UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Evaluación del valor nutricional y digestibilidad *in vitro* de diferentes proporciones de fruto de descarte y rastrojos de *Musa* spp. ensilados en diferentes tiempos

TESIS

Para optar el título profesional de Médico Veterinario Zootecnista

Br. David Gustavo Villanueva Oyola

TUMBES, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Evaluación del valor nutricional y digestibilidad *in vitro* de diferentes proporciones de fruto de descarte y rastrojos de *Musa* spp. ensilados en diferentes tiempos

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Dr. Sánchez Suárez, Héctor Alfredo
Presidente

Dr. Campaña Olaya, Jalmer Fidel
Secretario

Mg. Guzmán Tripul, Víctor Santos
Vocal

TUMBES, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Evaluación del valor nutricional y digestibilidad *in vitro* de diferentes proporciones de fruto de descarte y rastrojos de *Musa* spp. ensilados en diferentes tiempos

Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido y forma:

Bach. Villanueva Oyola, David Gustavo
Ejecutor

Mg. M.V. Omar Enrique Jibaja Cruz
Asesor

Mg. I.Z. Víctor Alexander Temoche Sócola
Co-asesor

TUMBES, 2026

ACTA DE SUSTENTACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
EX FUNDO FISCAL LA CRUZ-CAMPUS UNIVERSITARIO
SECRETARIA ACADÉMICA

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

En Tumbes, a los tres días del mes de febrero de dos mil veintiséis, siendo las ONCE horas, con ONCE minutos (11:15), de la MAÑANA, de forma presencial en el Aula Virtual Nº 02 de la Escuela de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agrarias se reunieron el Jurado Calificador, designado por Resolución Nº 026-2023/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D, **Dr. Héctor Alfredo Sánchez Suárez** (Presidente), **Jalmer Fidel Campaña Olaya** (Secretario), **Mg. Victor Santos Guzmán Tripul** (Vocal), reconociendo en la misma resolución además, al **Mg. Omar Enrique Jibaja Cruz,** como **Asesor,** y al **Mg. Víctor Alexander Temoche Sócola**, como **Co-asesor,** se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, **"Evaluación del valor nutricional y digestibilidad in vitro de diferentes proporciones de fruto de descarte y rastrojos de *Musa* spp. ensilados en diferentes tiempos";** para optar el Título Profesional de Médico Veterinario y Zootecnista, presentado por el **Bach. David Gustavo Villanueva Oyola,** Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte del sustentante y después de la deliberación, el jurado según el artículo Nº 75 del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, declara al: **Bach. DAVID GUSTAVO VILLANUEVA OYOLA,** APROBADO, por UNANIMIDAD, con el calificativo BUENO,

Se hace conocer al sustentante, que deberá levantar las observaciones finales hechas al informe final de tesis, que el jurado le indica.

En consecuencia, queda APTO para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del Título Profesional de Médico Veterinario y Zootecnista, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria Nº 30220, el Estatuto, Reglamento General, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las DOCE horas y CERO minutos del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia del público asistente.

Tumbes, 03 DE FEBRERO DEL 2026

Dr. Héctor Alfredo Sánchez Suárez DNI Nº 02837861 CODIGO ORCID 0000 0003-2395-5056 Presidente	**Dr. Jalmer Fidel Campaña Olaya** DNI Nº 00236469 CODIGO ORCID 0000 0002-0804-1208 Secretario
Mg. Victor Santos Guzmán Tripul DNI Nº 18090530 CODIGO ORCID 0000 0002-5034-8238 Vocal	

C.C. - JURADOS (03) -ASESOR Y(CO)-INTERESADO-ARCHIVO (Decanato)
S.acad.

Informe de originalidad - Software Turnitin

Evaluación del valor nutricional y digestibilidad in vitro de diferentes proporciones de fruto de descarte y rastrojos de Musa spp. ensilados en diferentes tiempos

INFORME DE ORIGINALIDAD

11%	8%	4%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de Tumbes Trabajo del estudiante	3%
2	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uteq.edu.ec Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA Trabajo del estudiante	<1%
6	Willan Caicedo, Derwin Viáfara, Manuel Pérez, Felipe Norberto Alves Ferreira et al. "Características químicas del ensilado de raquis de plátano (Musa paradisiaca) y banano orito (Musa acuminata AA) tratado	<1%

Su ORCID ID es: https://orcid.org/0000-0002-4417-8981

con suero de leche y urea", Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 2020
Publicación

7	www.novauniversitas.edu.mx Fuente de Internet	<1 %
8	www.yumpu.com Fuente de Internet	<1 %
9	network.bepress.com Fuente de Internet	<1 %
10	1library.co Fuente de Internet	<1 %
11	www.produccion-animal.com.ar Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.upse.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
13	www.pastizales.org Fuente de Internet	<1 %
14	ica.mxl.uabc.mx Fuente de Internet	<1 %
15	www.cipav.org.co Fuente de Internet	<1 %
16	docta.ucm.es Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	

Su ORCID ID es:
https://orcid.org/0000-0002-4417-8981

Su ORCID ID es: https://orcid.org/0000-0002-4417-8981

		<1 %
18	repositorionacionalcti.mx Fuente de Internet	<1 %
19	Adriana Geovanna Yanchaliquin Yanchaliquin, Renato Agustín Renato Agustín. "Effect of oregano essential oil and ozonation as an alternative for shelf-life extension in cooked beans (*Phaseolus vulgaris L.*)", ACI Avances en Ciencias e Ingenierías, 2026 Publicación	<1 %
20	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
21	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
22	aes.ucf.edu.cu Fuente de Internet	<1 %
23	cjascience.com Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	Achu Nina, Cristobal. "Determinacion de la composicion botanica y quimica de la dieta seleccionada por la llama (Lama glama) en pastoreo durante la epoca lluviosa en la	<1 %

Comunidad Pujrata.", Brigham Young University, 2020
Publicación

Su ORCID ID es: https://orcid.org/0000-0002-4417-8981

26	David José Godoy Padilla, Rossmery Daza La Plata, Lisania Melisa Fernández Curi, Anita Elizabeth Layza Mendiola et al. "Caracterización del valor nutricional de los residuos agroindustriales para la alimentación de ganado vacuno en la región de San Martín, Perú", Ciencia & Tecnología Agropecuaria, 2020 Publicación	<1 %
27	Isabel Escobosa-García, Fidel Núñez-Ramírez, Antonio Morales-Maza, Juan Carlos Vázquez-Angulo et al. "Response of Wheat to Potassium Application at Two Sites With Contrasting Soil Properties in the Mexicali Valley, Mexico", REVISTA TERRA LATINOAMERICANA, 2025 Publicación	<1 %
28	Víctor Temoche-Socola, David Villanueva, Omar Jibaja, David Godoy-Padilla et al. "Effects of conservation time and ingredient proportion on the nutritional composition and in vitro digestibility of Musa spp. silages for small ruminant feeding", Frontiers in Animal Science, 2026 Publicación	<1 %

29	dspace.espoch.edu.ec:8080 Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.uaaan.mx Fuente de Internet	<1 %
31	www.redalyc.org Fuente de Internet	<1 %
32	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
33	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
34	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
35	Submitted to colpos Trabajo del estudiante	<1 %
36	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %

Su ORCID ID es:
https://orcid.org/0000-0002-4417-8981

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 15 words
Excluir bibliografía	Activo		

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fuerza y la sapiencia para seguir con mis metas a pesar de las adversidades. ***A mis padres David y Ubaldina****,* quienes han sido el apoyo incondicional durante esta carrera, brindándome siempre sus consejos y sus buenos deseos, siendo el ejemplo de perseverancia que he tenido siempre presente. ***A mi tía Natividad y a mi primo Joao,*** quienes estuvieron conmigo desde el inicio de mi carrera dándome ánimo para seguir adelante y que hoy son mis ángeles, se que desde donde estén se sienten orgullosos de mí. ***A mi primo Ismael,*** que me acompañó en la ejecución de mi proyecto, siendo muy importante para la culminación de este con su buena disposición y su arduo trabajo, sé que también estás orgulloso de mí. ***A mi pareja Yhovira***, quien está conmigo desde el inicio de este camino y siendo un ejemplo de lo que se debe hacer para llegar a nuestras metas. A todos ustedes les dedico con mucho amor esta parte de mi vida porque sin ustedes no habría llegado hasta aquí.

David Villanueva.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi ***asesor Mg. M. V. Omar Enrique Jibaja Cruz,*** por su guía en las diferentes etapas de mi carrera, siendo parte fundamental en este proceso. A mi ***co-asesor Mg. Víctor Alexander Temoche Sócola*** quien con sus conocimientos y su dedicación aportó significativamente en este proceso de tesis.

A la Universidad Nacional de Tumbes y a todos los docentes con los que tuve el gusto de llevar cursos, que fueron parte esencial de mi formación como profesional, gracias por compartir su sabiduría y su experiencia.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria, por darme la oportunidad de ejecutar mi tesis en sus instalaciones, facilitándome el material y equipos para llevar a cabo este estudio.

David Villanueva.

INDICE

Página

I. INTRODUCCIÓN....17
II. ESTADO DEL ARTE....18
2.1. Bases teórico-científicas....20
2.1.1. Alimentación....20
2.1.2. Nutrición....21
2.1.3. Ensilaje....21
2.1.4. Tipos de ensilados....22
2.1.5. Ensilaje como alternativa para la alimentación del ganado....22
2.1.6. Los plátanos....23
2.1.7. Digestibilidad....24
2.2. Antecedentes....25
III. MATERIALES Y MÉTODOS....29
3.1.1. De campo....29
3.2. Metodología....29
3.2.1. Lugar de ejecución....29
3.2.2. Población y muestra.....29
3.2.3. Preparación del ensilaje y colecta de datos....30
3.2.4. Muestreo y análisis del ensilaje....32
3.2.5. Diseño de investigación y análisis estadístico....33
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN....33
V. CONCLUSIONES....46
VI. RECOMENDACIONES....47
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS....49
ANEXOS....59

INDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1. Factores, niveles y tratamientos del experimento……29
Tabla 2. Valor nutricional del ensilaje según tiempo de almacenamiento y porcentaje de materia prima, y su digestibilidad *in vitro*……33
Tabla 3. Nomenclatura de los silos elaborados según tratamiento y repetición…53
Tabla 4. Resultados de los análisis proximales y de digestibilidad de los diferentes ensilados preparados con frutos y rastrojo de *Musa* spp. a diferentes tiempos de almacenamiento. 55

INDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Análisis estadístico factorial 3x3 para el parámetro materia seca, realizado en programa estadístico Minitab Statistical…….....57

Figura 2. Análisis estadístico factorial 3x3 para el parámetro humedad, realizado en programa estadístico Minitab Statistical…….…….....58

Figura 3. Análisis estadístico factorial 3x3 para el parámetro proteínas, realizado en programa estadístico Minitab Statistical…….…….....59

Figura 4. Análisis estadístico factorial 3x3 para el parámetro cenizas, realizado en programa estadístico Minitab Statistical…….…….....60

Figura 5. Análisis estadístico factorial 3x3 para el parámetro extracto etéreo, realizado en programa estadístico Minitab Statistical……..…….....61

Figura 6. Análisis estadístico factorial 3x3 para el parámetro fibra cruda, realizado en programa estadístico Minitab Statistical…….....62

Figura 7. Análisis estadístico factorial 3x3 para el parámetro fibra detergente neutra, realizado en programa estadístico Minitab Statistical…….....63

Figura 8. Análisis estadístico factorial 3x3 para el parámetro fibra detergente ácida, realizado en programa estadístico Minitab Statistical……..64

Figura 9. Análisis estadístico factorial 3x3 para el parámetro extracto libre de nitrógeno, realizado en programa estadístico Minitab Statistical…….....65

Figura 10. Análisis estadístico factorial 3x3 para el parámetro digestibilidad, realizado en programa estadístico Minitab Statistical……..66

Figura 11. Imágenes de la ejecución de la tesis……67

RESUMEN

El presente trabajo de investigación evaluó las propiedades nutritivas del ensilaje de frutos y rastrojos de *Musa* spp. preparados a diferentes tiempos de fermentación. Se evaluaron 9 tratamientos que consistieron en mezclas de 100% de fruto de plátano, proporción 50% de fruto de plátano y 50% de rastrojos, y 70% de fruto de plátano y 30% de rastrojo; cada uno con diferentes tiempos de ensilaje (60, 90 y 120 días). Se colectaron muestras de ensilaje para cada uno de los tiempos de fermentación propuestos y se analizaron componentes químicos como materia seca (MS), humedad, proteína cruda, cenizas (CNZ), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), extracto libre de nitrógeno (ELN) y digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS). Los resultados indican que los tratamientos que contenían rastrojos de plátano en su preparación (30 y 50% de rastrojos), contenían los mejores niveles de proteínas. Asimismo, la materia seca fue más estable en los tratamientos que contenían 100% de fruto de plátano, sin diferencias en el tiempo de ensilaje. En cuanto a la FDN y FDA, todos los tratamientos se encontraron dentro de los valores recomendados para un producto ensilado, siendo más altos y estables en los tratamientos que contenían 30 y 50% de rastrojos. En cuanto a la digestibilidad *in vitro*, solo los tratamientos con 100% de fruto de plátano, tuvieron mejor porcentaje de digestibilidad. De manera general, los ensilados con mejores características de calidad correspondieron a los tratamientos T1R1 y T3R1, en cuanto a sus valores de MS, FDN, FDA y digestibilidad *in vitro*.

Palabras clave: caprinos, *Musa* spp., digestibilidad, valor nutricional, ensilado.

ABSTRACT

The present research work evaluated the nutritive properties of silage of *Musa* spp. fruit and stubble prepared at different fermentation times. Nine treatments were evaluated, consisting of mixtures of 100% plantain fruit, 50% plantain fruit and 50% stubble, and 70% plantain fruit and 30% stubble, each with different ensiling times (60, 90 and 120 days). Silage samples were collected for each of the proposed fermentation times and chemical components such as dry matter (DM), moisture, crude protein (CP), ash (CNZ), ethereal extract (EE), crude fiber (CF), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), nitrogen-free extract (NFE) and *in vitro digestibility of dry matter* (IVDMD) were analyzed. The results indicate that the treatments containing banana stubble in their preparation (30 and 50% stubble) contained the best protein levels. Likewise, dry matter was more stable in the treatments containing 100% plantain fruit, with no differences in ensiling time. As for NDF and FDA, all treatments were within the recommended values for a silage product, being higher and more stable in the treatments containing 30 and 50% stubble. As for in vitro digestibility, only the treatments with 100% plantain fruit had a better digestibility percentage. In general, the silages with the best in vitro digestibility were the ones with the best *in vitro* digestibility.

Key words: goats, *Musa* spp., digestibility, nutritional value, silage.

I. INTRODUCCIÓN

La crianza caprina en el Perú se concentra principalmente en la costa y sierra del país y es una de las producciones con menor beneficio económico, por ser explotaciones de baja producción, generadas por diferentes factores que afectan directa o indirectamente a esta actividad económica. Uno de los factores más importantes es la falta de alimento ocasionada por la escasez de lluvias y además, no se tiene alimento de reserva y ningún plan de alimentación (MINAGRI, 2017).

Una de las formas de alimentación del ganado caprino en estas zonas, es el uso de rastrojos y frutos de descarte de la agricultura; entre estos, el del plátano, el cual es una fuente de alimentación valiosa para el consumidor y el ganado caprino, además de ser una fuente de ingreso importante (Vegas, 2013). La utilización de residuos agrícolas en la alimentación animal permitió la reducción de costos de producción en el sistema pecuario, los cuales pueden ser aprovechados a través de procesos biotecnológicos como el ensilado. Este procedimiento se fundamenta en un proceso anaeróbico controlado, permitiendo obtener alimentos con un contenido nutricional elevado para los animales, de acuerdo como lo señala el MINCETUR (2019).

El plátano como alimento es rico en glúcidos y bajo en proteína lo que facilita la preparación del ensilado a partir de fruto verde, rastrojos o frutos relativamente maduros. El ensilado por otra parte, es un proceso de conservación de forraje y otros alimentos que a través de fermentaciones mantiene al alimento en un estado semejante a cuando están frescos (MINCETUR, 2019).

