructura física adecuada que permita la instalación y operación segura del equipo. Para esta ubicación, se necesita un espacio lo suficientemente significativo, condiciones higiénico-sanitarias adecuadas y servicios garantizados como electricidad y otras condiciones mínimas como ventilación y agua para la limpieza. (Véliz, 2021)

Davila, (2022) señala que, una demanda técnica que debe cumplirse es la conexión de los sistemas de control y monitoreo para parámetros importantes como temperatura, humedad y presión que son clave para lograr la calidad constante del producto final. Tales controles aseguran que la producción será estándar y no ofrecerá variaciones que puedan influir en el alimento en sí.

Logística: El flujo de materias primas y productos terminados debe construirse de tal manera que se asegure un proceso logístico óptimo. Esto incluye prever el mejor almacenamiento para prevenir el deterioro debido a la humedad o plagas, y las rutas de transporte interno dentro del almacén para minimizar pérdidas. También se trata de capacitar a los operadores y al personal de mantenimiento en los sistemas (Pérez y Castro, 2023). Esto significa que deben conocer y entender cómo funciona este equipo, cómo tratarlo y cuestionar los procedimientos técnicos establecidos. Un control razonable del mantenimiento preventivo y correcto Servicio de Máquinas reducirá las averías repentinas, prolongará la vida útil del equipo, mantendrá la producción en marcha y la producción segura.

2.2 Alimento peletizado

2.2.1 Características y efectos del alimento peletizado

El alimento peletizado es un método procesado en el cual las dietas para ganado se

presentan de una manera que ofrece varias ventajas sobre otras presentaciones convencionales, principalmente en dietas basadas en plantas. Al comprimir las mezclas en pellets uniformes, la fabricación, el transporte y el almacenamiento se simplifican enormemente, y esto puede reducir la probabilidad de segregación de componentes o de deterioro durante el almacenamiento. (Yousefian et al., 2023)

Nutricionalmente, este tipo de alimentación permite una formulación más precisa que debería ayudar a entregar nutrientes de manera más consistente. La peletización también ayuda en la digestión al aumentar la superficie efectiva de los ingredientes y ser más fácilmente utilizada por el sistema digestivo del animal (Llanes, 2021). El pellet también es una forma física firme, que suprime la creación de polvo y hace que el ambiente del establo sea más limpio y potencialmente más saludable para los pulmones.

Los esfuerzos científicos han establecido la aplicación del alimento peletizado como un método eficiente para mejorar el rendimiento productivo y la utilización de recursos, así como para promover la sostenibilidad de los sistemas ganaderos contemporáneos.

2.2.2 Características nutricionales y físicas del alimento basado en plantas

Composición nutricional de los principales ingredientes de alimento basado en plantas utilizados en rumiantes. Los materiales crudos basados en plantas, que contienen todos los factores nutricionales esenciales como proteínas, fibra, carbohidratos, minerales y vitaminas, son la base del alimento para rumiantes. Forrajes secos y verdes como heno, pastos mejorados, subproductos agroindustriales pulpa de remolacha, cáscara de arroz, salvado de trigo y concentrados a base de cereales como maíz, sorgo, legumbres soja, alfalfa. (Rubio, 2024)

La proteína cruda, que es necesaria para el desarrollo y preservación del tejido muscular, entre otros beneficios para la salud, generalmente está entre el 7 y el 25% dependiendo de la fuente de proteína vegetal. La fibra dietética (FD), compuesta predominantemente por fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA), es esencial para la salud ruminal y la motilidad digestiva, representando el 20% en buenos forrajes y alcanzando el 40% en subproductos fibrosos. (Milla et al., 2021)

Minerales como calcio, fósforo, potasio, magnesio están en el rango del mediador del metabolismo animal y la producción en la matriz vegetal, e interactúan con el tipo de sustrato vegetal y el procesamiento de la matriz vegetal.

