

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS



Digestibilidad por el método “*in situ*” del pasto pangola (*Digitaria eriantha*)
utilizada en la dieta de rumiantes

Por:

Jesús Guadalupe Ordoñez Roblero

TESIS

Presentada como requisito para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Digestibilidad por el método "*in situ*" del pasto pangola (*Digitaria eriantha*) utilizada en la dieta de rumiantes

Por:

Jesús Guadalupe Ordoñez Roblero

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:

Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Presidente

PhD. Juan David Hernández Bustamante
Vocal

Dr. Oscar Ángel García
Vocal

MC. Julieta Ziomara Ordoñez Morales
Vocal suplente

MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Digestibilidad por el método "*in situ*" del pasto pangola (*Digitaria eriantha*) utilizada en la dieta de rumiantes

Por:

Jesús Guadalupe Ordoñez Roblero

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

- Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Asesor Principal

PhD. Juan David Hernández Bustamante
Coasesor

Dr. Oscar Ángel García
Coasesor

MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

DEDICATORIA

A MIS PADRES: Silvio Ordoñez Ramos y Matilde Roblero Muños, que han estado conmigo desde el primer paso en mi vida, me han apoyado incondicionalmente a lo largo del tiempo, me han dado el mejor ejemplo sobre el valor del trabajo duro y la honestidad y que sepan este logro lleva una parte de ustedes.

A MIS HERMANOS: Katterin Julieta Ordoñez Roblero y José María Ordoñez Roblero, que me han brindado su apoyo y cariño, siempre voy agradecer y seguir el consejo de cada uno de ustedes.

A MIS ABUELITOS: Que con mucho cariño y respeto me han enseñado el verdadero cariño, siempre estan conmigo y que han contribuido a mi crecimiento como profesional.

A MIS TÍOS Y PRIMOS: Que han sido parte fundamental durante mi carrera brindándome la confianza y apoyo para seguir adelante ante cualquier obstáculo.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: principalmente por nunca dejarme solo y permitirme culminar cada paso, mantenerme siempre firme, sin temor a caer, con el valor y la confianza que me han permitido llegar a donde he llegado.

A LA PROFESORA: M.C. Julieta Ziomara Ordoñez Morales que con cariño me ha enseñado el valor de la responsabilidad y perseverancia, me ha apoyado durante mi formación académica dándome consejos y estando siempre en los momentos de adversidad.

A MI ASESORA: Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán, por darme la oportunidad de participar en el estudio del presente trabajo, apoyarme en cada paso, ayudándome a comprender los retos que este implica.

AL PROFESOR: MVZ. Federico Antonio Hernández Torres, por apoyarme durante el proceso de la investigación, darme la confianza y orientación de las técnicas utilizadas.

A MI COMPAÑERA: Flor Yulenny Salado García, tan distinguida dama que siempre procura acompañarme y motivarme en momentos difíciles y siempre darme la confianza en mí mismo para atravesar los desafíos.

A MIS AMIGOS: Carlos y Fabricio por generarme emociones positivas, darme su apoyo y por siempre sacar una sonrisa durante los malos momentos.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
1.1. Objetivo general	3
1.2. Objetivo específico	3
III. HIPÓTESIS	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.	4
4.1. Anatomía del rumen.	4
4.2. Uso de fistulación y canulación ruminal	5
4.3. Bienestar animal	5
4.4. Microorganismos ruminales	6
4.5. Bacterias celulíticas del rumen.....	7
4.6. Bacterias amilolíticas del rumen.	8
4.7. Digestibilidad.....	8
4.8. Factores que afectan la degradabilidad ruminal.....	9
4.9. Técnicas de digestibilidad en rumiantes	10
4.10. Digitaria eriantha ssp (forraje pangola)	11
V. MATERIALES Y METODOS	12
5.1. Ubicación Geográfica	12
5.2. Metodología	13
5.3. Formulas	14
VI. RESULTADOS	15
VII. DISCUSIÓN.....	19
VIII. CONCLUSIÓN	20
IX. LITERATURA CITADA	21

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características principales de los bacteria cultivadas dominantes dentro del rumen.....	7
Tabla 2 Análisis bromatológico realizado al pasto pangola.....	13