La digestibilidad *in vitro* es un parámetro clave para evaluar la calidad nutricional de los ensilados destinados a la alimentación animal. Estudios han demostrado que la inclusión de frutos de *Musa* spp. en ensilados mejora significativamente la digestibilidad de la materia seca, aumentando el contenido de glúcidos no fibrosos

y pectinas, lo que potencia el valor energético del forraje. Por ejemplo, al combinar corona de piña con guineo cuadrado (*Musa* ABB), se observa un incremento en la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, alcanzando valores superiores al 84 % en mezclas con un 30 % de guineo cuadrado. Estos resultados sugieren que la utilización de subproductos de *Musa* spp. en ensilados puede ser una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia alimenticia en rumiantes (Lazo-Salas et al., 2018)

En Perú, el plátano destaca por ser una buena fuente de alimento para el consumidor final, al tiempo que constituye un importante suministro de alimentos para el agricultor y su familia. Se cree que el crecimiento de esta cadena industrial ayuda a 147 987 familias, que dependen de ella tanto directa como indirectamente. Asimismo, Perú cultiva más de 160 000 ha de plátanos, con una producción anual estimada de 1 450 000 t, ubicándose el 70 % de las áreas de cultivos en la región amazónica, el 22 % en la costa norte (Piura y Tumbes) y 6.5 % en diferentes departamentos del país (Gerencia Regional de Desarrollo Económico, 2018).

Por tal motivo, Tumbes y Piura están considerados como los departamentos con mayor representatividad en la producción de banano en la zona norte del país. Según el anuario de producción agrícola del 2018, el departamento de Tumbes registró una superficie cosechada de 5 226 ha, produciendo 120 375 t, posicionando a la región de Tumbes como uno de los productores principales de banano a nivel nacional (MINAGRI, 2019).

No obstante, se observa que los residuos foliares generados durante la cosecha y el porcentaje de banano descartado o rechazado, por no cumplir con los estándares exigidos por el mercado, resultan considerablemente altos. Estos subproductos son usados tradicionalmente como fuente alimenticia para el ganado, sin embargo; mediante un proceso de fermentación láctica bajo condiciones anaeróbicas, es posible transformarlos en alimento para animales de alto valor nutricional, incluso obteniendo mejores rendimientos a comparación de prácticas convencionales de suministro de alimento (MINAGRI, 2019).

Considerando que el departamento de Tumbes concentra un 3.44% de la población de caprinos a nivel nacional, la cual presenta una baja tasa reproductiva, atribuida

principalmente a las deficiencias en el manejo alimenticio y nutritivo, situación que se intensifica durante las épocas secas de la región. En el presente contexto y ante la necesidad de identificar alternativas que mejoren las practicas alimenticias en los caprinos, surge la iniciativa de investigar la relación entre el periodo de ensilaje y la proporción de residuos foliares. Por ello, en la búsqueda de alternativas en alimentación de caprinos es que nace la idea de investigar la relación del período de ensilaje, la relación de residuos foliares y frutos provenientes de la producción de banano, así como la influencia en la calidad nutricional del ensilaje (Flores, G. 2012).

En consecuencia, el presente estudio propone el objetivo de articular la cadena productiva del banano con la producción caprina, a través de la evaluación de las propiedades nutricionales del ensilaje elaborado a partir de frutos de descarte y rastrojo *Musa* spp., considerando diferentes tiempos y proporciones, así como la digestibilidad aparente de cada tipo de ensilaje obtenido.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Bases teórico-científicas

2.1.1. Alimentación

Dado que las cabras son rumiantes por naturaleza, el forraje se considera su principal fuente de fibra en su alimentación, incluso en sistemas con altos niveles de producción, este resulta insuficiente para cubrir sus requerimientos nutricionales. Diversos autores señalan que forrajes de alta calidad en cabras lecheras puedes satisfacer las necesidades de una producción diaria de entre 2,5 y 3 kg de leche; no obstante, en rendimientos que superan los 3 kg de leche por día, resultan indispensables el uso adecuado de alimentos balanceados (Arias, 2017).

En tal sentido, la alimentación es considerada uno de los componentes fundamentales dentro de la cadena productiva caprina, puesto que es responsable de aportar al animal las proteínas, energía, vitaminas, minerales y agua necesaria para su adecuado desempeño productivo. Sin embargo, en condiciones de sequía, la disponibilidad de forraje suele ser limitada, lo cual dificulta cubrir los requerimientos nutricionales, siendo necesario sustituir o complementar la dieta con piensos concentrado o en su defecto con forrajes conservados (Bacilio, B. 2015).

Así mismo, Reyes (2015) señala que el ganado caprino consume diversos tipos de forrajes ya sean secos o frescos, con el propósito de mantener un óptimo estado fisiológico, consecuentemente mejorando la productividad del animal. Cabe resaltar que una de las características propias de los caprinos es la presencia de un retículo de menor tamaño, junto con una elevada ingesta de alimento, atribuida a su menor nivel de digestibilidad. Por esta razón, cuando los animales se encuentran en sistemas de estabulación, resulta prioritario formular raciones balanceadas en función del nivel productivo de la etapa fisiológica en la que se encuentren.

2.1.2. Nutrición

El ganado caprino presenta una alta eficiencia sobre el aprovechamiento de los alimentos consumidos, por lo que resulta fundamental establecer un equilibrio adecuado entre aporte energético y proteico, dado que este balance contribuye directamente a mejorar el rendimiento productivo. En este sentido, la satisfacción de los requerimientos nutricionales en la producción caprina debe considerar diversos factores inherentes al animal, tales como la edad, la categoría productiva, sexo y estado fisiológico, los cuales influyen de manera significativa en su desempeño productivo (Elizondo-Salazar, 2008). La evaluación de estos factores resulta relevante, ya que de ello depende el incremento o la diminución de los niveles productivos; cuando esto son insuficiente, el ganado caprino se vuelve más susceptible a enfermedades, lo que puede derivar en una reducción de su vida productiva (Cruz, 2015)

Según Roig (2003) independientemente del sistema de producción, el ganado caprino necesita una adecuada diversidad de nutrientes para mantenerse en un óptimo estado sanitario y, consecuentemente, alcanzar mayores niveles de producción. De manera general, los nutrientes esenciales para la nutrición animal se agrupan en cinco categorías principales: engería, proteínas o compuestos nitrogenados, vitaminas, minerales y agua. Desde un enfoque cuantitativo, el nutriente requerido en mayor proporción en el agua, seguido por la energía y la proteína; mientras que las vitaminas y los minerales, aunque indispensables, son necesarios en menores cantidades. Por ello, para optimizar y organizar la alimentación de una majada dentro de un sistema productivo específico, es imprescindible realizar un diagnóstico nutricional que identifique los aspectos prioritarios de cada predio, empleando metodologías adecuadas al tipo de sistema de producción y la disponibilidad de los recursos alimenticios.

2.1.3. Ensilaje

Es un proceso de conservación de alimentos que tiene como base la fermentación anaerobia de glúcidos presentes en el forraje dando como resultado la formación de ácido láctico, permitiendo el almacenamiento de alimento con buena calidad y palatabilidad, dependiendo de la composición química, el clima y microorganismos usados. El almacenamiento de estos compuestos se hace en silos tapados

herméticamente. Existen varios tipos de ensilaje que son escogidos dependiendo de factores como el tipo de explotación ganadera, recursos económicos y condiciones de terreno (Garcés et al., 2004).

2.1.4. Tipos de ensilados

El ensilado se hace a base de pasto fresco, que es guardado en silos de manera anaerobia, para luego ser usado en época de escasez. Se pueden ensilar también los residuos de cosecha. Hay tres tipos de ensilado: silos tipo parva que consiste en ensilar sobre el suelo usando mantas de plástico, tipo trinchera que consiste en hacer una poza larga y poco profunda que es cubierta con mantas de plástico; y tipo salchicha en el cual se ensila en bolsas a presión y tensión (MINAGRI, 2011).

2.1.5. Ensilaje como alternativa para la alimentación del ganado

De acuerdo con Estrada (2002), el ensilaje se define como una técnica de conservación de forrajes basada en un proceso de fermentación anaeróbica, la cual puede complementarse con la incorporación de aditivos destinados a favorecer o mejorar dicho proceso fermentativo. En este sentido, el ensilaje resulta un método adecuado para la preservación de diversas especies forrajeras, lo que explica su creciente utilización como alternativa frente a la escasez de alimento durante determinadas épocas del año, además de representar un apoyo para la sostenibilidad económica de los productores (Martins et al., 2012).

Asimismo, Estrada (2002) señala que la elaboración de ensilajes contribuye de manera positiva tanto a la producción cárnica como lechera. Bajo este enfoque, la eficiencia del silaje en la alimentación de rumiantes depende fundamentalmente de la calidad del material vegetal utilizado. No obstante, en muchos casos, los costos de producción o la limitada disponibilidad regional del ensilaje elaborado a partir de frutos restringen su uso, afectando principalmente a los pequeños productores. Por esta razón, el aprovechamiento de subproductos agroindustriales y forrajes para la elaboración de ensilajes se presenta como una alternativa viable, al generar opciones alimenticias accesibles para los productores los periodos de escasez estacional.

2.1.6. Viabilidad del ensilado

La viabilidad del ensilado de subproductos de *Musa* spp., como el raquis de plátano, se ha evidenciado mediante mejoras en su composición nutricional y digestibilidad *in vitro*, especialmente cuando se incorporan aditivos como *Gliricidia sepium*. En un estudio reciente, se observó que al sexto mes de fermentación, el ensilado con adición de *Gliricidia* presentó un aumento en la proteína bruta (7,38 %) y extracto libre de nitrógeno (38,35 %), junto con una reducción en la fibra bruta (38,41 %) y cenizas (20,8 %), en comparación con el tratamiento control. Estos resultados indican que la inclusión de *Gliricidia* no solo mejora la calidad nutricional del ensilado, sino que también contribuye a su estabilidad y digestibilidad a lo largo del tiempo, lo que lo convierte en una alternativa viable para la alimentación de rumiantes durante períodos de escasez de forraje (Cevallos-López et al. 2025).

2.1.7. Los plátanos

El plátano es considerado a nivel mundial el cuarto cultivo más importante, debido a su condición de producto básico y de exportación, lo que lo convierte en una fuente relevante de empleo e ingresos en numerosos países de las regiones tropicales y subtropicales. Cabe destacar que la biomasa aérea de la planta de plátano puede representar aproximadamente el 200% del peso del ruto cosechado, lo que evidencia el elevado volumen de material vegetal generado durante la producción.

Según García & Martínez (1999), al momento de la cosecha, la planta de plátano está conformada aproximadamente por un 15 % de hojas, un 50 % de pseudotallos y un 2 % de raquis; esta biomasa suele recolectarse conjuntamente con el fruto, el cual representa el 33 % restante. De acuerdo con García (1996), en el manejo agronómico del cultivo se aplica una práctica que consiste en el corte de la planta tras la cosecha con el fin de permitir la regeneración de un nuevo brote. En este proceso, una parte considerable del material vegetal no es apta para el consumo humano, motivo por el cual dichos residuos han sido objeto de investigación para evaluar su potencial aprovechamiento en la alimentación animal. Asimismo, es importante considerar que la producción de este cultivo es elevada y que se clasifica dentro de los cultivos perennes.

El banano se posiciona, por tanto, como el cuarto cultivo más relevante a nivel mundial, después del arroz, el trigo y el maíz. Desde el punto de vista nutricional, la banana presenta un alto valor energético, que oscila entre 1,1 y 2,7 kcal por cada 100 g, además de contener cantidades significativas de vitaminas del complejo B y vitamina C, comparables a las del tomate o la naranja. Asimismo, aporta diversas sales minerales, entre las que destacan hierro, fósforo, potasio y calcio (Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior, 2018).

2.1.8. Digestibilidad

La digestibilidad permite estimar la proporción de nutrientes contenidos en una ración que pueden ser efectivamente absorbidos durante su tránsito por el aparato digestivo. Este proceso constituye una etapa fundamental en la utilización de los nutrientes por el organismo y representa uno de los principales parámetros empleados para evaluar el valor nutricional de los ingredientes destinados a la alimentación animal. En este sentido, no es suficiente que un alimento o sus componentes presenten elevados contenidos de proteína u otros nutrientes, sino que estos deben ser digeribles para que puedan ser asimilados y, en consecuencia, aprovechados de manera eficiente por el organismo que los consume (Lachmann & Araujo, 2000).

La digestibilidad *in vitro* es una herramienta analítica fundamental que permite estimar la proporción de nutrientes que pueden ser efectivamente absorbidos por los animales durante la digestión. Esta técnica simula las condiciones del tracto digestivo, utilizando líquido ruminal y enzimas digestivas, para evaluar la fracción de un alimento que es susceptible de ser degradada y absorbida. Entre los métodos más reconocidos se encuentran los desarrollados por Tilley y Terry (1963) y por Goering y Van Soest (1970), que han demostrado una alta correlación con los resultados obtenidos en ensayos *in vivo*. La aplicación de estas técnicas es esencial para determinar no solo la composición química de un alimento, sino también su valor nutricional real, ya que un alto contenido de nutrientes no garantiza su disponibilidad para el organismo si estos no son digeribles. Por lo tanto, la digestibilidad in vitro se convierte en un parámetro clave para la formulación de dietas eficientes y sostenibles en la producción animal (Wang et al., 2016).

2.2. Antecedentes

El estudio realizado por Álvarez et al. (2015) denominado **"Calidad fermentativa y nutritiva del ensilado de subproductos de plátano para cabras"**, determinaron la capacidad de ensilaje de los subproductos frescos de las industrias de envasado de plátano, analizar la composición química y las características fermentativas del ensilaje. Se llevaron a cabo pruebas con tres combinaciones diferentes: 100 % plátano verde (PV), 50 % PV – 50 % racimo (R), y 50 % PV – 50 % R con aditivos (AD). Los resultados mostraron un contenido moderado de materia seca y un bajo valor proteico en general. Siendo la combinación 50 % PV 50 % R con AD la más adecuada para el ensilaje, con un olor agradable y buenas características visuales En otra investigación realizada por Caicedo y Flores (2020), señalan que en su estudio llamado **"Características nutritivas de un ensilado líquido de banano orito (*Musa acuminata* AA) con tubérculos de taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) y su efecto en cerdos de posdestete**", evaluaron en la dieta de cerdos posdestete el uso de ensilaje líquido de banano orito mezclado con tubérculos de taro, donde se evaluaron ensilajes a los 1, 4, 8, 15, 30 y 60 días de fermentación, los cuales se suplementaron a 60 lechones castrados distribuidos en 3 grupos de 20 animales y alimentados en un porcentaje de 0, 2 y 4% de ensilaje incluido en la dieta, dando como resultado buenas características organolépticas, además de buenos niveles de proteína, materia seca, materia orgánica, energía metabolizable, energía digestible y energía bruta; también presentó reducidos niveles de fibra, grasa y cenizas. Asimismo, la suplementación de este ensilaje al 2 y 4% mejoró los factores que afectan la eficiencia alimenticia.

Wang et al. (2016), en el estudio denominado **"Efectos del tiempo de ensilado sobre la composición química, la fermentación y la degradación ruminal del ensilado de pseudotallos de plátano en Sacco"**, comprobaron el efecto del tiempo en la dinámica de la fermentación, la composición química y la degradación ruminal del ensilado de pseudotallos de plátano de 0, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, y 90 días en bolsa de polietileno. Los glúcidos solubles en agua disminuyeron significativamente en los días 20 y 30, la proteína bruta aumentó significativamente luego de 50 días, el ácido láctico aumentó en los días 30 y 40, la degradabilidad efectiva fue superior en el ensilaje tras 80 días de fermentación.

Thiet et al. (2022) en su estudio **“Utilización de ensilado de hoja de plátano y pseudotallo (*Musa* spp.) en sustitución del salvado de arroz en la dieta de jabalíes cruzados en crecimiento”**, determinaron el efecto de las fuentes aditivas en el ensilaje de hoja y pseudotallo de plátano, y evaluaron su uso en la dieta de jabalíes cruzados en crecimiento, utilizando una metodología experimental, donde se probó alimentando a los animales con 0, 10 y 20% de ensilaje incluido en la dieta. La suplementación de ensilaje al 10% en la dieta no tuvo efectos negativos, mientras que al ser suplementado al 20% tuvo efectos negativos en la ingesta de pienso y la ganancia de peso.