2.2.3 Modificaciones físico-químicas después de la peletización

La peletización induce importantes modificaciones físicas y químicas en la materia prima. Durante el proceso, la compresión y el calentamiento limitado aumentan la densidad aparente del alimento y, por lo tanto, el volumen requerido para el almacenamiento y transporte, favoreciendo así una logística eficiente. La compactación aumenta la unión interna del pellet y la resistencia mecánica puede reducir la formación de polvo y roturas, que son consideraciones clave para evitar pérdidas. (Muñoz, 2025)

En términos de forma y tamaño, los pellets tienen generalmente la forma de un cilindro con una longitud entre 5 y 25 mm y con un diámetro de 1-25 mm, dependiendo del tamaño de las matrices formadoras, y generalmente son más pequeños de 40 mm (Cadenillas, 2024). La uniformidad de tamaño conduce a una mejor dosificación y aceptación por parte del animal, así como a un consumo controlado.

Mientras tanto, la gelatinización de cierta porción del contenido de almidón de la materia prima también puede ocurrir durante la pelletización, lo que podría alterar las características dietéticas y así mejorar el uso energético del alimento. También podrían surgir cambios químicos en términos de la degradación parcial de factores antinutricionales y microorganismos indeseables mediante el procesamiento térmico, mejorando así la seguridad del alimento (Milo, 2023). Sin embargo, es esencial limitar las condiciones de reacción para no resultar en una destrucción excesiva de componentes nutricionales sensibles al calor, como vitaminas y aminoácidos.

2.2.4 Efecto sobre la estabilidad, preservación y mitigación de pérdidas durante el almacenamiento y manejo

Con buena compactación y forma uniforme, el alimento peletizado es altamente estable durante el almacenamiento, y el contacto del alimento con el aire, la humedad y los microbios

es mínimo (Sánchez, 2023). Esta característica puede reducir las pérdidas por deterioro físico, es decir, creación de polvo y segregación, que es típico con mezclas a granel o sueltas.

Véliz, (2021) menciona que, la disminución de la superficie expuesta y el aumento de la densidad también contribuyen a una mínima absorción de humedad ambiental, lo que limita los cambios de desarrollo fúngico y modificación microbiana. Como resultado, la vida útil del alimento puede prolongarse ya que las sustancias nutritivas y similares en el alimento que de otro modo causarían descomposición pueden preservarse por más tiempo, y se desecha menos basura debido al deterioro.

La resistencia mecánica del pellet durante el transporte permite evitar las pérdidas debidas a roturas y dispersión, comunes en alimentos no compactados, que producen polvo y también influyen en las condiciones ambientales y respiratorias del establecimiento ganadero. Estos beneficios resultan en mejoras en la eficiencia económica y productiva al aumentar el uso del alimento, reducir la contaminación ambiental y mejorar la limpieza en almacenes y áreas de alimentación de utilización. (Mastian, 2025)

2.2.5 Características nutricionales y físicas de los alimentos de origen vegetal

2.2.5.1 Composición nutricional de las principales materias primas de origen vegetal utilizadas en ganado

Las materias primas de origen vegetal son la fuente de nutrientes para el ganado, incluyendo proteínas, fibra, carbohidratos, minerales y vitaminas. Las fuentes más comunes de alimento animal incluyen forrajes secos y verdes como heno, pastos mejorados, subproductos agroindustriales como pulpa de remolacha, cascarillas de arroz y salvado de trigo y granos de cereales, maíz, sorgo y otros, como legumbres, soja y alfalfa. (Paredes et al., 2025)

La proteína cruda, necesaria para el crecimiento, el mantenimiento del tejido muscular y el buen funcionamiento metabólico, varía del 7% al 25% según la fuente vegetal empleada para este producto. La fibra dietética, que consiste principalmente en NDF y ADF, es vital para mantener la salud ruminal y la encapsulación intestinal. Su nivel varía del 20% en forrajes de buena calidad a más del 40% en subproductos fibrosos. (Huanca, 2022)

Además, minerales como el calcio, fósforo, potasio y magnesio son indispensables para el equilibrio metabólico y el rendimiento. Las concentraciones de estos compuestos varían según la materia prima vegetal y las condiciones de procesamiento utilizadas antes de la extracción.