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1. Toro previamente fistulado y con cánula.	13
Figura No. 2. Pasto pangola (<i>Digitaria eriantha</i>)	13
Figura No. 3. Expresa el aumento de degradabilidad de MS.	15
Figura No. 4. Expresa el porcentaje total de desaparición de la FDA.	16
Figura No. 5. Expresa el porcentaje total de Desaparición de la FDN	17

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar la digestibilidad *in situ* de materia seca (MS) del pasto pangola (*Digitaria eriantha*). El estudio se realizó utilizando toros de la raza charoláis para evaluar la degradabilidad del forraje dentro del rumen. Por lo que se llevó a cabo la técnica de digestibilidad *in situ* con bolsas de nylon en bovinos fistulados para medir el aprovechamiento en diferentes periodos de tiempo (0, 4, 8, 12, 24 y 48 h). Los resultados muestran que el contenido de MS disminuyó progresivamente de 87.79% al inicio hasta 45%,96 % a las 48 h, lo que evidencia una degradación continua del forraje por acción de los microorganismos ruminales. La reducción fue más marcada después de las 12 horas de incubación, reflejando una mayor utilización de los componentes digestibles del alimento. Por otra parte, los valores de Fibra Detergente Neutro (FDN) aumentaron de 87.71 % a 93.07%, mientras que la Fibra Detergente Ácida (FDA) mostro un incremento moderado de 61.48% a 63.31%, alcanzando su valor máximo a las 12 horas (66.48%). Este comportamiento se debe a que los componentes más fácilmente degradables del forraje son utilizados primero, provocando una mayor concentración relativa de las fracciones fibrosas remanentes. La disminución de la MS junto con las variaciones observadas de FDA y FDN demuestran que el proceso de fermentación ruminal fue efectivo y que el pasto pangola experimentó una degradación progresiva durante el periodo de incubación. En conclusión, el pasto pangola presentó una degradación ruminal creciente a medida que aumentó el tiempo de incubación evidenciada por la reducción de la MS y los cambios en las fracciones fibrosas. Estos resultados sugieren que este forraje puede ser aprovechado por los microorganismos del rumen y constituyen una base importante para evaluar su valor nutritivo en la alimentación de rumiantes.

Palabras clave: Bovinos, Rumiantes, Digestibilidad *in situ*, Pasto pangola (*Digitaria eriantha*)

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la demanda alimenticia ha ido aumentando debido al crecimiento de la población, donde la ganadería es la industria que busca satisfacer las necesidades tanto productivas como nutricionales. El uso de nuevas especies forrajeras es una de las alternativas que conllevan a la eficiencia de la producción dentro de la industria ganadera donde los rumiantes juegan un papel crucial para el desarrollo de investigaciones conllevadas a nuevos estudios de forrajes y alimentos para tener un mejor control en el desarrollo de los animales. La escasez de forraje limita en la producción ganadera, especialmente a sistemas comunales que dependen de pastos naturales de baja calidad durante la época de sequía. Esto afecta el crecimiento, la fertilidad y la mortalidad del ganado. Para mejorar la productividad, es necesario incorporar forrajes de alta calidad que estén adaptados a las condiciones ambientales y al pastoreo continuo (Tavirimirwa *et al.*, 2012). Dado que los rumiantes se han especializado en el consumo de pasto fibroso y que las enzimas digestivas que producen son incapaces de degradarlo, la fibra contenida en los forrajes se aprovecha mediante la fermentación proporcionada por los microorganismos que viven en simbiosis en el rumen (Navarro-Ortiz & Roa-Vega, 2020). Por ello La digestibilidad es la que indica la cantidad de nutrientes que un animal puede aprovechar de un alimento y está estrechamente relacionada con su valor nutritivo. Aunque el consumo tiene una influencia importante, la digestibilidad es un indicador confiable de la calidad alimenticia, la cual también depende de factores como la composición, el olor, la textura y la palatabilidad del alimento (Kassa, 2018). Donde Huws *et al.*, (2018), afirma que el rumen es un ecosistema complejo y de alta actividad, compuesto principalmente por bacterias anaeróbicas, protozoos, hongos anaeróbicos, arqueas metanogénicas y fagos. Estos microorganismos interactúan entre sí y tienen una relación simbiótica con el huésped, proporcionando energía a partir de la descomposición de los carbohidratos de la pared celular vegetal. El microbiota ruminal es esencial para la obtención de nutrientes y energía, ya que produce ácidos grasos volátiles (AGV) y proteína microbiana, que aportan gran parte de los requerimientos energéticos y proteicos del animal. Sin embargo, un exceso de sustratos altamente fermentables

puede generar una producción de AGV superior a su capacidad de absorción en el rumen (Anderson et al., 2016). Hace falta investigar más sobre el complejo de la digestibilidad y los forrajes para llevar a cabo nuevas alternativas que contribuyan al sector ganadero.

II. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

- Estudiar la degradabilidad de este forraje como alternativa a nuevas investigaciones.

1.2. Objetivo específico

- Obtener la digestibilidad de materia seca (MS) del forraje pangola (*Digitaria eriantha*), mediante la técnica *in situ*.

III. HIPÓTESIS

La degradabilidad del pasto pangola (*Digitaria eriantha*), mantiene diferencias gradualmente en cuanto al tiempo de incubación.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA.

4.1. Anatomía del rumen.

El tracto digestivo de los rumiantes puede dividirse anatómicamente por tres compartimientos principales: el retículo-rumen, el intestino delgado y el intestino grueso, cada uno con características particulares. La digestión que ocurre en el rumen y en el intestino grueso depende principalmente de la actividad microbiana, mientras que en el intestino delgado intervienen distintos complejos enzimáticos encargados de descomponer los componentes del alimento (Rosero et al., 2007). Por ello el estómago de los rumiantes es considerado uno de los sistemas digestivos más evolucionados, ya que está compuesto por cuatro compartimientos: retículo, rumen, omaso y abomaso. Los tres primeros funcionan como preestómagos y actúan como cámaras de fermentación anaeróbica, donde ocurre el metabolismo microbiano en ausencia de oxígeno. Estas estructuras cumplen funciones de almacenamiento, fermentación del material vegetal y absorción de los productos generados durante dicho proceso. (Dios & Campos, 2008)

Se sabe que la pared del rumen está formada por dos capas principales: una muscular y otra epitelial. La capa muscular se ubica en la parte externa y tiene la función de sostener la capa epitelial. Además, sus contracciones permiten mezclar el contenido del rumen y facilitar su desplazamiento hacia el retículo y el omaso. La capa epitelial, situada en la parte interna, actúa como tejido de absorción y se encuentra en contacto directo con el contenido ruminal. Esta está compuesta por papilas, estructuras que incrementan la superficie de absorción. El desarrollo de ambas capas depende de diversos estímulos asociados al tipo de alimentación que reciben los animales (Elizondo-Salazar, 2013).

4.2. Uso de fistulación y canulación ruminal

La complejidad de la digestión en rumiantes constituye un campo de estudio con múltiples posibilidades y desafíos para comprender su fisiología digestiva. Mediante la canulación es posible acceder al lumen gastrointestinal para recolectar muestras de contenido digestivo, infundir nutrientes y emplear metodologías alternativas de determinación de la digestibilidad, entre ellas las bolsas móviles de nailon (Orskov & McDonald, 1979). Una de la evaluación de la digestibilidad enzimática intestinal o total del alimento, luego de 24 horas de incubación ruminal *in situ*, requiere la canulación de rumiantes para el uso del método de la bolsa (Szakács, 2021)

A si mismo el contenido del rumen es una combinación compleja de alimento, agua, productos derivados de la fermentación y microorganismos vivos como bacterias, hongos y protozoarios, cuya composición cambia con el tiempo y según la dieta consumida. Debido a que este sistema resulta imposible de reproducir completamente en condiciones de laboratorio, la fistulación y canulación quirúrgica del rumen representan herramientas fundamentales para investigar, tanto *in vivo* como *in situ*, la fisiología y la bioquímica del aparato digestivo de los rumiantes (Castillo & Hernández, 2021).

4.3. Bienestar animal

Koknaroglu & Akunal (2013), nos dicen que, al considerar el bienestar animal, además de la salud física, se debe tener en cuenta el bienestar psicológico de los animales. El bienestar, como palabra, define el estado en el que una persona o un animal vive sano, feliz y seguro. El bienestar animal está definido como proporcionar las condiciones ambientales en las que los animales puedan mostrar todos sus comportamientos naturales.