Por su parte, Bustamante (2015) en su investigación **“Suplementación con ensilaje de residuos de hoja de plátano y subproductos industriales en vacas lecheras”**, evaluó el impacto de la alimentación de vacas lecheras con ensilado producido a partir de subproductos industriales y restos de hoja de plátano (Musa paradisiaca). Para ello empleó un enfoque experimental, y llegó a la conclusión de que el ensilado que contenía residuos de hojas de plátano y torta de soja producía mayores beneficios porque era más rentable en relación con el volumen de producción. También demostró que las condiciones corporales de las vacas eran idénticas y el consumo de ensilado era comparable, aunque notablemente inferior, en el grupo que recibió ensilado con residuos de hoja de plátano y torta de palmiste.

Caicedo et al. (2020), en su investigación **“Características químicas del ensilado de raquis de plátano (*Musa paradisiaca*) y banano orito (*Musa acuminata* AA) tratado con suero de leche y urea”,** el objetivo de este estudio era evaluar las propiedades químicas de los plátanos (*M. paradisiaca*) y el ensilado de raquis de plátano (*M. acuminata* AA) tratados con suero lácteo y urea para su uso en animales. Los resultados mostraron que los plátanos tenían una consistencia sólida y semisólida, un color marrón claro y oscuro, y un olor ácido de suave a fuerte. Además, la composición nutricional del plátano y el raquis de plátano se mejoró mediante la aplicación de material de secado, melaza, urea y suero lácteo, lo que aumentó la calidad del pienso para el ganado.

Orlando (2018), realizó la investigación titulada **“Elaboración de ensilaje de cáscara de banano de *Musa paradisiaca* utilizando microorganismos**

eficientes”, donde evaluó el ensilaje y el microorganismo eficiente (ME) más palatable para el ganado bovino, identificando los factores físicos organolépticos de los ensilajes elaborados, determinando mediante pruebas bromatológicas el contenido de proteínas, grasas, ceniza, humedad y materia seca. Los resultados permitieron concluir que los tratamientos Starlite (ácidos húmicos) y control (melaza) produjeron un elevado consumo de pienso. Estos tratamientos también mostraron cualidades superiores en cuanto a la textura de la cáscara en descomposición, un color marrón amarillento y un agradable olor a vinagre dulce. Según los resultados de la prueba bromatológica, que identificó una diferencia a nivel proteico, los tratamientos que incluían melazas y Starlite se distinguieron estadísticamente de los demás; también mostraron una reacción superior al proceso de ensilado y un menor coste de producción.

Correa (2015), por su parte, propone la investigación denominada **“Evaluación de la calidad nutricional y viabilidad económica del ensilaje de residuos de hoja de plátano (*Musa paradisiaca*) y subproductos de la industria (palmiste y torta de soya)”**, donde evalúa la calidad nutricional y viabilidad económica del ensilaje de residuos de hoja de plátano y los subproductos de la industria. Se concluye finalmente que, el ensilaje de tipo 2 (con torta de soya) presentó mayor valor nutricional en proteína cruda (26.2 %), energía metabolizable (1.7 %) y digestibilidad de la materia seca (63.6 %), pese a ello, el ensilaje de tipo 1 (con palmiste) generó menores pérdidas económicas en su fabricación.

López (2016), en su investigación llamada **“Composición química y digestibilidad *in situ* de las cáscaras de banano (*Musa paradisiaca*), frejol gandul (*Cajanus cajan*) y maíz (*Zea mays*) colonizados con hongos (*Pleurotus* sp.)”**, evaluó el impacto sobre la digestibilidad *in situ* de añadir residuos de cosecha colonizados por hongos filamentosos. Dado que T1 (cáscara de plátano) produjo los porcentajes más elevados, llegaron a la conclusión de que la presencia del hongo en los residuos de cosecha no influía en la digestibilidad de la fibra.

Grandez (2018), en su investigación llamada **“Caracterización nutricional de once variedades de residuos de cosecha en la región Amazonas”** en la cual encontró que existen diferencias significativas ($p<0.05$) entre la caracterización

nutricional de once variedades de residuos de cultivos en la región amazónica, según su análisis. La hoja de plátano presentó los valores más altos para proteína total, energía bruta, extracto etéreo, cenizas y fósforo (19.81 %), 4.41 %, 5.74 %, 9.34 % y 0.30 %, respectivamente; para fibra bruta, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido, el rastrojo de maíz tuvo valores de 33.6 %, 56.84 % y 48.88 %, respectivamente; y para calcio y extracto de nitrógeno libre, el plátano tuvo valores de 0.57 % y 84.76 %, respectivamente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. De campo

Libreta de anotaciones, baldes para ensilaje, rotuladores permanentes, bolsas de primer uso de 2 kg, dosificador, jeringas de 5 y 10 mL y guantes de látex. Los instrumentos y equipos usados en este proyecto fueron balanza romana de 100 kg, picadora modelo JF 30P y ensiladora manual.

3.2. Metodología

3.2.1. Lugar de ejecución

Se desarrolló en el Área de Investigación Controlada de la Estación Experimental Agraria - EEA Los Cedros – Tumbes del INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria), y los análisis proximales se realizaron en el laboratorio LABSAF EEA Baños del Inca del INIA de Cajamarca.

3.2.2. Población y muestra.

La población experimental estuvo constituida por ensilajes elaborados a partir de fruto de descarte de plátano y rastrojos vegetales (hojas y pseudotallo).

La unidad experimental estuvo representada por cada silo preparado, con un peso aproximado de 20 kg de materia prima fresca.

Se evaluaron 9 tratamientos, resultantes de la combinación de:

Tres tiempos de almacenamiento: 60, 90 y 120 días

Tres proporciones de materia prima:

R1 = 100% fruto de descarte

R2 = mezcla fruto–rastrojo

R3 = mayor proporción de rastrojo

Cada tratamiento se estableció con cuatro repeticiones, obteniéndose un total de 36 unidades experimentales.

Para los análisis de laboratorio, se tomó una muestra representativa de 300 g por cada silo, al momento de su apertura.

3.2.3. Preparación del ensilaje y colecta de datos

Se trabajó con la selección de materias primas para la preparación del ensilado, seleccionando rastrojos de *Musa* spp. (50 % de hojas, 25 % de tallos y pseudotallos, y 25 % de racimos y flores) tras el deshojado, deshoje, desherbado y despalillado; y el descarte de frutos tras el desherbado y la recolección.

Posterior a la selección se realizó el picado tanto del rastrojo como el del fruto de descarte postcosecha. Esta actividad se llevó a cabo en la picadora modelo JF 30P de dos cuchillas de forma simple, de capacidad de 39 kg con el tamaño de picado de 15 mm.

Se realizaron las siguientes combinaciones de ensilaje:

- R1: 100 % fruto de descarte
- R2: 50 % fruto de descarte: 50 % rastrojo
- R3: 70 % fruto de descarte: 30 % rastrojo

Seleccionado y picado el producto, se envasó, compactó y selló en baldes de 20 kg de capacidad de acuerdo con el porcentaje de fruto de descarte y rastrojo seleccionado. Posterior al proceso de ensilaje, se almacenó en zona limpias, libres de roedores y con seguridad para la posterior evaluación. Cada balde fue identificado y sometido a los siguientes periodos de tiempo de conservación:

- T1: 60 días
- T2: 90 días
- T3: 120 días

En la tabla 1, se muestra la nomenclatura desarrollada para cada ensayo considerando el factor tiempo (tiempo de conservación) y factor proporción (relación rastrojos) los mismos que tienen tres niveles y factorizados se tienen como producto 9 tratamientos. El estudio se desarrolló bajo un diseño factorial con dos factores principales: el tiempo de conservación del ensilado (T) y la proporción de materia

prima (R). El factor tiempo incluyó tres niveles: 60 días (T1), 90 días (T2) y 120 días (T3); mientras que el factor proporción consideró tres combinaciones: 100 % fruto de descarte (R1), 50 % fruto de descarte y 50 % rastrojo de cosecha (R2), y 70 % fruto de descarte con 30 % rastrojo de cosecha (R3). La interacción de ambos factores dio lugar a nueve tratamientos experimentales (T1R1 a T3R3), lo que permitió evaluar el efecto conjunto del periodo de fermentación y la composición del ensilado sobre su valor nutricional y digestibilidad *in vitro*.

Tabla 1. Factores, niveles y tratamientos del experimento.

Factor	Nivel	Tratamiento	Observación
T (tiempo de conservación	T1 (60 días)	T1R1	(60 días, 100 % fruto de descarte)
	T2 (90 días)	T1R2	(60 días, 50 % fruto de descarte y 50 % rastrojo de cosecha)
	T3 (120 días)	T1R3	(60 días, 70 % fruto de descarte y 30 % rastrojo de cosecha)
		T2R1	(90 días, 100 % fruto de descarte)
	R1 (100 % fruto de descarte)	T2R2	(90 días, 50 % fruto de descarte y 50 % rastrojo de cosecha)
		T2R3	(90 días, 70 % fruto de descarte y 30 % rastrojo de cosecha)
R (proporción)	R2 (50 % fruto de descarte y 50 % rastrojo de cosecha)	T3R1	(120 días, 100 % fruto de descarte)
	R3 (70 % fruto de descarte y	T3R2	(120 días, 50 % fruto de descarte y 50 % rastrojo de cosecha)

	30 % rastrojo de cosecha)	T3R3	(120 días, 70 % fruto de descarte y 30 % rastrojo de cosecha)

El experimento contempla 4 repeticiones según la metodología desarrollada por Guamán (2019); por lo tanto, se elaboraron 36 silos considerando los 9 tratamientos y las 4 repeticiones, la nomenclatura se muestra en el cuadro 2 (Anexo 1).

3.2.4. Muestreo y análisis del ensilaje

Para el muestreo del silaje se colectó 300 g a la apertura de cada silo, de cada uno de los 36 silos elaborados con una capacidad de 20 kg. La muestra fue rotulada y enviado al laboratorio LABSAF EEA Baños del Inca del INIA de Cajamarca, para realizar los análisis de materia seca (MS), ceniza cruda (CNZ), proteína cruda, extracto etéreo (EE), extracto libre de nitrógeno (ELN) y fibra cruda (FC) por el método de Weende, fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) por el método de van Soest; y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) por el método de Clarke et al. (1982). Asimismo, se realizó el cálculo de la DIVMS a partir de la FDA con la siguiente fórmula:

$$\%DIVMS = 88.9 - (\%FDA \times 0.779)$$

El método de digestibilidad *in vitro* desarrollado por Clarke, Flinn y McGowan, es una técnica enzimática que simula la digestión ruminal e intestinal para estimar la digestibilidad de la materia seca en forrajes y subproductos agrícolas. Este procedimiento consiste en una digestión secuencial de la muestra: primero, se incuba con pepsina en un medio ácido para emular la fase gástrica; luego, se somete a una digestión con celulasa en condiciones neutras, replicando la acción microbiana del rumen. Tras las incubaciones, se filtra y seca el residuo no digerido para determinar la materia seca residual, calculando así la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) mediante la fórmula:

$$DIVMS\ (\%) = [(MS\ inicial - MS\ residual) / MS\ inicial] \times 100.$$

Este método ha demostrado una alta correlación con los valores de digestibilidad obtenidos *in vivo*, siendo una herramienta eficaz y económica para evaluar la calidad nutricional de forrajes y subproductos agrícolas.

3.2.5. Diseño de investigación y análisis estadístico

1.1 Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, experimental y cuantitativa, orientada a evaluar el efecto del tiempo de almacenamiento y de la proporción de materia prima sobre la calidad nutricional y la digestibilidad in vitro del ensilaje elaborado a partir de residuos de plátano (*Musa spp.*).

El estudio se desarrolló bajo un **d**iseño experimental factorial 3 × 3 completamente al azar, considerando como factores el tiempo de ensilaje y la proporción de materia prima empleada en la formulación del ensilado.

Así mismo, el presente diseño nos permitirá analizar el efecto de cada factor y la interacción tiempo x mezcla sobre las siguientes variables:

- Materia seca (MS)
- Humedad (H)
- Proteína cruda (PC)
- Ceniza (CNZ)
- Extracto etéreo (EE)
- Fibra cruda (FC)
- Fibra detergente neutra (FDN)
- Fibra detergente acida (FDA)
- Extracto libre de nitrógeno (ELN)
- Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS)

De igual manera, el modelo estadístico utilizado fue el modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk}=\mu + A_i + B_j + (A \times B)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = i-esimo valor nutricional y digestibilidad

μ = Media poblacional

A_i = Efecto de la i-ésima tiempo de conservación

B_j = Efecto del j-ésimo proporción de rastrojo y fruto de descarte

$(A \times B)_{ij}$ = efecto de la interacción del tiempo de conservación y la proporción de rastrojo y fruto de descarte

ε_{ijk} = Error

Por último, el análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) correspondiente a un diseño factorial 3×3 completamente al azar, con dos factores: tiempo de conservación del ensilaje (tres niveles) y proporción de materia prima (tres niveles), y cuatro repeticiones por tratamiento, totalizando 36 unidades experimentales. De acuerdo con el modelo estadístico propuesto, los grados de libertad fueron de 2 para el factor tiempo, 2 para el factor proporción, 4 para la interacción tiempo × proporción, 27 para el error experimental y 35 para el total. Cuando se detectaron diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$), se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey al 95% de confianza para la comparación de medias entre tratamientos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, en la tabla 2 se presentan los resultados promedios del análisis proximal del ensilado preparado a diferentes tiempos de conservación (60, 90 y 120 días) y con diferentes concentraciones de materia prima (100 %, 70 % y 50 % de fruto de descarte) para el ensilaje.

Tabla 2. Valor nutricional del ensilaje según tiempo de almacenamiento y porcentaje de materia prima, y su digestibilidad *in vitro*.

Tratamiento	MS (%)		H (%)		P (%)		CNZ (%)		EE (%)		FC (%)		FDN (%)		FDA (%)		ELN (%)		DIVMS (%)	
T1R1	26.05	B	73.95	a	4.47	b	4.96	b	0.99	c	3.08	c	17.53	d	10.47	c	86.5	a	69.82	a
T2R1	35.40	B	64.6	b	3.07	b	2.8	b	7.38	a	1.85	c	72.44	a	4.96	d	84.9	a	58.16	b
T3R1	32.25	B	67.75	b	3.06	b	3.68	b	1.76	c	4.57	c	15.33	d	8.55	d	86.93	a	73.94	a
T1R2	23.08	B	76.92	a	6.78	a	9.54	a	4.06	b	14.33	b	35.63	c	20.45	b	65.29	c	52.98	b
T2R2	28.17	B	71.83	b	5.56	b	8.79	a	3.31	c	12.07	b	34.28	c	18.39	b	70.26	c	52.47	b
T3R2	51.73	A	48.27	b	6.54	a	9.32	a	2.78	c	14.43	b	37.19	c	22.86	b	66.82	c	51.16	b
T1R3	47.32	B	52.68	b	6.62	a	8.65	a	3.50	c	15.82	a	40.19	b	24.66	a	65.41	c	51.24	b
T2R3	31.94	B	68.06	b	5.73	b	7.26	b	2.15	c	9.88	b	31.63	c	17.89	b	74.97	b	57.97	b
T3R3	28.49	B	71.51	b	6.46	a	8.7	a	2.33	c	10.62	b	31.82	c	18.26	b	71.89	c	57.19	b

Medias con letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).
Los valores corresponden al promedio de cuatro repeticiones por tratamiento.
Diseño experimental factorial 3×3 completamente al azar.
MS: Materia seca, H: Humedad, P: Proteína, CNZ: Ceniza, EE: Extracto etéreo, FC: Fibra cruda, FDN: Fibra detergente neutra, FDA: Fibra detergente ácida, ELN: Extracto libre de nitrógeno, DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

FDN=72.44% y FDA=4.96% en T2R1 (considerando que el valor es muy elevado y puede tener una fuente de erro). Los resultados del análisis proximal y de la digestibilidad *in vitro* del ensilaje de *Musa* spp., evidenciaron variaciones significativas en función del tratamiento aplicado, confirmando la influencia conjunta del tiempo de almacenamiento y de la proporción de materia prima utilizada en la mezcla sobre el valor nutricional y la digestibilidad *in vitro* del ensilaje de *Musa* spp.; sin embargo, la composición del sustrato mostró un efecto más determinante que la duración del proceso fermentativo.