2.2.5.2 Cambios físico-químicos tras el proceso de peletización

El proceso de peletización induce varios cambios físicos y químicos significativos en las materias primas. La capacidad de compactación y la exposición de los ingredientes a una presión y calentamiento menores durante este paso, hace que la densidad aparente del alimento a consumir sea mayor de lo que es, reduciendo así el volumen de almacenamiento y transporte, facilitando la logística. (Mastian, 2025)

Guaman, (2024) describe que, la compactación desarrollada es responsable de una mayor cohesión interna del pellet, permitiendo una mayor resistencia mecánica de los pellets, minimizando así la generación de polvo y fracturas durante el almacenamiento y manejo, y, en consecuencia, una importante reducción de pérdidas.

En cuanto a la forma y el tamaño, los pellets son generalmente cilíndricos de forma homogénea con diámetros que varían entre 4 mm y 12 mm, según el diseño de la máquina peletizadora y el tipo de animal a alimentar. Este tamaño "uniforme" permite asegurar una mayor precisión en la dosificación del medicamento y el animal tiene una mejor oportunidad de tragar el medicamento. (Mastian, 2025)

Además, parte del almidón en la materia prima durante la peletización se gelatiniza, lo que mejora su digestibilidad y conduce a un mejor aprovechamiento de la energía. Fernández, (2024) menciona desde la perspectiva química o nutricional que, la temperatura media de calentamiento a lo largo del proceso puede contribuir a la reducción parcial de factores antinutricionales y carga microbiana, mejorando la calidad sanitaria del alimento. Sin embargo, el mantenimiento de las condiciones térmicas del proceso es importante para prevenir la degradación térmica de nutrientes termolábiles, como algunas vitaminas, aminoácidos esenciales, entre otros.

2.2.5.3 Impacto en la estabilidad, conservación y reducción de pérdidas durante el almacenamiento y manejo

La estructura densa y uniforme del alimento peletizado de origen vegetal proporciona beneficios sustanciales para la estabilidad durante el almacenamiento al minimizar la exposición a la humedad, oxígeno y contaminación microbiana. Esta propiedad reduce las pérdidas físicas debido a la generación de polvo, segregación de ingredientes y otros problemas comunes en alimentos sueltos o no compactos. (Escobar, 2018)

La disminución de la superficie de los pellets, junto con su mayor densidad, reduce la posibilidad de absorber humedad inhibiendo así la decadencia de moho y microbios. Esto a su vez aumenta la vida útil del producto, manteniendo sus características nutricionales por más tiempo mientras se reduce la cantidad de desperdicio generado por el deterioro.

En su manejo y transporte, la resistencia mecánica de los pellets es lo suficientemente alta como para prevenir roturas o pulverización, evitando pérdidas y colaborando a un ambiente más limpio en los lugares de almacenamiento y consumo. El costo de limpiar el polvo también se incurre debido al desperdicio de nutrientes, así como a la exposición del personal y los animales al riesgo respiratorio asociado con el polvo. (Guaman, 2024)

Estas mejoras resultan en efectos económicos y productivos: se maximiza el uso del alimento, se minimiza la contaminación ambiental y se maximiza la higiene en los lugares donde se administra y distribuye el producto.