Los avances científicos han confirmado que los animales son seres sintientes, con la capacidad de percibir su entorno y experimentar tanto sensaciones físicas como estados emocionales, incluyendo dolor, temor, estrés, cansancio, frustración, alegría, aburrimiento y depresión. Este conocimiento sustenta la obligación de

brindarles condiciones adecuadas que promuevan su bienestar, conforme a los principios de las cinco libertades propuestas por Webster (De Aluja, 2011).

Las industrias pecuarias comparten la responsabilidad de garantizar el bienestar animal con distintos proveedores que prestan servicios al sector, como transportistas de ganado y médicos veterinarios. Asimismo, mantienen una responsabilidad indirecta frente a la sociedad y a los consumidores (Phillips et al., 2009)

4.4. Microorganismos ruminales

El rumen ofrece condiciones ideales para el crecimiento de microorganismos anaeróbicos, gracias a su temperatura de 38 a 42 °C y un pH que normalmente varía entre 5,5 y 7,0 según la dieta del rumiante. En este ambiente habitan principalmente bacterias, protozoos y hongos, cuyas poblaciones dependen directamente del tipo de alimento consumido por el animal (Tiago et al., 2016).

Los protozoarios ruminales constituyen una parte importante de la biomasa microbiana y contribuyen a regular la fermentación mediante el almacenamiento de almidón, ayudando a prevenir la acidosis. Sin embargo, también pueden disminuir la disponibilidad de proteína microbiana y aumentar la concentración de amoníaco en el rumen debido a su actividad destructora sobre las bacterias (Russell & Rychlik, 2001).

Enfatizando que la degradación de compuestos como la celulosa, hemicelulosa, fructosanos y pectinas es realizada por bacterias celulolíticas, las cuales presentan una actividad metabólica lenta. En cambio, la fermentación de almidones y azúcares simples es llevada a cabo por bacterias amilolíticas, cuyo crecimiento es más rápido. Por otra parte, las bacterias proteolíticas constituyen entre el 12 y el 38 % de la población bacteriana del rumen. Estas tienen la capacidad de transformar proteínas y compuestos no proteicos en proteína microbiana, favoreciendo así la conservación de nitrógeno y reduciendo la cantidad de agua necesaria para la eliminación de urea en la orina (Dios & Campos, 2008).

Tabla 1. Características principales de las bacterias cultivadas predominantes dentro del rumen.

Species	Ruminal niche	Fermentation products
<i>Fibrobacter succinogenes</i>	CU	S, F, A
<i>Ruminococcus albus</i>	CU, HC	A, F, E, H ₂
<i>Ruminococcus flavefaciens</i>	CU, HC	S, F, A, H ₂
<i>Eubacterium ruminantium</i>	HC, DX, SU	A, F, B, L
<i>Ruminobacter amylophilus</i>	ST	S, F, A, E
<i>Streptococcus bovis</i>	ST, SU	L, A, F, E
<i>Succinomonas amylolytica</i>	ST	S, A, P
<i>Prevotella ruminicola, albensis, brevis, and bryantii</i>	ST, PC, XY, SU	S, A, F, P
<i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	ST, CU, HC, PC, SU	B, F, A, H ₂
<i>Selenomonas ruminantium</i>	ST, DX, SU, L, S	L, A, P, B, F, H ₂
<i>Megasphaera elsdenii</i>	L, SU	P, A, B, Br, H ₂
<i>Lachnospira multiparus</i>	PC, SU	L, A, F, H ₂
<i>Succinivibrio dextrinosolvens</i>	PC, DX, SU	S, A, F, L
<i>Anaerovibrio lipolytica</i>	GL, SU	A, S, P
<i>Peptostreptococcus anaerobius</i>	AA	Br, A
<i>Clostridium aminophilum</i>	AA	A, B
<i>Clostridium sticklandii</i>	AA	A, Br, B, P
<i>Wolinella succinogenes</i>	OA, H ₂ , F	S
<i>Methanobrevibacter ruminantium</i>	H ₂ , CO ₂ , F	CH ₄

Las abreviaturas son las siguientes celulosa (CU), hemicelulosa (HC), dextrinas (DX), , azúcares (SU), almidón (ST), pectina (PC), xilanos (XY), lactato (L), succinato (S), glicerol (GL), aminoácidos (AA), ácidos orgánicos (OA), hidrógeno (H₂) formiato (F), dióxido de carbono (CO₂), acetato (A), etanol (E), butirato (B), propionato (P), ácidos grasos volátiles de cadena ramificada (Br) y metano (CH) (Russell & Rychlik, 2001).