En relación con la materia seca, se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos, destacando los ensilajes con mayor inclusión de rastrojo y mayores periodos de conservación, los cuales presentaron valores superiores. Este comportamiento sugiere una mayor pérdida de humedad durante el proceso fermentativo, favoreciendo la concentración de los componentes estructurales del ensilaje. El diagrama de Pareto (anexo 3), muestra que el factor más importante fue la interacción, lo que indica que la materia seca depende del tratamiento completo y no solo de los factores por separado. Así mismo, el anexo 4 (diagrama de Pareto) evidenció que la interacción entre el tiempo de almacenamiento y la proporción de materia prima fue el único factor con efecto significativo sobre el contenido de humedad del ensilaje, mientras que los factores evaluados de manera independiente no mostraron influencia estadística.

Por otro lado, el contenido proteico también mostró diferencias significativas entre tratamientos, evidenciándose valores más elevados en aquellos ensilajes que incluyeron proporciones intermedias y altas de rastrojo. Este resultado puede atribuirse al mayor aporte de compuestos nitrogenados presentes en las hojas y pseudotallos de la planta de plátano, lo que contribuye a mejorar el valor nutritivo del alimento para rumiantes. El diagrama de Pareto (anexo 5), evidenció que la proporción de materia prima fue el factor con mayor influencia sobre el contenido proteico del ensilaje, seguido del tiempo de almacenamiento. No se observó efecto significativo de la interacción entre ambos factores.

Con respecto a los componentes de la fracción fibrosa, tanto la fibra detergente neutra (FDN) como la fibra detergente ácida (FDA) presentaron variaciones significativas entre tratamientos, incrementándose conforme aumentó la proporción de material lignificado en la mezcla. Estos resultados son consistentes con la composición estructural del rastrojo, caracterizado por un mayor contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina, lo cual puede influir negativamente en la digestibilidad del alimento. El diagrama de Pareto (anexo 9), evidenció que el tiempo de almacenamiento y la interacción entre tiempo y proporción de materia prima fueron los factores con mayor influencia sobre el contenido de fibra detergente neutra del ensilaje, mientras que la proporción evaluada de manera independiente no mostró efecto significativo. Así mismo, el diagrama de Pareto (anexo 10), indica que la proporción de materia prima fue el factor con mayor influencia sobre el contenido de fibra detergente ácida del ensilaje, seguido del tiempo de almacenamiento. La interacción entre ambos factores mostró un efecto de menor magnitud.

En contraste, los tratamientos con mayor proporción de fruto de descarte presentaron valores superiores de extracto libre de nitrógeno, reflejando una mayor disponibilidad de glúcidos solubles fermentables. Esta condición favorece la actividad de las bacterias ácido-lácticas durante el ensilaje, contribuyendo a una fermentación más eficiente y a una mejor estabilidad del producto final. El diagrama de Pareto (anexo 11), evidenció que la proporción de materia prima fue el factor con mayor influencia sobre el contenido de extracto libre de nitrógeno del ensilaje, seguido del tiempo de almacenamiento, mientras que la interacción entre ambos factores presentó un efecto de menor magnitud.

En conjunto, los resultados evidencian que la calidad nutricional del ensilaje depende del tratamiento específico aplicado, confirmando la existencia de un efecto combinado entre el tiempo de almacenamiento y la proporción de materia prima. Estos hallazgos indican que la optimización de la formulación del ensilaje y del

periodo de conservación constituye un factor clave para mejorar su valor nutritivo y su potencial de utilización en la alimentación caprina. El diagrama de Pareto (anexo 12), indica que la proporción de materia prima fue el factor con mayor influencia sobre la digestibilidad del ensilaje, seguido de la interacción entre tiempo de almacenamiento y proporción, mientras que el tiempo evaluado de forma independiente mostró un efecto de menor magnitud.

Por otra parte, los tratamientos elaborados con mayor inclusión de rastrojo (R2 y R3) presentaron incrementos en el contenido de proteína y cenizas, lo que sugiere un mayor aporte de componentes estructurales vegetales, aunque este beneficio se vio contrarrestado por el aumento de las fracciones fibrosas, especialmente la fibra detergente neutra y ácida, asociadas a una menor degradabilidad del alimento. En contraste, los ensilajes compuestos exclusivamente por fruto de descarte (R1) registraron mayores valores de extracto libre de nitrógeno, reflejando una mayor disponibilidad de glúcidos solubles y, en consecuencia, un mejor potencial energético. Esta condición se tradujo en coeficientes superiores de digestibilidad, destacando el tratamiento T3R1 (120 días), que alcanzó el valor más alto de digestibilidad *in vitro* de la materia seca, lo que sugiere que una fermentación más prolongada favorece la utilización del fruto al promover una mayor solubilización de compuestos nutritivos. En conjunto, los hallazgos indican que, aunque la incorporación de rastrojo puede mejorar parcialmente la composición química del ensilaje, el incremento de la fibra limita su aprovechamiento nutricional, por lo que el uso predominante de fruto de descarte ensilado se perfila como una alternativa con mayor valor alimenticio para la nutrición animal. El contenido nutricional de un ensilado es una forma de medir su calidad, el cual depende del tipo de material que se lleva al proceso de ensilaje y de los cambios químicos que se producen a lo largo del proceso de fermentación y a la vez está relacionado con la digestibilidad del ensilado, lo cual debe ser evaluado (Noguer & Valles, 1977). Conforme a los resultados obtenidos en el análisis de varianza (ANOVA) demostraron significancia ($p<0.05$) en el tiempo de almacenamiento y la materia prima esto en el contenido de MS, por ello, se observó que el porcentaje de materia seca fueron menores al

óptimo (28 a 35 % MS) Filipi (2011), en los tratamientos T1R1 y T1R2 ($p<0.05$), aumentando en los tratamientos T2R1 ($p<0.05$), T3R1, T2R2 y T2R3, y elevado en los tratamientos T3R2 y T1R3 (con diferencias significativas $p<0.05$) que puede dificultar la compactación y favorecer el desarrollo de mohos si no se maneja de manera adecuada. Por otro lado, la interacción entre ambos factores (tiempo de almacenamiento y proporción de materia prima) fue significativa ($p<0.05$), indicando que el tiempo de almacenamiento influye sobre la materia seca dependiendo de la cantidad de materia prima utilizada.

Para Filippi, R. (2011), el objetivo principal del ensilaje como método de conservación es preservar el contenido nutricional original de la materia prima, minimizando al mismo tiempo la pérdida de materia seca y evitando se formen subproductos nocivos que podrían poner en peligro su salud de ganado y su capacidad de producción.

Según Rodríguez-Carías, A. (2019), el contenido ideal de materia seca para un ensilado se sitúa entre 30 y 35%, ya que un óptimo contenido de MS reduce tanto la cantidad de nutrientes liberados por el ensilado, así como la cantidad de efluentes, y además mejora la estabilidad del ensilado por aumento de acidez (reducción del pH). Se debe considerar que valores menores de 30% de MS pueden causar una fermentación ineficaz, un ensilado más susceptible a la putrefacción y el crecimiento de hongos y bacterias desfavorables. Sin embargo, un nivel de MS excesivamente alto (más del 40%) interferirá con la capacidad del ensilado para compactarse adecuadamente y tendrá un impacto negativo en la digestión y fermentación del alimento (RumiNews, 2024).

En cuanto a la materia seca según la gráfica de interacción de medias entre tiempo de ensilaje y porcentaje de materia prima, se verifica que el tratamiento T2R1 (90 días/100% de fruto de descarte), demostró un óptimo %MS (manteniéndose dentro de los valores óptimos (Anexo 3, gráfica de interacción para materia seca MS) y además este porcentaje de fruto de descarte evaluado, en el tiempo mantiene los valores más estables de este parámetro. El proceso de fermentación y estabilización

del ensilado explica la mayor y mejor concentración de materia seca a los 90 y 120 días. Los microorganismos convierten los glúcidos solubles en ácidos orgánicos durante el proceso de ensilado, lo que disminuye la cantidad de agua libre y, por tanto, aumenta el contenido de materia seca. Sin embargo, si se almacena de forma inadecuada, la calidad puede empezar a deteriorarse a partir de los 120 días, ya que los microorganismos secundarios podrían provocar el deterioro (Rosado, Y. 2022).

Considerando otros parámetros químicos evaluados, se observa que el porcentaje de proteínas y cenizas es mayor en los tratamientos T1R2, T1R3, T3R2 y T3R3 sin diferir significativamente entre los factores evaluados. Referente a las proteínas, se encontraron resultados similares a los obtenidos por Álvarez, S., Méndez, P., & Martínez -Fernández, A., (2015) quienes reportaron porcentajes de proteína cruda entre 4.15 a 6.78% en ensilados a base del fruto de plátano verde, combinaciones con raquis y algunos aditivos; considerándolo como niveles bajos de proteínas para un ensilado para alimentación de rumiantes. Evidenciándose efectos significativos ($P<0.05$) del tiempo de almacenamiento y la proporción a utilizar de materia prima, resultando ser significativa ($P=0.004$) para proteína y ($P=0.000$) en el caso de ceniza, indicando que las proporciones utilizadas son modificadas por el tiempo de almacenamiento. Estos porcentajes se relacionan con los contenidos de proteína bruta del plátano verde entero que contiene entre 1.1 a 4% y en banano verde entero 5.3 a 6.4% de proteína, en estado natural (Izquierdo, H., 2009). De igual forma, existe un buen aporte proteico contenido en los rastrojos de la planta, sobre todo en las hojas que puede llegar a 7.62 y 11.25% de proteína cruda (Vera, J., et. al. 2021). Sin embargo, no superan los valores obtenidos en un estudio realizado con *Musa paradisiaca* y *Musa acuminata*, con valores de proteínas entre 11.5 y 17.9% (Caicedo, W., et. al. 2020).

Así mismo, en los gráficos de interacción presentados, para la proteína (Anexo 5) se pudo notar que las líneas se cruzan, conociéndosele como un comportamiento inverso, lo cual indica que en la aplicación de proporciones bajas el contenido proteico aumenta con el tiempo y con niveles altos ocurre lo contrario. Para el caso

de ceniza (Anexo 6) se pudo apreciar que ocurría lo mismo, confirmando así el efecto combinado de ambos factores.

Por otra parte, se debe considerar que los procesos de fermentación dejan su aporte proteico dentro del ensilaje, debido al desarrollo celular bacteriano, estimulado por los porcentajes altos de ELN que son equivalentes a los carbohidratos solubles o digeribles (Castillo, et al., 2019). Basado en la gráfica de interacción se observa que los tratamientos de contenido de materia prima R2 y R3 presentan mejores porcentajes de proteínas, los que se estabilizan en el tiempo sin diferencias estadísticas. Estas mezclas balanceadas permiten una mejor preservación de los nutrientes, y el rastrojo contribuye con minerales esenciales adicionales, aumentando el contenido de cenizas en el análisis bromatológico. Esto puede ser más evidente si el rastrojo incluye partes como hojas o tallos con alto contenido mineral (López-Herrera, M., et al., 2017).

Con respecto a los valores de FDN se obtuvieron diferencias significativas en todos los tratamientos, se observa además un mayor porcentaje en el tratamiento T2R1 (72.44%), el cual se encuentra por encima de los valores óptimos (<50% FDN) aceptables para un ensilado (Filippi, R., 2011). Asimismo, los mejores valores obtenidos fueron para las proporciones de materia prima R2 y R3 (anexo 9, gráfica de interacción para FDN). Por otro lado, los valores de FDA que se encuentran directamente relacionados con la digestibilidad del ensilado, en este tratamiento (T2R1) fue menor al 5%. De igual manera, tanto el tiempo de almacenamiento como la proporción de materia prima influyeron significativamente ($P<0.05$) sobre la FDN ($P=0.000$) y FDA ($P=0.000$), mientras que la interacción entre ambos factores no demostró significancia para FDN ($P=0.844$) ni para FDA ($P=0.081$), lográndose notar en el Anexo 9 y Anexo 10, en el cual las líneas mostradas en la gráfica son casi paralelas, indicando que tanto para FDN y FDA aumenta de acuerdo con el tiempo de almacenamiento. Según Enríquez y Narváez, el valor promedio FDA de un ensilado de pasto debe ser menor de 30%, siendo el valor ideal 25%; valores superiores al 50% denotan ensilado de baja calidad. Al igual que el FDN, los mejores

valores obtenidos para FDA fueron para las proporciones de materia prima R2 y R3 (anexo 9, gráfica de interacción para FDN).

Los valores de FDN que incluyen la celulosa, hemicelulosa y lignina, permite estimar el porcentaje de pienso que comerán los animales, así tenemos que el aumento de la FDN provoca una disminución de la ingesta de pienso (Filippi, R., 2011). Asimismo, la FDA se compone principalmente de lignina y celulosa, por lo tanto, mayores concentraciones de esta variable harán que el ensilado sea menos digestible y tendrá menos energía (Ly, J., Postal, G., Brava, P.,2004).

Según Araiza-Rosales et al.(2015), el fruto del plátano aporta menos FDN y FDA, ya que contiene menos fibra estructural. Por el contrario, la celulosa, la hemicelulosa y la lignina son abundantes en las hojas y el raquis, lo que aumenta la composición en fibra estructural del ensilado. Las variaciones observadas dependen de la proporción utilizada de fruto versus rastrojos. Una mayor inclusión de rastrojos (hojas y raquis) incrementará los valores de FDN y FDA debido a su composición lignocelulósica. Durante el ensilado, los microorganismos fermentan parcialmente la hemicelulosa, reduciendo el contenido de FDN. Sin embargo, la celulosa y la lignina (FDA) permanecen más estables, explicando los valores más bajos de FDA en comparación con FDN. Esto depende también de la eficiencia de la fermentación y las condiciones de almacenamiento. Factores como el tamaño de las partículas, la compactación y la exclusión de oxígeno influyen en la degradación de componentes fibrosos y en los valores finales de FDN y FDA (López-Herrera, M., 2017).

En cuanto a la digestibilidad, los tratamientos T1R1 y T3R1 presentan los mejores valores (superior a 65%), considerando que estos tratamientos fueron una buena opción para la alimentación de rumiantes (Enríquez, C., & Narváez, M., 2003). Por otro lado, la digestibilidad del ensilado está directamente influenciada por el tiempo de fermentación, que está correlacionado con el contenido de materia seca y el tipo de silo (Fernández, C., et al., 2006).

El análisis ANOVA permitió evidenciar que el tiempo de almacenamiento, proporción de materia prima y la interacción de ambos, mostraron una interacción estadísticamente significativa ($P<0.05$) sobre la digestibilidad ($P=0.000$). La mayor digestibilidad observada en los ensilados con 100% de fruto de plátano a los 60 y 120 días de fermentación puede explicarse por factores relacionados con la composición de la materia prima, los procesos de fermentación y las condiciones del ensilaje. Así tenemos que, según Vega, et al. (2010), el fruto de plátano tiene un bajo contenido de fibra estructural como la lignina y celulosa (FDN y FDA) y un alto contenido de carbohidratos solubles disponibles para los microorganismos, en consecuencia, una mayor digestibilidad. Además, según el periodo de ensilaje a los 60 días (30 a 60) aproximadamente los microorganismos fermentan activamente los azúcares, produciendo ácidos lácticos que estabilizan el pH (Vega, M. et al., 2010). En esta fase, el ensilado alcanza un equilibrio donde los nutrientes solubles están en su punto óptimo para ser digeridos. Luego a los 120 días, los productos de la fermentación están completamente estabilizados y se han eliminado compuestos menos digestibles debido a procesos de hidrólisis parcial de las fibras. Esto explica por qué se mantiene una alta digestibilidad incluso en períodos más largos (Vega, M. et al., 2010).

En cuanto al extracto etéreo, todos los tratamientos se ubicaron dentro de los valores recomendados (2 a 7%), siendo los tratamientos a base de 100% de fruto de plátano lo que contenían menor porcentaje. Cabe mencionar que los rumiantes expuestos a altas concentraciones de extracto etéreo experimentan efectos adversos, como una menor degradación de la fibra, disminución de la ingesta voluntaria de alimento y posibles enfermedades digestivas como la diarrea (RumiNews, 2023).

Asimismo, se lograron observar coeficientes de variación (CV%) superiores a lo esperado (bajo <10-15%; medio 10- 20%, alto 20-30%, muy alto >30%) (Moreira, R., Mendoza, J., & Bravo, J, 2020), como en materia seca (MS), extracto etéreo

(EE), fibra cruda (FC), ceniza (CNZ) y fibra detergente neutra (FDN), lo cual puede deberse principalmente a la heterogeneidad del material vegetal usado en el ensilaje, puesto que la proporción hoja-tallo, la madurez y la humedad inicial no son completamente uniformes entre tratamientos ni entre repeticiones (Zuñiga-Orozco & Carrodeguas Gonzales, 2022).