2.2.6 Consumo, digestibilidad y rendimiento productivo

2.2.6.1 Efecto de la peletización en la palatabilidad y consumo voluntario por el ganado

La palatabilidad del alimento para ganado se mejora considerablemente con la tecnología de peletización, ya que el tamaño, forma, textura y agarre del pellet son uniformes, lo que facilita el manejo y la alimentación por parte del animal. Un pellet uniforme reduce la alimentación selectiva que los animales harán cuando se les proporcione libre elección como alimento a granel o mezclas sueltas con ingredientes preferidos comidos y ingredientes no

preferidos dejados, lo que puede causar desequilibrios nutricionales. (Mastian, 2025)

El pellet también muestra mejores características organolépticas (sabor, olor, textura) que pueden fomentar el consumo voluntario. La mayor palatabilidad también puede estar asociada a la disminución de la cantidad de polvo, y con la densidad consistente del alimento, para reducir el riesgo de problemas respiratorios y rechazos alimenticios. Debido a estas ventajas, la peletización conduce a una ingesta de alimento más uniforme, lo cual es un factor crucial para el mantenimiento de la salud y el rendimiento productivo del ganado (Cáceres, 2024).

2.2.6.2 Estudios comparativos sobre la digestibilidad de la alimentación a granel vs. alimentación peletizada

La digestibilidad de los alimentos es un parámetro importante en la evaluación de la calidad del alimento, y hay evidencia científica de que el proceso de peletización puede mejorar la digestibilidad. La densificación a alta temperatura y la transformación físico-química de la materia prima debido al proceso de peletización, resultan en la modificación de la materia prima. (Huanca, 2022)

Por ejemplo, la gelatinización parcial del almidón, que ocurre en el proceso, contribuye a un aumento en la energía disponible. Además, la disminución del tamaño de partícula y el aumento de la uniformidad en la mezcla favorecen una mayor superficie de contacto con las enzimas y microorganismos del rumen, lo que "ayudará" a la fermentación y liberación de nutrientes. (Guido y Urroz, 2023)

Las dietas peletizadas se aplican en la industria acuícola intensiva que puede tener la mayor utilización de proteínas y carbohidratos, condicionado a que el procesamiento adecuado siempre salvaguarde los nutrientes sensibles.

2.2.6.3 Impacto en los parámetros productivos: ganancia de peso, conversión alimenticia, salud del rumen y sistémica

La inclusión de alimento peletizado genera efectos en varios parámetros de rendimiento productivo. En cuanto a la ganancia de peso, varios ensayos han reportado un 4-6% extra en

aves alimentadas con pellets en comparación con las que comen alimento a granel, observándose debido a una mejor digestibilidad y menos desperdicio. (Pedroza y Coba, 2021)

La conversión alimenticia aumenta a medida que se reduce la pérdida de segregación con un pellet y se asegura un consumo uniforme de nutrientes. Esto facilita el desarrollo de la eficiencia productiva así como la reducción del costo por unidad de carne o leche producida. (Mastian, 2025)

En relación con la salud del rumen, la provisión regular/uniforme del pellet mantiene un pH ruminal estable y previene trastornos digestivos asociados con la alimentación errática o selectiva. La salud general también mejora ya que una nutrición más uniforme mejora la inmunidad y el bienestar animal.

2.2.7 Evaluación económica frente al producto forestal de pellets de verano

2.2.7.1 Análisis de costos y beneficios

En términos de obtención de ganancias, el análisis del costo alternativo revela la presencia de ciertos costos adicionales. Sin embargo, estos gastos representan una inversión cuyos beneficios superan significativamente los costos incurridos. Aunque en un principio los costos puedan parecer elevados, la rentabilidad obtenida es suficiente para justificar dicha inversión. Durante el período de prueba, los resultados son positivos, evidenciando que los productos peletizados constituyen una alternativa viable y eficiente frente a otros métodos de alimentación bovina. (Véliz, 2021)

También se logra una ganancia para el productor, y se evidencia un retorno favorable de la inversión. Díaz y Gálvez (2021), menciona que, existe una tercera variable adicional, que es el costo adicional; sin embargo, este puede justificarse si se considera que los rangos de costos posibles no superan de forma significativa a los beneficios discernibles. De hecho, los retornos son casi inmediatos y el beneficio adicional supera a los costos.