4.5. Bacterias celulíticas del rumen.

En los rumiantes, hasta el 90% de los aminoácidos que llegan al intestino delgado provienen de microorganismos ruminales; la eficiencia del crecimiento microbiano es muy importante. El rumen es el ecosistema de digestión de celulosa mejor comprendido en la naturaleza, y parece que las bacterias celulolíticas previamente aisladas y caracterizadas proporcionan un modelo razonable de la digestión ruminal de la celulosa. La capacidad de la fermentación ruminal para digerir la celulosa se suele destacar como su principal atributo (Russell et al., 2009).

La celulosa y la hemicelulosa representan fuentes energéticas esenciales para el metabolismo de microorganismos y animales. Aunque su degradación ocurre de manera natural en distintos ambientes, en el rumen este proceso se desarrolla con mayor eficiencia e intensidad. En términos de productividad específica y volumétrica Tres especies bacterianas: *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus* y *Ruminococcus flavefaciens*, han sido consideradas durante mucho tiempo como los agentes predominantes de celulólisis en el rumen (Weimer, 2022).

4.6. Bacterias amilolíticas del rumen.

Los microorganismos responsables de la degradación del almidón en el rumen son principalmente las bacterias amilolíticas, aunque también intervienen los protozoos y los hongos. Los protozoos contribuyen de manera importante a este proceso, ya que se les atribuye entre el 20 y el 45 % de la actividad amilolítica ruminal. Por su parte, los hongos, aunque constituyen una fracción menor de la biomasa del rumen, participan en la degradación de carbohidratos estructurales gracias a la producción de diversas enzimas (Hua et al., 2022)

Los organismos amilolíticos se encuentran en porcentajes mayores de la población microbiana total cuando se administran raciones con alto contenido de almidón. Las especies importantes que se han enumerado en bovinos alimentados con dietas ricas en granos son *Bacteroides amylophilus*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Bacteroides ruminicola*, *Selenomona lactylitica*, *Streptococcus bovis*, *Prevotella ruminicola*, *Eubacterium ruminantium*, *Ruminobacter amylophilus*, *Ruminococcus bromii*, *Succinimonas amyolytica* y *Lactobacillus* sp (Ortega-Cerrilla & Mendoza-Martínez, 2003).

4.7. Digestibilidad.

La digestibilidad de los forrajes se refiere a la proporción de alimento que es degradada y desaparece en el tracto digestivo o durante análisis de laboratorio, debido a su solubilización y a la acción de los microorganismos anaerobios del rumen. Este proceso permite estimar la cantidad de nutrientes del alimento que pueden ser aprovechados y absorbidos por el animal (Giraldo et al., 2007). La

degradabilidad ruminal es un parámetro relativo que depende principalmente de la velocidad en la degradación del alimento y de la velocidad del tránsito en el rumen. La degradación está influenciada por factores como la solubilidad, la estructura molecular y la actividad microbiana. Además, variables como el pH, el tamaño de partícula, la proporción forraje, concentrado y el consumo de agua o materia seca pueden modificar este proceso (Navarro *et al.*, 2011).

La relación simbiótica entre el rumiante y los microorganismos del rumen permite un beneficio mutuo, ya que estos microorganismos degradan el alimento mediante procesos de fermentación. Como resultado, se producen ácidos grasos que aportan energía al animal y células microbianas que constituyen una fuente importante de proteínas y aminoácidos cuando se absorben en el tracto digestivo inferior del animal (Krause *et al.*, 2003).

Los alimentos para rumiantes como son los carbohidratos se presentan principalmente en forma de polímeros como celulosa, hemicelulosa, pectina y almidón. En las plantas, estos compuestos pueden encontrarse en estructuras amorfas asociadas con otros polímeros, o en formas altamente cristalinas. La celulosa purificada, como la presente en las fibras de algodón, generalmente posee una estructura cristalina, la cual resulta más resistente a la degradación en comparación con la forma amorfa (Baldwin & Allison, 1983).