Por otra parte, variaciones pequeñas durante el proceso de picado, la compactación y la densidad alcanzada en el ensilaje generan diferencias en la dinámica fermentativa, lo cual se reflejó en la variabilidad observada en CNZ y ELN y en la digestibilidad (DIVMS). Por último, algunos análisis proximales como la determinación de EE, FC o H son sensibles a perdidas mínimas de muestra, lo cual podría explicar los valores altos en estas variables (Ferraretto, L. F, & Shaver, R. D, 2015).

Estos resultados coinciden con investigaciones que destacan el uso del plátano, tanto el fruto como sus rastrojos, en ensilados como una estrategia eficiente para incrementar la digestibilidad de la materia seca y su aprovechamiento energético, lo cual es beneficioso en aplicaciones agropecuarias. Por otro lado, el ensilado de descarte de fruto de plátano presenta un balance nutricional adecuado para la alimentación de cabras, con digestibilidad superior y alto contenido energético en formulaciones con mayor proporción de fruto. Los tiempos de fermentación de 60 y 120 días optimizan el valor nutricional, mientras que los tratamientos con rastrojo ofrecen mayor proteína y fibra estructural, ideales para dietas balanceadas.

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, registrándose los valores más altos en los ensilajes elaborados exclusivamente con fruto de plátano y en aquellos con tiempos de fermentación prolongados. Este comportamiento se explica por el menor contenido de fibra estructural y la mayor presencia de azúcares fácilmente degradables, lo que favorece la degradación ruminal del alimento.

V. CONCLUSIONES

1. El análisis de varianza realizado bajo un diseño factorial 3×3 completamente al azar evidenció que la calidad nutricional del ensilaje elaborado a partir de residuos de *Musa* spp., estuvo influenciada significativamente por la combinación de los factores evaluados. La interacción entre el tiempo de almacenamiento y la proporción de materia prima resultó significativa en la mayoría de variables bromatológicas y en la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, lo que demuestra que el efecto de cada factor no actúa de manera independiente, sino en forma conjunta sobre la respuesta nutricional del ensilaje.

2. Asimismo, se observó que la proporción de fruto de descarte y rastrojo ejerció un efecto determinante sobre el contenido de proteína, la fracción fibrosa y la digestibilidad, mientras que el tiempo de conservación influyó principalmente en la estabilización del material ensilado y en la concentración de sus componentes estructurales. Estos resultados permitieron identificar diferencias estadísticas entre tratamientos mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey, confirmando que la formulación y el periodo de fermentación son factores clave para optimizar el valor nutritivo del ensilaje destinado a la alimentación caprina.

3. En términos generales, el modelo estadístico aplicado permitió demostrar que la selección adecuada de la proporción de materia prima y del tiempo de almacenamiento constituye una estrategia fundamental para mejorar la calidad nutricional del ensilaje, evidenciando la importancia de evaluar experimentalmente las combinaciones de tratamiento en sistemas de producción pecuaria.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda incluir la medición del pH durante el proceso de ensilaje para confirmar la estabilidad y conservación en el tiempo del producto, garantizando así un ensilado de alta calidad.

2. Considerar la adición de aditivos como melaza de caña e inóculos bacterianos tipo ácido láctico para acelerar el proceso de fermentación y obtener un ensilado más estable en menos tiempo, mejorando sus características nutricionales.

3. Es fundamental realizar pruebas directas en animales para determinar el valor real de digestibilidad del ensilaje, su conversión alimenticia y su mérito económico. Estas pruebas ayudarán a validar la eficiencia del ensilaje en condiciones reales de producción.

4. Dado que el tiempo de ensilaje afecta significativamente la calidad del producto, se recomienda monitorear y ajustar los tiempos de almacenamiento para maximizar la estabilidad y el valor nutricional del ensilaje.

5. Dado que el tiempo de ensilaje afecta significativamente la calidad del producto, se recomienda monitorear y ajustar los tiempos de almacenamiento para maximizar la estabilidad y el valor nutricional del ensilaje.

6. Realizar un análisis económico comparativo entre los diferentes tratamientos de ensilaje para identificar la opción más rentable y sostenible para los productores caprinos.

7. Es importante difundir los resultados de este estudio entre los productores locales mediante capacitaciones y talleres, promoviendo el uso de ensilajes como una estrategia viable para mejorar la alimentación de los caprinos durante los periodos de escasez.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Álvarez, S., Méndez, P., Martínez-Fernández, A. (2015). Fermentative and nutritive quality of banana by-product silage for goats. J Appl Anim Res [Internet]. 43(4):396–401. Disponible en: https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/09712119.2014.978782

2. Araiza-Rosales, E. E., Delgado-Licón, E., Carrete-Carreón, F. O., Medrano-Roldán, H., Solís-Soto, A., Rosales-Serna, R., & Haubi-Segura, C. U. (2015). Calidad fermentativa y nutricional de ensilados de maíz complementados con manzana y melaza. Ecosistemas y recursos agropecuarios, 2(6), 255-267. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90282015000300002&script=sci_arttext

3. Arias, R. (2017). Efecto de la suplementación energética sobre la fisiología digestiva del ganado caprino: Uso de anticuerpos policlonales multivalentes de origen aviar como moderador de parámetros rumiales. Universidad Nacional de La Plata. 2017. 156 pp. Disponible en: https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/63441/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

4. Bacilio, B. (2015). Estudio socioeconómico de la ganadería caprina (Capra hircus) en la zona norte de la parroquia Colonche, cantón Santa Elena. Universidad Estatal Península de Santa Elena. 111 pp. Disponible en: https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2260/1/UPSE-TAA-2015-011.pdf

5. Bustamante, D. (2015). Suplementación con ensilaje de residuos de hoja de plátano y subproductos industriales en vacas lecheras. Universidad de La Salle. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1426&context=zootecnia

6. Caicedo, W., Viáfara, D., Perez, M., Alves, F., Rubio, G. Yanza, R. (2020). Características química del ensilado de raquis de plátano (*Musa paradisiaca*) y banano orito (*Musa acuminata* AA) tratado con suero de leche y urea. Rev Investig Vet Peru [Internet]. 31(4). Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172020000400005&script=sci_arttext

7. Caicedo, W., Flores, A. (2020). Características nutritivas de un ensilado líquido de banano orito (Musa acuminata AA) con tubérculos de taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) y su efecto en cerdos de posdestete. Rev Investig Vet Peru [Internet]. 31(1). Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172020000100004&script=sci_arttext&tlng=pt

8. Castillo, W. E., Sánchez, H. A., Ochoa, G. M. (2019). Evaluación del ensilado de residuos de pescado y de cabeza de langostino fermentado con Lactobacillus fermentus aislado de cerdo. Revista de investigaciones Veterinarias del Perú. 30(4): 1456-1469 p. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172019000400007&script=sci_arttexthttp://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172019000400007

9. Cevallos-López, V., Macay-Anchundia, M., & Palma, R. (2025). Uso de agregados en la producción de ensilaje con raquis de plátano (*Musa*

paradisiaca). Ciencia y Tecnología, 18(2), 113-119. https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/925

10. Correa, P. (2015). Evaluación de la calidad nutricional y viabilidad económica del ensilaje de residuos de hoja de plátano. Universidad de la Salle. 2015. 68 pp. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/432/

11. Cruz, O. (2015). Estudio socioeconómico de la ganadería caprina (Capra hircus) en siete comunas de la parroquia Chanduy, Cantón Santa Elena. Universidad Estatal Península de Santa Elena. 112 pp. Disponible en: https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2261/1/UPSE-TAA-2015-012.pdf

12. Elizondo-Salazar, J. (2008). Requerimientos nutricionales de cabras lecheras. I. Energía metabolizable. Agronomía Mesoamericana. 19(1): 115-122. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/437/43711424013.pdf

13. Estrada, J. (2002). Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Universidad de Caldas. Disponible en: https://catalogo.ucaldas.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=19435

14. Fernández, C., Moreno, C., Baz, F. (2006). Alimentación caprina y calidad de la leche. Ganadería. (41): 42-47 p. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Ganad/Ganad_2006_41_42_47.pdf

15. Ferraretto, L. F, & Shaver, R. D, (2015). Effect of crop maturity and plant fraction composition on the nutritive value of tropical silages. Journal of Dairy Science, 98(11), 8322-8331. https://doi.org/10.3168/jds.2015-9375

16. Filippi, R. (2011). Conceptos básicos en la elaboración de ensilaje. Universidad de La Frontera. Chile.

17. Flores G. (2012). Alimentación caprina con desperdicios de rastrojo de plátano. Guía Técnica.

18. Garcés, A., Berrio, L., Ruiz, S., Serna, J., Builes, A. (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. Revista Lasallista de Investigación.1(1): 66-77 p. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/695/69511010.pdf.
Ministerio de Agricultura. (2011). Guía de conservación de forrajes. Perú.

19. García, A. (1996). Composición química de la harina de residuos foliares del plátano (Musa paradissiaca) . Revista Computadorizada de Producción Porcina, 3(1), 39-51.

20. García, A., & Martínez, R. (1999). Uso de follaje del plátano en la alimentación del cerdo. Revista Computadorizada de Producción Porcina, 6(1), 54-60.

21. Grandez, N. (2018). Caracterización nutricional de once variedades de residuos de cosecha en la Región Amazonas. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. 118 pp. Disponible en: https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/1636

22. Guamán, A. (2019) Composición química y digestibilidad de nutrientes del banano orito (*Mussa acuminate* AA) ensilado en cerdo de crecimiento Landrace x Duroc x Pietrain. Universidad Estatal Amazónica.

23. Gerencia Regional de Desarrollo Económico. (2018). La Agricultura en Piura. Gobierno Regional de Piura.

24. Goering, H.K. and Van Soest, P.J. (1970) Forage Fiber Analysis: Apparatus, Reagents, Pocedures and some Applications. USDA-ARS Agricultural Handbook 379, Washington DC.

25. Izquierdo, H. (2009). Empleo del follaje de plantas de Musa *ssp* como alternativa para la alimentación animal. Temas de Ciencia y Tecnología, enero-abril:49-60.

26. Lachmann, M., & Araujo, O. (2000). La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes. Departamento de Producción e Industria Animal, 1(1), 1-21.

27. Lazo-Salas, G., Rojas-Bourrillón, A., Campos-Granados, C., Zumbado-Ramírez, C. & Lopez-Herrera, M. (2018). Caracterización fermentativa y nutricional de mezclas ensilada de corona de piña con guineo cuadrado *Musa* (ABB)I. parámetros fermentatiavos, análisis bromatológico y digestibilidad in vitro. Nutrición Animal Tropical 12(1): 59-79. Disponible en: https://archivo.revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/33847/33391

28. López, C. (2016). Composición química y digestibilidad in situ de las cáscaras de banano (Musa paradisiaca), frejol gandul (*Cajanus cajan*), y maíz (Zea mays) colonizados con hongos (Pleurotus sp.). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 81 pp. Disponible en: https://repositorio.uteq.edu.ec/items/b43f807b-fe87-4e34-862c-e58810d08036

29. López-Herrera, M., Rojas-Bourrillon, A., & Zumbado-Ramírez, C. (2017). Características nutricionales y fermentativas de ensilados de pasto Camerún con plátano Pelipita. Agronomía Mesoamericana, 629-642. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v28n3/43752453008.pdf

30. Ly, J., Postal, G., & Brava, P. (2004). Bananas y plátanos para alimentar cerdos: aspectos de la composición química de las frutas y de su palatabilidad. Revista Computarizada de Producción Porcina, 11(3), 5-24.

31. Martins M, Neuman M, Marafon M, Gadens J y Ventura A. (2012). Aspectos do melhoramento genético de milho para produção de silagem. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada Nas Ciências Agrárias. 5(2): 173-192 p. Disponible en: https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/viewFile/1461/1746

32. MINAGRI. (2011). Guia de conservación de forrajes. Lima. 2011.

33. MINAGRI. (2017). Sistema de Estadística e Información. Lima. 2017.

34. MINAGRI. (2019). Sistema de Estadística e Información. Lima.

35. Mincetur. (2019). Tumbes: Reporte de comercio. Dirección General de Investigación y Estudios sobre Comercio Exterior. 2019.

36. Moreira, R., Mendoza, J., & Bravo, J. (2020). Importancia de la interpretación conjunta del coeficiente de variación y determinación en ensayos agrícolas: un estudio de caso con rendimiento de frijol. La Técnica, 30(2), 55–66.

37. Noguer, J., Valles, A. (1977). El ensilado y sus ventajas. Ministerio de Agricultura. Madrid. España. N° 2-17 HD. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1977_02.pdf

38. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). Producción de Banano Orgánico en Perú. Foro Mundial Bananero.

Disponible en: https://www.fao.org/world-banana-forum/projects/good-practices/organic-production-peru/es/

39. Orlando, G. (2018). Elaboración de ensilaje de cascara de banano de Musa paradisiaca utilizando microorganismos eficientes. Universidad Nacional del Sur de Manabí. 61 pp.
Disponible en: https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1046

40. Reyes, G. (2015). Caracterización de los sistemas de producción caprina de la parroquia Manglaralto, provincia Santa Elena. Universidad Estatal Península de Santa Elena. 98 pp. Disponible en: https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2251/1/UPSE-TAA-2015-002.pdf

41. Rodríguez-Carías, A. (2019). Forrajes conservados. Ensilaje. 64 Reunión Anual. Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales. Honduras. Disponible en: https://apps.iica.int/pccmca/docs/Minicursos/1.%20Abner%20Rodr%C3%ADguez/Abner_Rodr%C3%ADguez-Producci%C3%B3n%20Forrajes%20Conservados,%20Ensilaje.pdf

42. Roig, C. (2003). Alimentación del ganado caprino. Informe técnico. PROGANO-INTA. Sitio Argentino de Producción Animal. 22 pp. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_caprina/produccion_caprina/149-Alimentacion.pdf

43. Rosado, Y. (2022). Evaluación del ensilaje del subproducto del cultivo de plátano popocho (musa paradisiaca) (raquis, pseudotallo, hojas y plátano de descarte) como complemento alimenticio para bovinos. Tesis de bachiller.

Universidad Industrial de Santander. Santander, Colombia. 44 pp. Disponible en: https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/7c6febb4-7820-4cb3-ba92-32c46df1e796/content

44. RumiNews. (2023). Uso de grasas en nutrición bovina. 2023. Disponible en: https://rumiantes.com/uso-grasas-nutricion-bovina/?swcfpc=1

45. RumiNews. (2024). Revisión. Análisis de calidad del ensilaje. 2024. Disponible en: https://rumiantes.com/analisis-del-silo-calidad-ensilaje/?swcfpc=1

46. Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior. (2018). Plátano orgánico. Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior.

47. Sosa, D., Larco, C., Falconi, R., Toledo, D. y Suarez, G. (2006). Digestibilidad de maralfalfa (Pennisetum sp.) en cabras. Escuela Politécnica del Ejército. Departamento Ciencias de la Vida. Carrera de Ciencias Agropecuarias (IASA I). 2006.

48. Thiet, N., Van Binh, P., Nhan, N., Ngu, N. (2022). Using banana leaf and pseudo-stem (Musa spp) silage substituted rice bran in the diet of growing wild crossbred boar. Development. 34(7).
Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Thiet-Nguyen-4/publication/361701010_Using_banana_leaf_and_pseudo-stem_Musa_spp_silage_substituted_rice_bran_in_the_diet_of_growing_wild_crossbred_boar/links/62c04d4f894d625717c149a5/Using-banana-leaf-and-pseudo-stem-Musa-spp-silage-substituted-rice-bran-in-the-diet-of-growing-wild-crossbred-boar.pdf

49. Tilley, J. M. A. and R. A. Terry. (1963). A two stage technique for the in vitro digestión of forage crops. British Grassland society 18:104-111.