Al principio, tales gastos pueden representar un obstáculo, particularmente para operaciones pequeñas. No obstante, este compromiso financiero debe considerarse en contexto, incluyendo la vida útil de la máquina y los ahorros que esta permite. La tecnología de

alimentación a granel más tradicional podría parecer menos costosa a corto plazo, pero está asociada con un mayor desperdicio de alimento, mayores costos laborales y un mayor riesgo de contaminación, lo que a largo plazo conduce a mayores costos operativos totales. (Mastian, 2025)

2.2.7.2 Beneficios económicos de la mayor eficiencia alimentaria, menores pérdidas, reducción de mano de obra y logística

La peletización conduce a una drástica disminución de las pérdidas durante el almacenamiento, manejo y distribución. Compactar los pellets a una consistencia desmenuzable y arenosa impide que el alimento se separe, genere polvo o se vuelva desigual, lo cual resulta en menos desperdicio de producto y, por tanto, en ahorros significativos de costos. (Orosco, 2021)

Además, el pellet es fácilmente manipulable, almacenado y medido, lo que minimiza la necesidad de mano de obra y reduce el tiempo de alimentación. La mayor digestibilidad e ingesta también maximizan la conversión alimenticia, lo que minimiza el volumen de alimento requerido para alcanzar las expectativas de rendimiento. Estos efectos combinados generan un efecto sinérgico, resultando en una reducción de los costos de producción y un aumento de la rentabilidad.

2.2.7.3 Prácticas anteriores de adopción de la peletización

En la literatura y en informes de campo, se han documentado varios casos exitosos de adopción de la peletización. Por ejemplo, en empresas de cría de ganado de tamaño mediano y grande, se utiliza este proceso para regular más estrictamente la dieta, reducir la variación en la ingesta y aumentar la eficiencia productiva. (Mastian, 2025)

Estas operaciones indicaron que la ganancia de peso, la estabilidad nutricional y una disminución de problemas digestivos resultaron en mejores ganancias. Además, mostraron una mayor estabilidad en términos logísticos y una menor dependencia de mano de obra intensiva

en la gestión de alimentos, factores importantes para la sostenibilidad técnica y económica de los sistemas ganaderos.

2.3 Resultados de la Investigación

Los resultados obtenidos en la presente investigación son favorables y verifican efectivamente la influencia positiva que se obtuvo al adoptar un sistema de peletización para fabricar alimento nutricional a base de plantas para bovinos.

Con la producción de alimento a base de plantas en forma de pellets, se observó una mejora sustancial en la eficiencia del sistema actual de alimentación de ganado. Se desarrolló una formulación y alimento compuesto basado en: soya, afrecho, maíz molido y trigo en proporciones técnicas favorables para el crecimiento de los bovinos.

El maíz cumple el papel de principal proveedor de energía en la fórmula; la soya contribuye con proteínas de alta calidad a la mezcla, el afrecho añade fibra y el trigo ayuda con todos los demás elementos nutricionales. Esta formulación permite un alimento con más proteína de pasto, 13.8%, y energía metabolizable, 2.9 Mcal/kg, que la presente en los alimentos balanceados convencionales.

El proceso de peletización transformó esta mezcla en un producto físico distinto que puede ser altamente compactado, uniforme y estable. El hecho de que los pellets tuvieran una textura sólida y dura, fueran uniformes en tamaño y su contenido de humedad estuviera entre el 11 y el 12% facilitó su manejo y redujo su potencial inestabilidad de almacenamiento cuando se someten a condiciones ambientales variables.

Una de las ventajas clave de este alimento balanceado fue su aceptación por parte del ganado, por lo que consumían voluntariamente más. Para proporcionar este alimento peletizado a base de plantas, que elevó la calidad nutricional del alimento dado al ganado en general, se pueden encontrar ciertas ventajas y beneficios en la gestión, el rendimiento porcentual de productividad y la eficiencia porcentual de incorporación del sistema de alimentación. Se demostró que, al usar tecnologías adecuadas, las materias primas vegetales podrían

transformarse en alternativas para lograr ganancias significativas de optimización en el rendimiento productivo del ganado.

3. CAPÍTULO IV

1.1 Conclusiones

- La elaboración del balanceado vegetal permitió diseñar y obtener un producto con características físicas más uniformes y con un proceso de peletización técnicamente controlado. Este avance evidenció la viabilidad de transformar materias primas vegetales en un alimento con mejor presentación y facilidad de manejo, sentando las bases para futuras evaluaciones nutricionales y de impacto en el consumo animal.
- El sistema de peletización ha permitido la conversión de materias primas vegetales en un producto más denso, duradero y consistente que contiene altos niveles de nutrientes. El sistema tenía un diseño técnico útil, para obtener pellets de alta calidad con suficiente densidad, bajo contenido de humedad y buena palatabilidad. Esta mezcla procesada, una combinación de maíz, afrecho, soya y trigo, estaba alejada del alimento tradicional en muchos aspectos.
- La suplementación con alimento peletizado permitió obtener un producto con consistencia adecuada, uniformidad y bajo porcentaje de polvo, haciendo así viable su almacenamiento y manejo. También se observó que es posible utilizar materias primas vegetales: salvado, soja, maíz molido, trigo, para convertirlo en un alimento estructurado y estandarizado. Así, se comprobó la viabilidad técnica de obtener un alimento vegetal para ser utilizado como una alternativa en perspectiva de aplicaciones futuras en la alimentación bovina.

3.2 Recomendaciones

- Los productores de ganado podrían considerar los sistemas de peletización como una alternativa adecuada para una mejor eficiencia de alimentación cuando las materias primas vegetales producidas orgánicamente de origen local, bajo condiciones óptimas, tienen el potencial de alcanzar los límites establecidos en estándares de alta calidad.
- Es importante monitorear el rendimiento del sistema de peletización, así mismo, la formulación del alimento debe adaptarse según la demanda nutricional de los bovinos, las condiciones ambientales y los estados fisiológicos.
- Para maximizar los beneficios del alimento peletizado, se sugiere implementar buenas prácticas de manejo postproducción, tales como el almacenamiento en condiciones adecuadas de temperatura y humedad, a fin de preservar la calidad del producto.

BIBLIOGRAFÍA

- Aganovic, K., Hertel, C., Vogel, R. F., Johne, R., Schlüter, O., Schwarzenbolz, U., Jäger, H., Holzhauser, T., Bergmair, J., Roth, A., Sevenich, R., Bandick, N., Kulling, S. E., Knorr, D., Engel, K., & Heinz, V. (2021). Aspects of high hydrostatic pressure food processing: Perspectives on technology and food safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(4), 3225–3266. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12763>
- Bucheli, L. V. B., de la Cruz, T. D. B., Rodríguez, K. N. E., Erazo, L. M. S., Ocaña, R. D. C. O., & Nastar, T. D. R. C. (2024). Reconociendo la planta de alimentos balanceados para animales: innovación y gestión para un futuro sostenible. *Boletín Informativo CEI*, 11(3), 209–213.
- Cáceres Valencia, M. (2024). *Digestibilidad aparente de dos formas de alimentos concentrados (harina-pellets) en cuyes (Cavia porcellus) mejorados.*
- Cadenillas Cabrera, R. A. (2024). *Diseño de una extrusora en el proceso de la elaboración de arroz vitaminado para reducir la cantidad de arroz ñelen en la región Lambayeque.*
- Chantre López, A. R., Villada Castillo, H. S., Palechor Trochez, J. J., Montilla Buitrago, C. E., & Gómez López, R. A. (2023). Propiedades mecánicas de películas obtenidas a partir de pellets de almidón termoplástico almacenados en diferentes condiciones. *Acta Agronómica*, 72(3), 225–233.
- Chicaiza Molina, B. S., & Moreno Armas, G. I. (2023). *Diseño y construcción de una máquina peletizadora que elabore alimentos balanceados para ganado bovino.*
- Davila Torres, D. C. (2022). *Propuesta de instalación de una planta de producción de alimento peletizado de alta densidad nutricional.*
- Díaz Rivas, A. W., & Gálvez Girón, J. S. (2021). Análisis de eficiencia energética en una planta de alimentos balanceados para el desarrollo de indicadores y planes de mantenimiento centrados en la eficiencia productiva.
- Escobar, J. (2018). El empaque en los alimentos. *Revista Colombiana de Investigaciones*