50. Vega, M. L. R., Castillo, C. A., & Téllez, E. (2010). Influencia del tiempo de maduración en la calidad nutricional de ensilajes con forrajes arbóreos. Revista Sistemas de Producción Agroecológicos, 1 (1), 63-73. https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/sistemasagroecologicos/article/view/562

51. Vegas, U. (2013). Manejo integrado de banano orgánico. Guía Técnica. Disponible en: https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/009-c-banano.pdf

52. Velasteguí, A., Arévalo, A., Bloisse, S. (2017). Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables. Dominio de las Ciencias. 3(2): 506-525 p. Disponible en: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6325873

53. Vera, J., Torres, S., Macías, H., Galarza, J., Piña, L., Morán, W., Rivera, L., Cabrera, Ó. (2021). Valoración nutricional de los residuos orgánicos de banano en el cantón La Troncal, Ecuador. Revista Universitaria del Caribe. 26(01), 78-86. Disponible en: http://portal.amelica.org/ameli/journal/415/4152507010/html/

54. Wang, C., Muhammad, A., Liu, Z., Huang, B., Cao, B. (2016). Effects of ensiling time on banana pseudo-stem silage chemical composition, fermentation and in sacco rumen degradation. The Journal of Animal & Plant Sciences. 26(2): 339-346. Disponible en: https://www.thejaps.org.pk/docs/v-26-02/06.pdf

55. Zuñiga-Orozco & Carrodeguas González, A. (2022). Variabilidad morfo-agronómica en genotipos de arroz en el pacifico central, costa rica. Ciencia y

agricultura, 19(1), 1-14. https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n1.2022.12567

ANEXOS

Anexo 1

Tabla 3. Nomenclatura de los silos elaborados según tratamiento y repetición.

Tratamiento	Repetición	Nomenclatura	Observaciones
T1R1	1	T1R1 – 1	Primera repetición del primer tratamiento
	2	T1R1 – 2	Segunda repetición del primer tratamiento
	3	T1R1 – 3	Tercera repetición del primer tratamiento
	4	T1R1 – 4	Cuarta repetición del primer tratamiento
T1R2	1	T1R2 – 1	Primera repetición del segundo tratamiento
	2	T1R2 – 2	Segunda repetición del segundo tratamiento
	3	T1R2 – 3	Tercera repetición del segundo tratamiento
	4	T1R2 – 4	Cuarta repetición del segundo tratamiento
T1R3	1	T1R3 – 1	Primera repetición del tercer tratamiento
	2	T1R3 – 2	Segunda repetición del tercer tratamiento
	3	T1R3 – 3	Tercera repetición del tercer tratamiento
	4	T1R3 – 4	Cuarta repetición del tercer tratamiento
T2R1	1	T2R1 – 1	Primera repetición del cuarto tratamiento
	2	T2R1 – 2	Segunda repetición del cuarto tratamiento
	3	T2R1 – 3	Tercera repetición del cuarto tratamiento
	4	T2R1 – 4	Cuarta repetición del cuarto tratamiento
T2R2	1	T2R2 – 1	Primera repetición del quinto tratamiento
	2	T2R2 – 2	Segunda repetición del quinto tratamiento
	3	T2R2 – 3	Tercera repetición del quinto tratamiento
	4	T2R2 – 4	Cuarta repetición del quinto tratamiento

T2R3	1	T2R3 – 1	Primera repetición del sexto tratamiento
	2	T2R3 – 2	Segunda repetición del sexto tratamiento
	3	T2R3 – 3	Tercera repetición del sexto tratamiento
	4	T2R3 – 4	Cuarta repetición del sexto tratamiento
T3R1	1	T3R1 – 1	Primera repetición del séptimo tratamiento
	2	T3R1 – 2	Segunda repetición del séptimo tratamiento
	3	T3R1 – 3	Tercera repetición del séptimo tratamiento
	4	T3R1 – 4	Cuarta repetición del séptimo tratamiento
T3R2	1	T3R2 – 1	Primera repetición del octavo tratamiento
	2	T3R2 – 2	Segunda repetición del octavo tratamiento
	3	T3R2 – 3	Tercera repetición del octavo tratamiento
	4	T3R2 – 4	Cuarta repetición del octavo tratamiento
T3R3	1	T3R3 – 1	Primera repetición del noveno tratamiento
	2	T3R3 – 2	Segunda repetición del noveno tratamiento
	3	T3R3 – 3	Tercera repetición del noveno tratamiento
	4	T3R3 – 4	Cuarta repetición del noveno tratamiento

Anexo 2

Tabla 4. Resultados de los análisis proximales y de digestibilidad de los diferentes ensilados preparados con frutos y rastrojo de *Musa* spp. a diferentes tiempos de almacenamiento.

Tratamiento	MS (%)	H (%)	P (%)	CNZ (%)	EE (%)	FC (%)	FDN (%)	FDA (%)	ELN (%)	DIVMS (%)
T1R1-1	26.87	73.13	4.50	4.71	0.96	2.99	17.08	9.90	86.84	73.97
T1R1-2	26.71	73.29	4.38	4.87	0.94	2.85	16.81	9.46	86.96	66.89
T1R1-3	25.54	74.46	4.38	4.97	1.15	3.48	18.89	10.19	86.02	69.89
T1R1-4	25.09	74.91	4.63	5.27	0.91	3.01	17.34	12.32	86.18	68.52
T1R2-1	24.02	75.98	6.50	10.57	4.64	15.56	39.47	22.55	62.73	49.55
T1R2-2	22.65	77.35	6.94	9.03	3.14	12.61	32.58	18.73	68.28	52.53
T1R2-3	22.50	77.50	6.88	9.96	3.41	15.06	35.48	20.60	64.69	54.99
T1R2-4	23.14	76.86	6.81	8.59	5.04	14.10	34.98	19.90	65.46	54.84
T1R3-1	59.30	40.70	5.75	8.82	3.84	15.54	37.61	22.60	66.05	53.98

T1R3-2	51.70	48.30	8.06	8.52	3.31	19.42	46.82	29.67	60.69	45.41
T1R3-3	21.63	78.37	5.63	9.02	4.27	14.42	36.50	21.14	66.66	51.28
T1R3-4	56.66	43.34	7.06	8.24	2.56	13.91	39.83	25.22	68.23	54.30
T2R1-1	32.94	67.06	2.91	3.00	6.94	3.38	74.23	5.18	83.77	56.32
T2R1-2	36.56	63.44	3.03	2.64	7.72	2.38	72.12	4.82	84.23	55.45
T2R1-3	35.27	64.73	3.22	2.77	6.99	1.13	72.73	4.87	85.89	61.23
T2R1-4	36.82	63.18	3.13	2.79	7.87	0.50	70.68	4.95	85.71	59.65
T2R2-1	25.34	74.66	5.13	7.48	2.19	8.96	30.64	16.33	76.24	55.84
T2R2-2	24.65	75.35	6.06	9.49	3.18	12.59	35.41	18.67	68.68	51.49
T2R2-3	27.58	72.42	5.63	7.76	3.60	12.71	33.55	18.26	70.30	52.23
T2R2-4	35.13	64.87	5.44	10.44	4.29	14.00	37.54	20.32	65.83	50.33
T2R3-1	22.44	77.56	6.50	7.56	2.15	11.39	35.31	19.56	72.40	53.71

T2R3-2	25.96	74.04	4.88	6.31	2.07	8.42	30.40	16.59	78.32	61.23
T2R3-3	26.01	73.99	5.50	6.94	1.96	9.01	30.68	17.52	76.59	59.95
T2R3-4	53.33	46.67	6.06	8.24	2.41	10.70	30.12	17.88	72.59	57.00
T3R1-1	36.45	63.55	2.94	3.45	0.64	1.82	10.99	6.78	91.15	84.05
T3R1-2	41.76	58.24	3.06	3.31	1.04	1.95	11.91	6.98	90.64	81.84
T3R1-3	23.57	76.43	3.19	3.98	3.22	7.82	15.32	7.23	81.79	62.54
T3R1-4	27.21	72.79	3.06	3.97	2.13	6.69	23.11	13.21	84.15	67.32
T3R2-1	62.14	37.86	4.88	11.55	3.22	11.89	34.32	19.44	68.46	52.85
T3R2-2	48.30	51.70	7.88	9.41	2.70	15.40	40.73	25.03	64.16	48.20
T3R2-3	51.23	48.77	6.44	8.77	2.65	13.84	38.35	23.79	68.30	52.43
T3R2-4	45.27	54.73	6.94	7.57	2.55	16.59	35.34	23.19	66.35	51.14
T3R3-1	28.32	71.68	6.69	7.74	2.29	10.68	31.07	18.52	72.60	57.20

T3R3-2	28.93	71.07	6.19	6.42	2.42	10.61	32.03	17.66	74.36	58.30
T3R3-3	26.92	73.08	6.50	7.52	2.54	10.54	31.09	18.25	72.90	56.34
T3R3-4	29.80	70.20	6.44	13.13	2.08	10.64	33.07	18.61	67.71	56.90

MS: Materia Seca, **H:** Humedad, **P:** Proteína, **CNZ:** Ceniza, **EE:** Extracto Etéreo, **FC:** Fibra cruda, **FDN:** Fibra detergente neutra, **FDA:** Fibra detergente acida, **ELN:** Extracto libre de nitrógeno, **DIVMS:** Digestibilidad in vitro de la materia seca.

Anexo 3

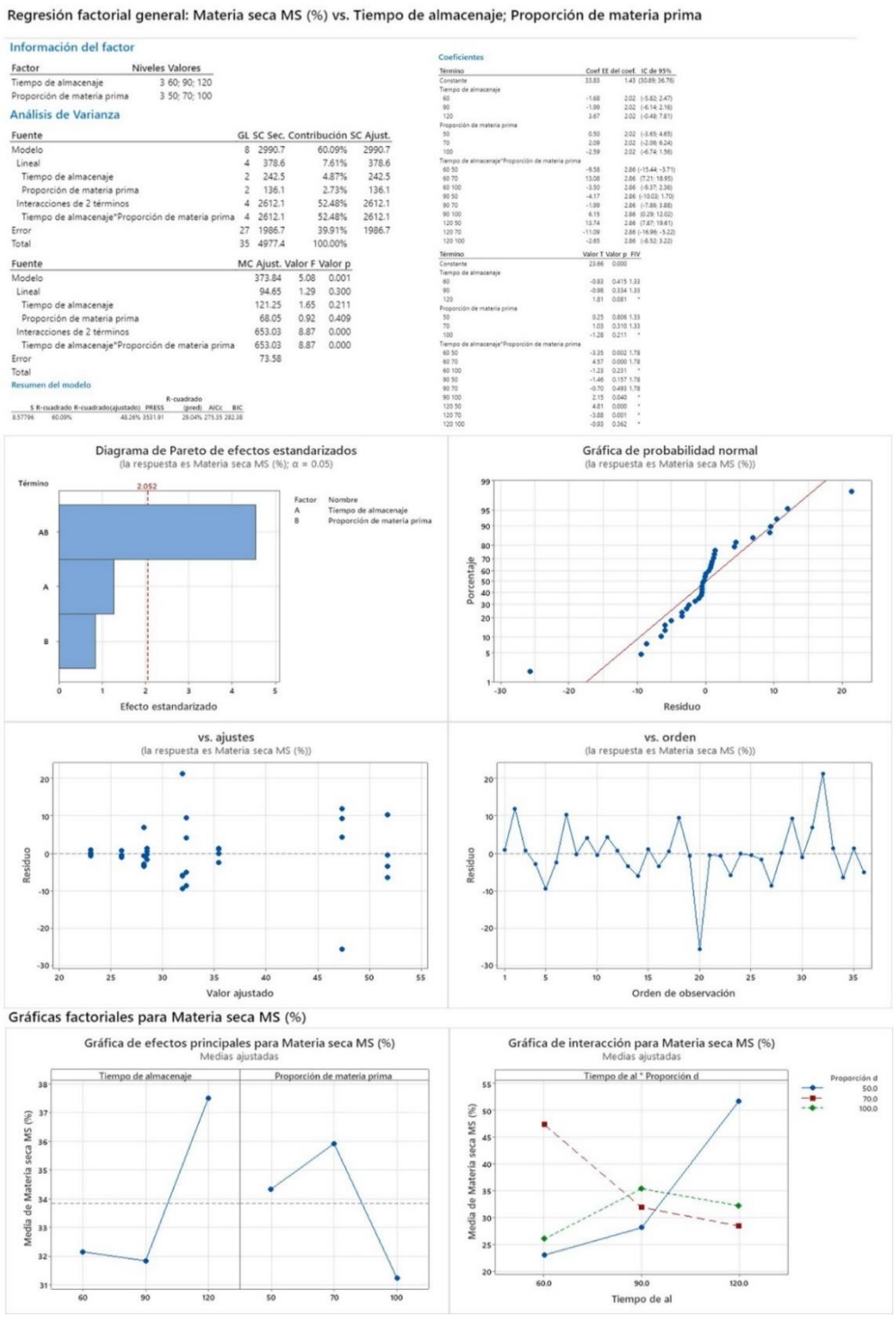

Figura 1. Análisis estadístico factorial 3x3 para el parámetro materia seca, realizado en programa estadístico Minitab Statistical.

Anexo 4

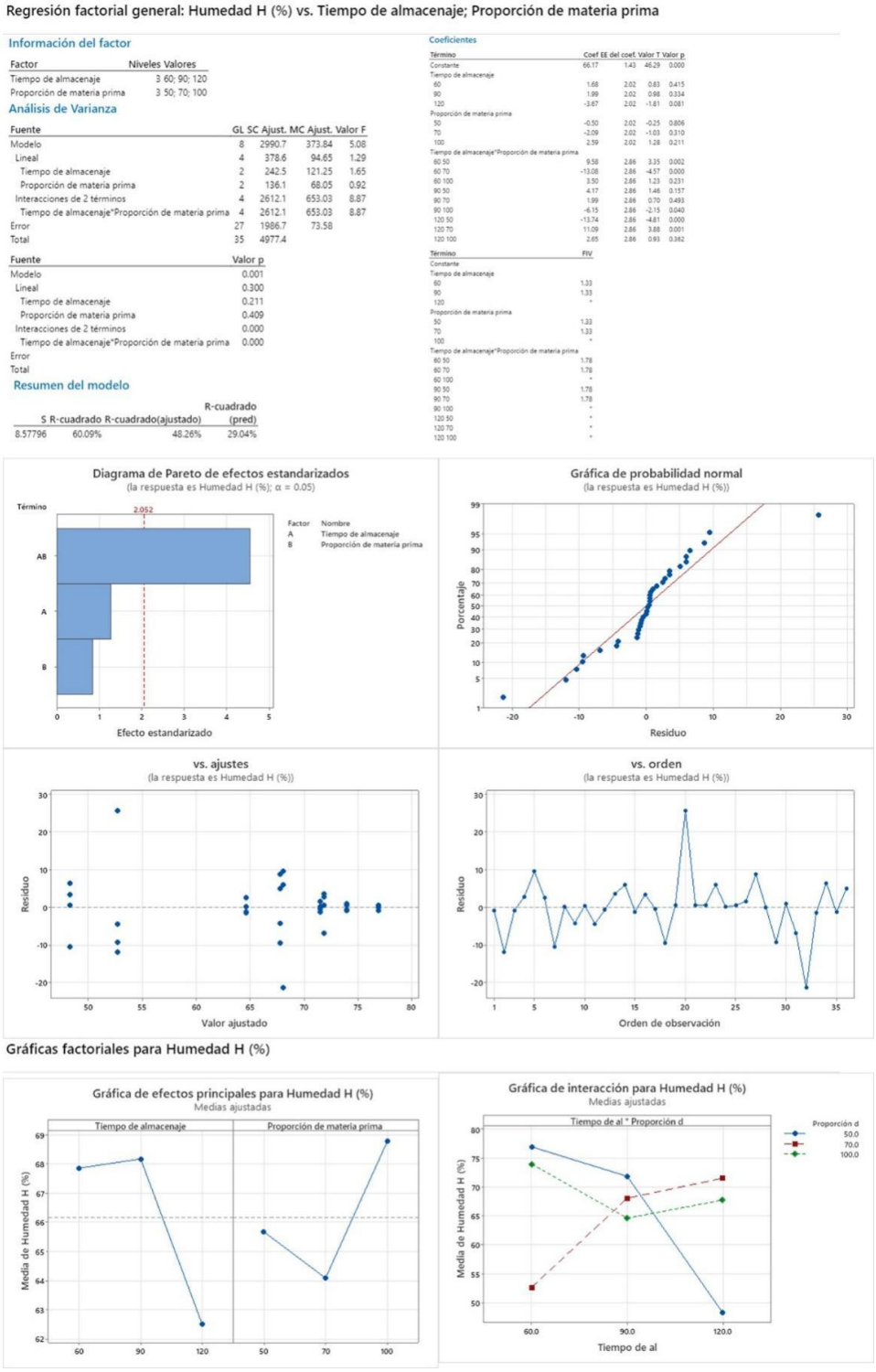

Figura 2. Análisis Estadístico Factorial 3x3 Para el Parámetro Humedad, Realizado en Programa Estadístico Minitab Statistical.