- Agroindustriales*, 5(1), 4–5. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8739270.pdf>
- Espinoza, D. H. (2019). *Estudio de los procesos de almacenaje, secado y peletización de desechos del procesado de la oliva para su reutilización como biocombustible de uso industrial y domiciliario*. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?info=link&codigo=271472&orden=0>
- Esteban Guido, J., & Carlos Urroz, U. (2023). *Propuesta de nivelación de capacidad productiva del proceso de Peletizado Plantel# 1 Aceitera El Real S, A enfocado en el dimensionamiento del actual enfriador, comprendida del periodo de Julio a Noviembre del año 2023* (Doctoral dissertation, Universidad de Ciencias Comerciales).
- FAO. (2023). *Transformar los sistemas ganaderos para mejorar su eficiencia, inclusividad y resiliencia*. Publications; FAO. <https://www.fao.org/publications/news-archive/detail/transforming-livestock-systems-for-better-efficiency--inclusiveness-and-resilience/es>
- FAO. (2023). *Avances y desafíos en la ganadería de América Latina y el Caribe - Medidas de mitigación apropiadas para cada país*. Santiago, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc8210es>
- FAO. (2025). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: Columna de opinión - Pérdida y Desperdicio de Alimentos: una realidad inaceptable | FAO en Ecuador | Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <https://www.fao.org/ecuador/noticias/detail-events/en/c/1651620/>
- Fernández Ramírez, K. I. (2024). *La gelificación de los almidones de cereales y su impacto en la calidad de pellet en el desarrollo y engorde del cerdo (Sus scrofa)* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2024).
- Garzón Granja, C. M., & Mendes Ortiz, L. A. (2021). *Prototipo de una máquina peletizadora para la fabricación de balanceado utilizado en la alimentación de conejos*.
- Guaman Anasicha, S. B. (2024). *Diseño de una planta de alimentos balanceados para bovinos y porcinos en el cantón Alausi*.

- Huanca Silva, L. (2022). *Efecto de un alimento peletizado elaborado con residuo de rumen bovino en los parámetros productivos del pato doméstico (Cairina moschata domestica)*.
- Liaño Abascal, N., Padrón Delgado, A. C., Pérez Colas, M., & González Suárez, E. (2023). Alternativas tecnológicas para la peletización del bagazo de caña como forma de encadenamiento productivo. *Revista Universidad y Sociedad*, 15(4), 111–119.
- Llanes Iglesias, J. E. (2021). Efecto del procesamiento de la dieta sobre el desempeño productivo de *Clarias gariepinus*. *Revista de Producción Animal*, 33(1), 1–9.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202021000100001
- Mastian Sisa, R. M. (2025). *Descripción de los procesos tecnológicos más utilizados en la fabricación de alimentos balanceados y su uso en producción animal* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2025).
- Milla-Luna, M., Cruz-Bacab, L., Ramírez-Vera, S., Arjona-Jiménez, G., & Zapata-Campos, C. (2021). Contenido de proteína y fibra en forrajes tropicales no afecta la preferencia en conejos de engorda. *Abanico Veterinario*, 11, e405.
<https://doi.org/10.21929/abavet2021.35>
- Milo Anzures, P. (2023). *Obtención y evaluación de pellets basados en materia orgánica para la liberación de fósforo y su aprovechamiento en la agricultura*.
- Muñoz Muñoz, R. N. (2025). *Efecto de las principales variables del proceso de atomización en llama oxiacetilénica, sobre la sinterización de gránulos de circona estabilizada con itria aglomerados mediante peletización en tambor*.
- Orozco Muñoz, C. E. (2021). *Propuesta de mejora en el área de producción para reducir los costos operativos en una empresa de alimentos balanceados en la ciudad de Trujillo, 2021*.
- Osorio-Giraldo, J. F., Calderón-Bedoya, V., de Mesa, O. L., & Restrepo-Berrio, D. (2024). Importancia de la disponibilidad de alternativas forrajeras para la alimentación de ganado bovino. *Revista Politécnica*, 20(39), 18–30.

- Paredes, S. F. R., Guamán, R. B. C., & Pérez, J. S. V. (2025). Reaprovechamiento de biomasa orgánica del mercado La Colón del cantón Milagro para la producción de pellets alimentarios para animales de compañía. *Revista Científica Multidisciplinar G-nerando*, 6(1), ág-5722.
- Pedroza Padilla, D. A., & Coba Niño, L. C. (2021). *Prefactibilidad de planta de transformación de residuos del corte de césped en pellets para ganado*.
- Pérez Rosario, A. J., & Castro, J. M. (2023). *Propuesta de mejora para reducir las fallas en el proceso productivo de peletizado de la empresa Alimentos Balanceados Albaca* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña).
- Puentes Piñeros, N. S. (2023). *Evaluación de la friabilidad de gránulos micrométricos aglomerados por peletización en tambor para su uso como materia prima en la elaboración de recubrimientos cerámicos por proyección térmica*.
- Rendón Gilbert, S. J., & Balmaseda Espinosa, C. (2021). *Estudio de factibilidad de una empresa procesadora de suplemento de Pollinaza para la alimentación del ganado bovino en la provincia de Santa Elena*.
- Rodríguez-Fontes, Y., Vázquez-Peña, A., & Carmen, del. (2023). Evaluación de tecnología para la producción a pequeña escala de alimento peletizado, para conejos. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 32(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542023000100007&script=sci_arttext&tlng=es
- Rubio Fernández, C. N. (2024). *Pastos y forrajes como fuente de alimento para animales en épocas de sequía* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2024).
- Sánchez Castillo, M. (2023). *Almacenamiento y tratamiento de las materias primas y producto terminado en una planta de biogás-biometano*.
- Véliz, B. N. (2021). *Estudio de factibilidad para la implementación de línea de peletizado en la Planta de Alimentos Concentrados para Consumo Animal de Zamorano* (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2021).
- Yousefian Astaneh, I., Chamani, M., Mousavi, S. N., Sadeghi, A. A., & Amin Afshar, M.

(2023). Effects of feed form (pellet or mash), corn particle size, and Bacillus-based probiotic supplementation on performance traits and digestive tract health of broiler chickens. *South African Journal of Animal Science*, 53(6), 784–796.
<https://doi.org/10.4314/sajas.v53i6.02>

ANEXOS

Anexo 1: Entrega de la peletizadora eléctrica por parte de las autoridades.



Anexo 2: Prueba y manejo de la peletizadora eléctrica.



Anexo 3: Colocación de suplementos mezclados en textura harinosa en la peletizadora.



Anexo 4: Salida de la mezcla, convertida en pellet de tamaño considerable para el ganado.



Anexo 5: *Aplicación del balanceado al comedero listo para la masticación y salivación del ganado al momento de ingerirlo.*



Anexo 6: *Ficha Técnica: Peletizadora eléctrica.*

FICHA TÉCNICA



PELETIZADORA ELÉCTRICA

80kg/hr - 150kg/hr



Máquina para piensos utilizada principalmente para la producción a pequeña escala de piensos para animales y aves de corral.

ATRIBUTOS

Es adecuado para granular una variedad de materias primas.
Bajo ruido y larga vida útil.

Especificaciones técnicas

Motor

Potencia:	4,5 kw/6HP
RPM:	1440 (50Hz/60Hz)
Voltaje :	220V AC monofásico
Corriente:	22A

Modelo 9KLP100

Modelo 9KLP150