Anexo 5

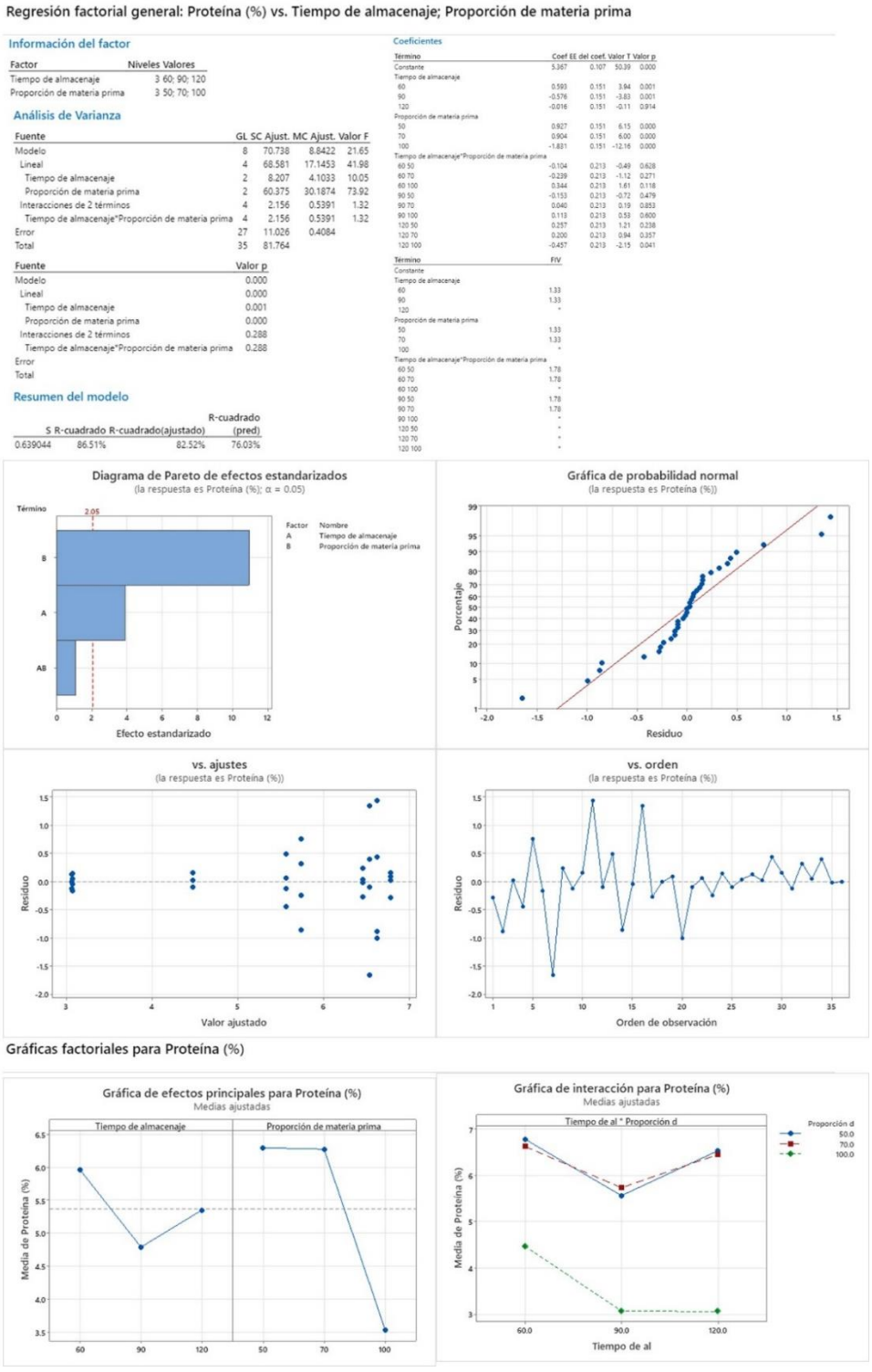

Figura 3. Análisis Estadístico Factorial 3x3 Para el Parámetro Proteínas, Realizado en Programa Estadístico Minitab Statistical.

Anexo 6

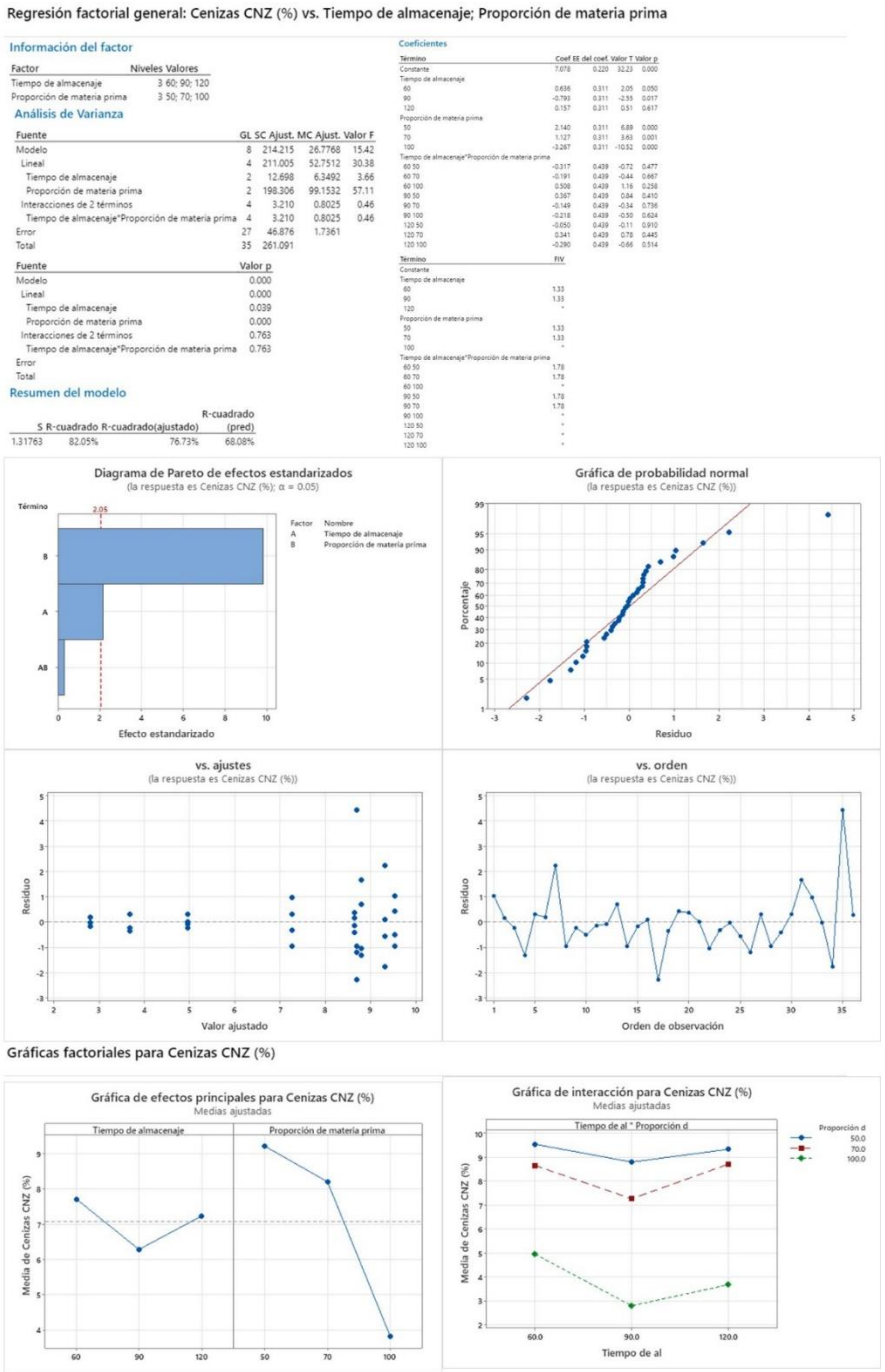

Figura 4. Análisis Estadístico Factorial 3x3 Para el Parámetro Cenizas, Realizado en Programa Estadístico Minitab Statistical.

Anexo 7

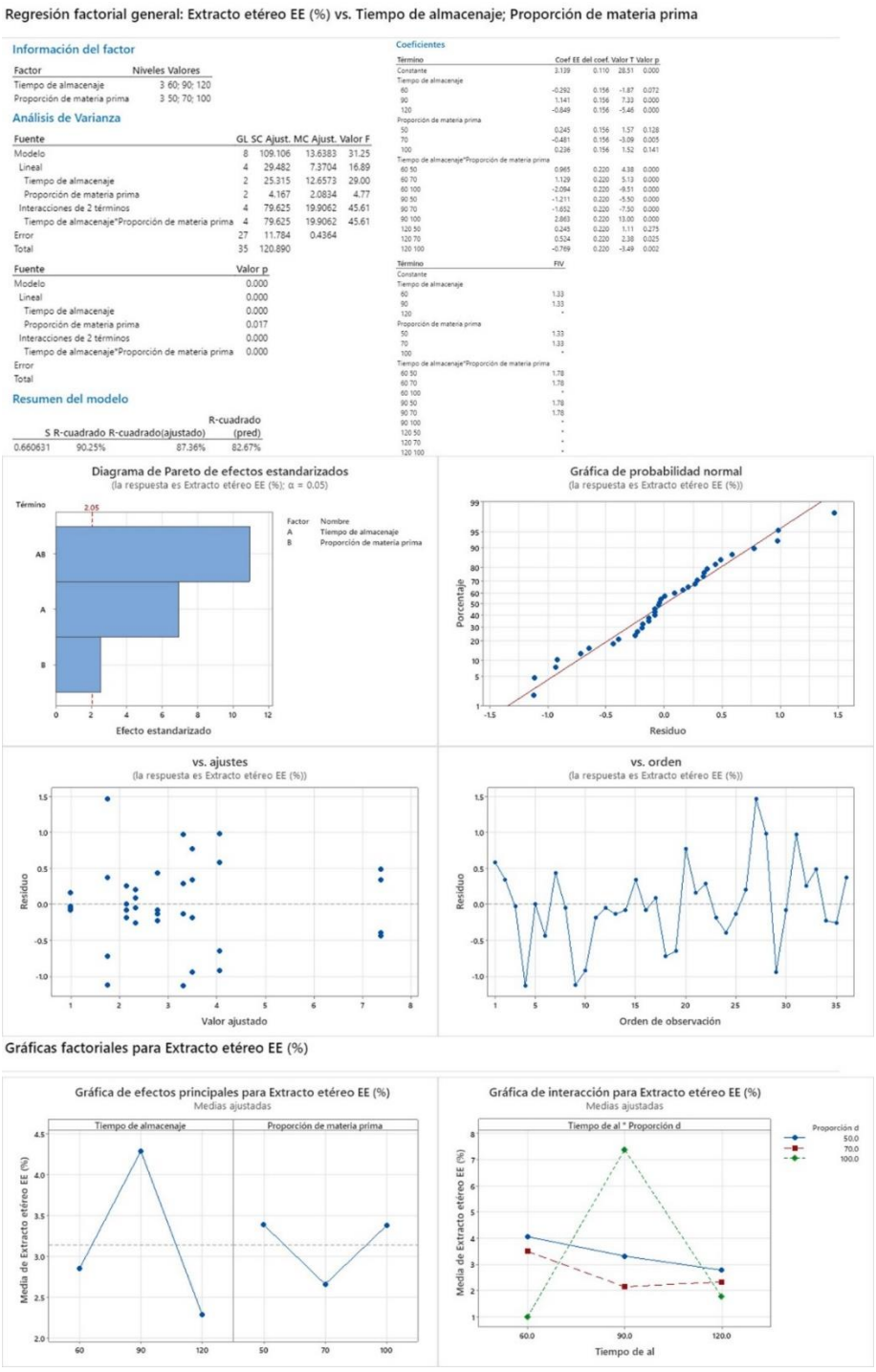

Figura 5. Análisis Estadístico Factorial 3x3 Para el Parámetro Extracto Etéreo, Realizado en Programa Estadístico Minitab Statistical.

Anexo 8

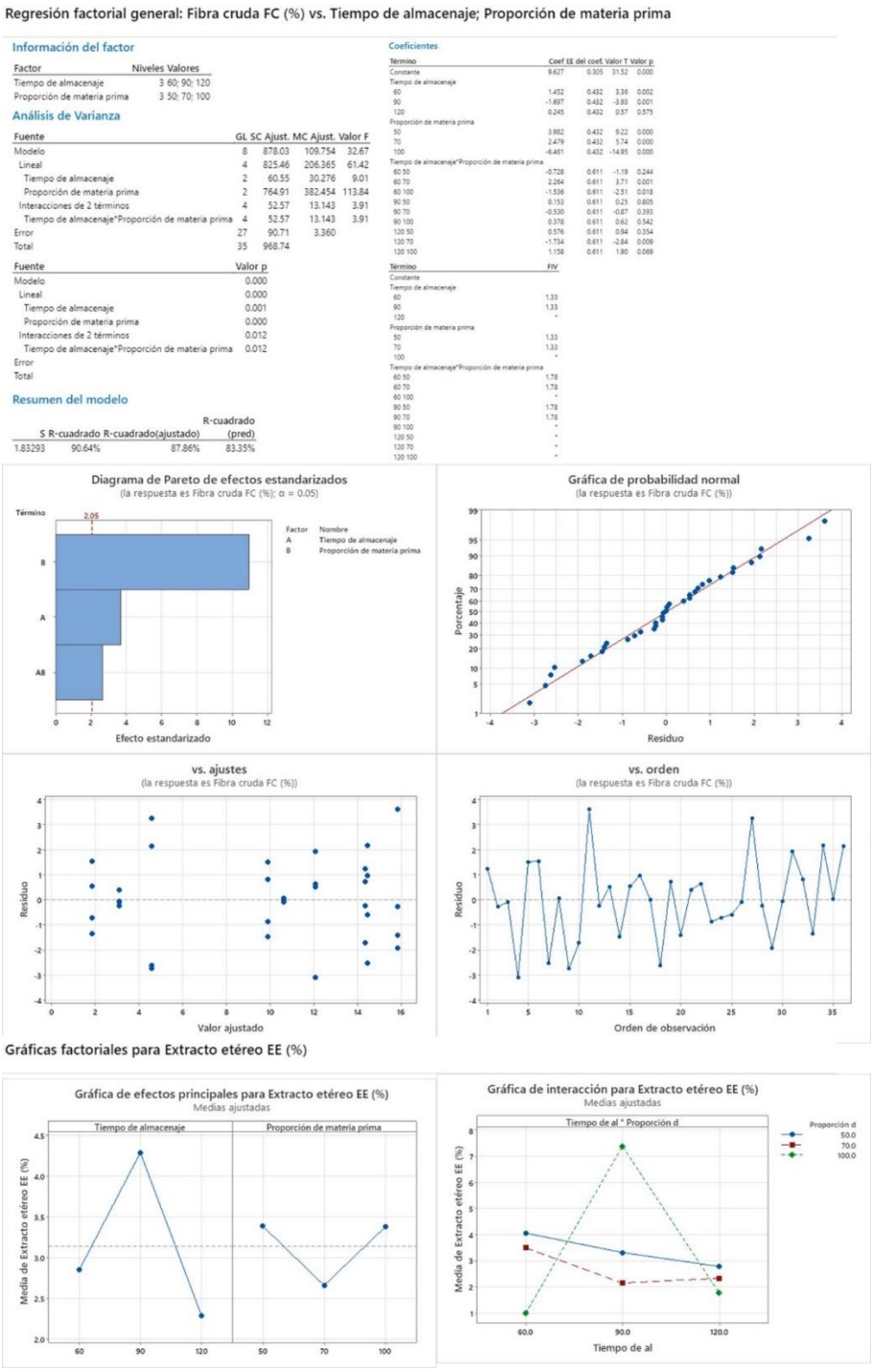

Figura 6. Análisis Estadístico Factorial 3x3 Para el Parámetro Fibra Cruda, Realizado en Programa Estadístico Minitab Statistical.

Anexo 9

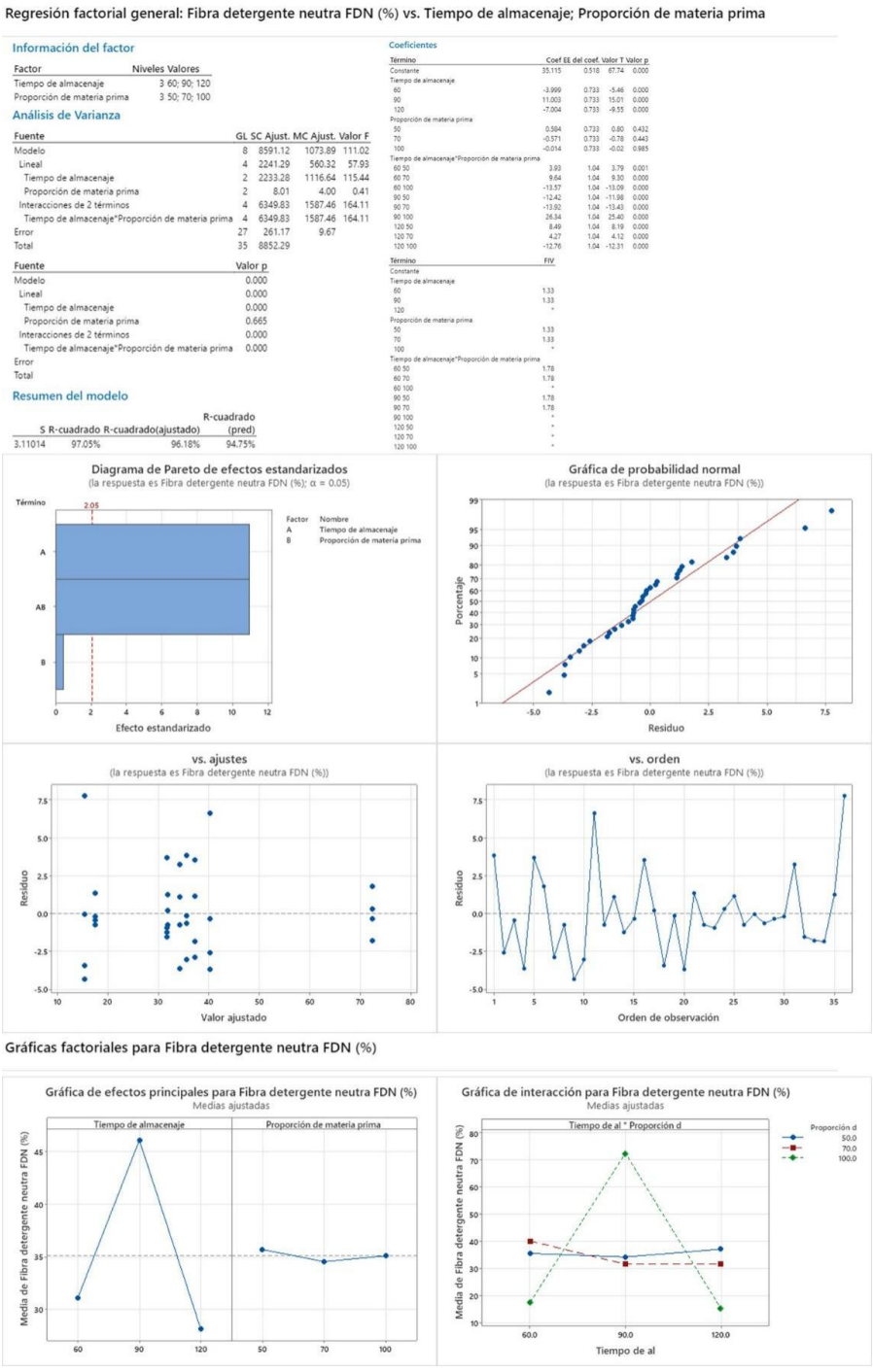

Figura 7. Análisis Estadístico Factorial 3x3 Para el Parámetro Fibra Detergente Neutra, Realizado en Programa Estadístico Minitab Statistical.

Anexo 10

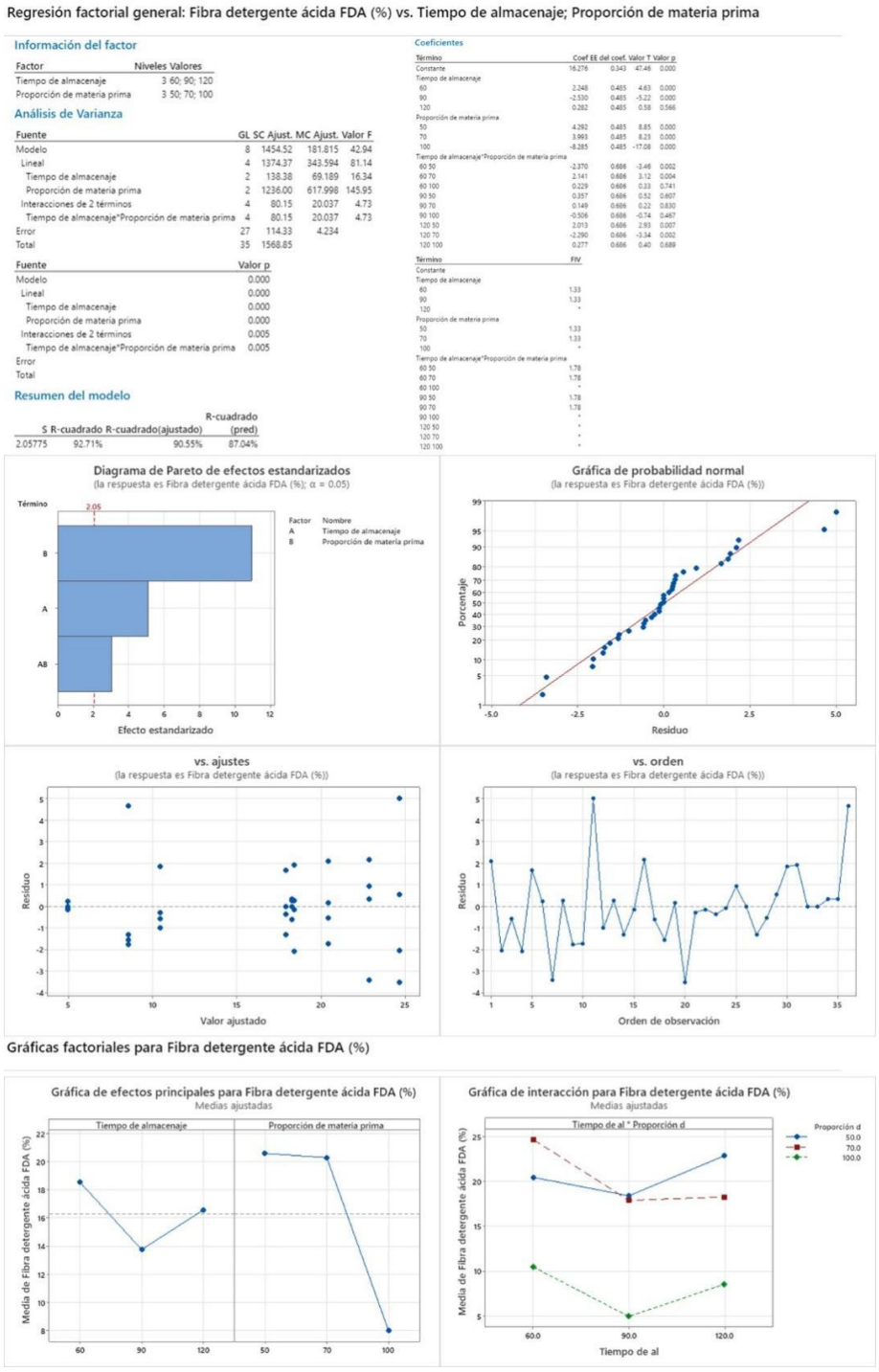

Figura 8. Análisis Estadístico Factorial 3x3 Para el Parámetro Fibra Detergente Ácida, Realizado en Programa Estadístico Minitab Statistical.

Anexo 11

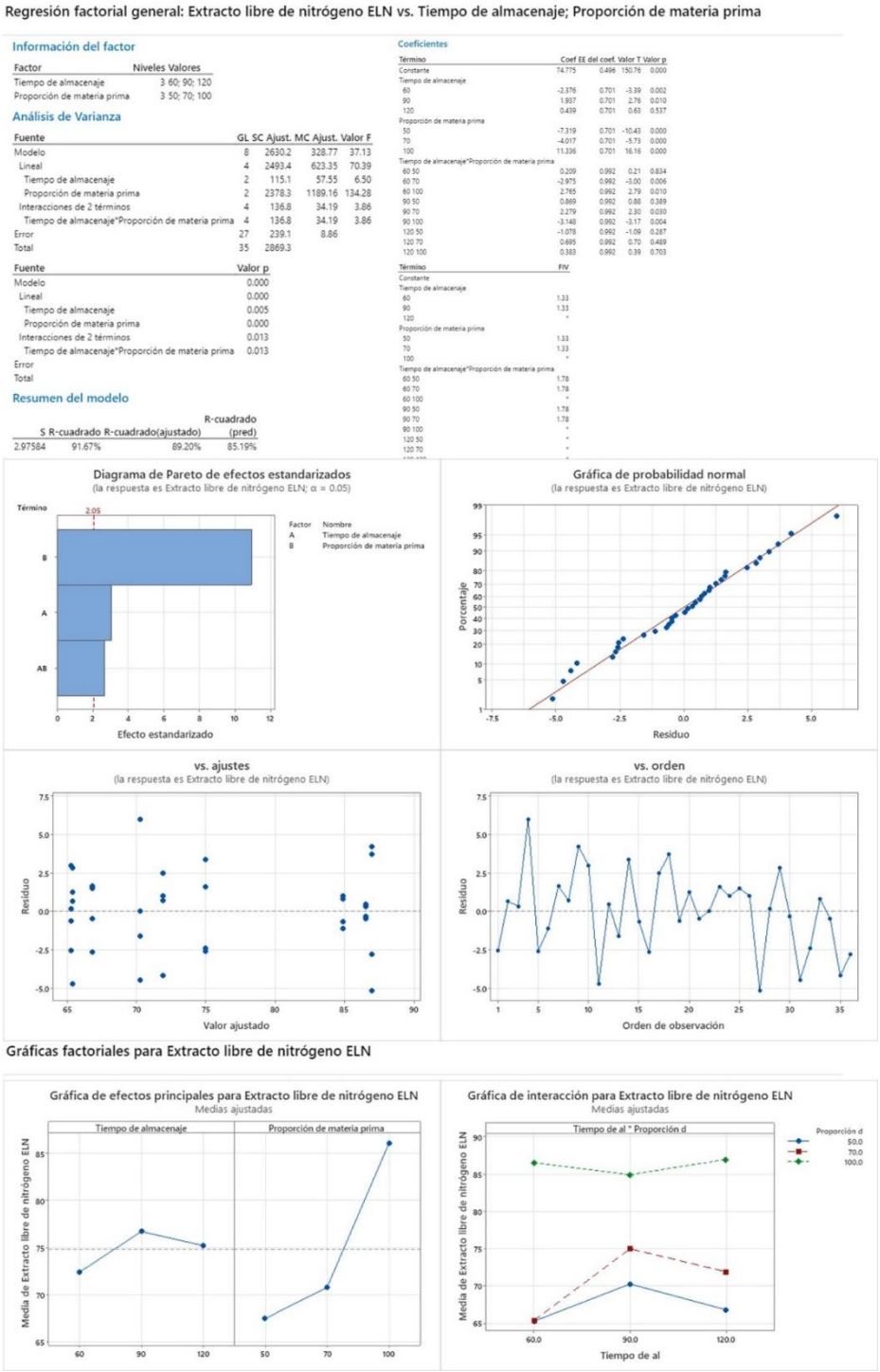

Figura 9. Análisis Estadístico Factorial 3x3 Para el Parámetro Extracto Libre De Nitrógeno, Realizado en Programa Estadístico Minitab Statistical.

Anexo 12

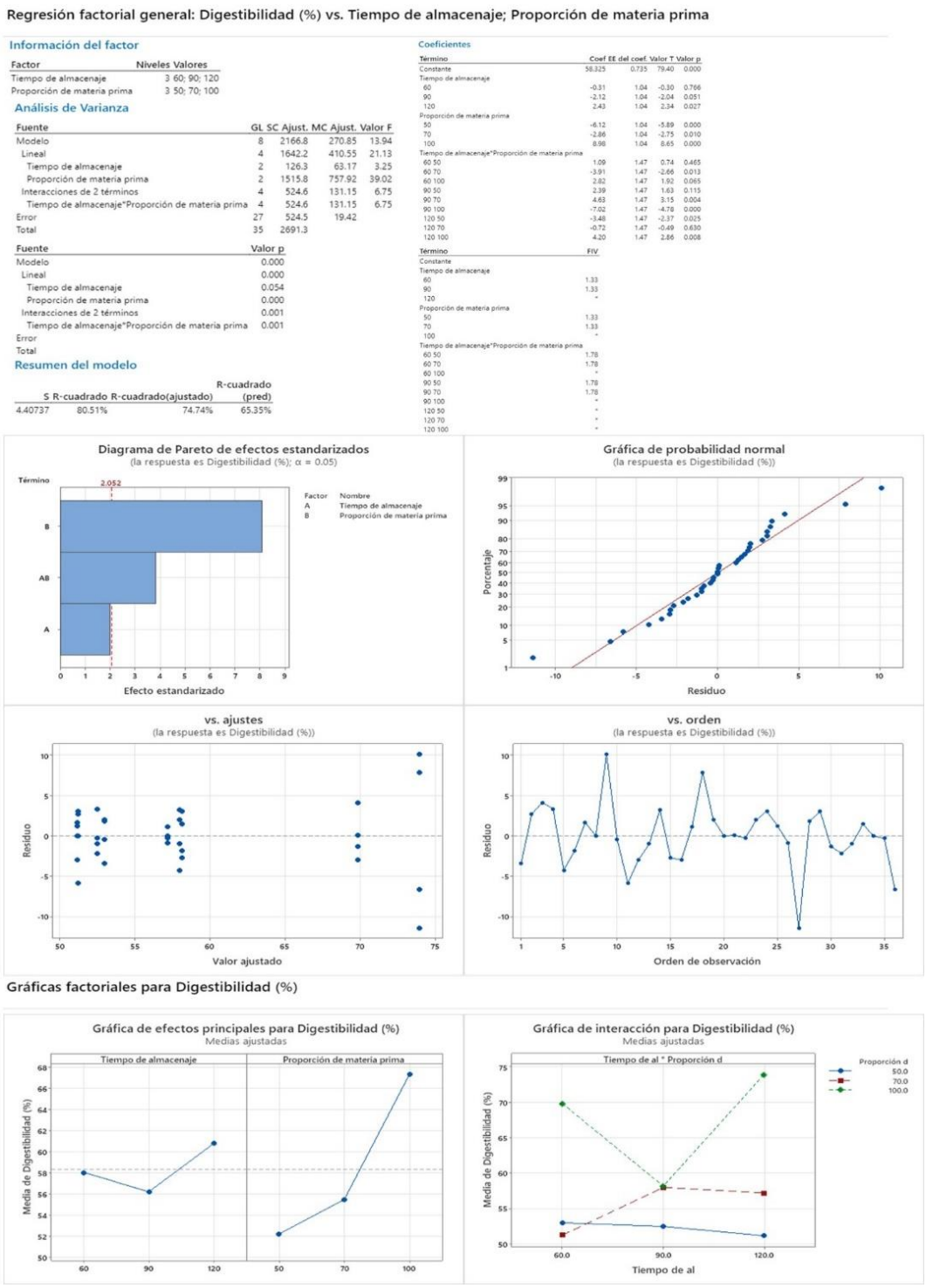

Figura 10. Análisis Estadístico Factorial 3x3 Para el Parámetro Digestibilidad, Realizado en Programa Estadístico Minitab Statistical.

Anexo 13

Figura 11. Imágenes de la ejecución de tesis: (A y B). Insumos utilizados en la elaboración del ensilado, (B y C) Picado y mezcla de rastrojos de plátano y (E y F) Preparación de ensilaje y producto final.