La proteína metabolizable corresponde a la proteína verdadera absorbida en el intestino, proveniente principalmente de la proteína microbiana sintetizada en el rumen. Esta representa la principal fuente de proteína disponible para el animal y una vez absorbida, puede destinarse a funciones como mantenimiento, crecimiento, reproducción y producción de leche (Castillo-Lopez & Domínguez-Ordóñez, 2019).

4.8. Factores que afectan la degradabilidad ruminal

La alimentación constituye uno de los factores más importantes que determinan la composición y actividad de las poblaciones microbianas presentes en el rumen. Los productos resultantes de este proceso fermentativo dependen directamente de la composición química de la dieta. En las dietas basadas principalmente en forrajes,

predominan la celulosa y la hemicelulosa, lo que promueve el crecimiento de bacterias celulolíticas. Por otro lado, las dietas ricas en concentrados contienen mayores cantidades de almidón y azúcares, favoreciendo el desarrollo de bacterias amilolíticas encargadas de degradar estos compuestos (Carberry et al., 2012).

La microbiota ruminal desempeña un papel clave en la producción de proteína microbiana y ácidos grasos volátiles, principales productos de fermentación que aportan nutrientes al hospedador. Sin embargo, el equilibrio de este ecosistema puede verse comprometido cuando ciertos factores no son controlados adecuadamente, provocando efectos negativos sobre la población microbiana y el animal. La síntesis de proteína microbiana, en particular, puede disminuir su eficiencia debido a la influencia de factores de naturaleza microbiana, química, dietética, física y fisiológica (Sali & Harun, 2019)

4.9. Técnicas de digestibilidad en rumiantes

Diao et al. (2020), Menciona que el estudio de la biodisponibilidad de nutrientes en la dieta es un proceso esencial para comprender y optimizar los sistemas de producción animal. Entre los métodos más utilizados para su determinación se encuentran las técnicas *in situ*, *in vivo* e *in vitro*.

Los forrajes representan un reto para la capacidad del animal de consumir y aprovechar los nutrientes. La trituración física del alimento mediante la masticación, tanto en la ingestión como en la rumia, constituye una etapa fundamental del proceso digestivo. La digestibilidad de la materia seca se determina comúnmente comparando la cantidad consumida con la eliminada en las heces, estimando así la proporción de alimento digerido. Aunque la composición del forraje influye en su digestibilidad potencial, factores propios del animal y otros componentes de la dieta también pueden modificar significativamente este proceso (Mertens & Grant, 2020)

La digestibilidad evalúa la proporción de nutrientes que no se elimina en las heces después del consumo del alimento. Aunque durante el metabolismo se producen otras pérdidas de nutrientes, la excreción fecal constituye la más significativa. Por ello, la digestibilidad se considera un indicador biológicamente relevante del valor

nutritivo y puede emplearse de manera rutinaria en la evaluación de alimentos (Kitessa et al., 1999).

4.1. Técnica de digestibilidad *in situ*

La técnica de digestibilidad *in situ* (DISMS) utiliza bolsas sintéticas para medir la digestión de los forrajes a nivel ruminal. Este método ha ganado gran aceptación cuando se requiere medir la digestibilidad aparente de la materia seca, fibra, y nitrógeno, debido principalmente a la rapidez con que se puede obtener resultados y porque no demanda de equipos y materiales que requieren las otras técnicas (Quin et al., 1983).

La estimación de la digestibilidad de la materia orgánica (DMO) mediante la técnica de bolsa de nailon *in situ*, considerando la proteína cruda (PC), presenta la mayor exactitud durante los procesos de validación. No obstante, la selección de una metodología para predecir la DMO no depende únicamente de su capacidad predictiva, ya que también deben considerarse aspectos como el costo, el tiempo, el bienestar animal, la experiencia técnica, la información complementaria que aporta, su reproducibilidad y las bases de datos ya existentes (Gosselink, 2004)

4.10. *Digitaria eriantha* ssp (forraje pangola)

La calidad del forraje puede definirse como la cantidad de nutrientes metabolizables disponibles mediante la digestibilidad del animal. La calidad del forraje es función de la medida y el nivel de consumo, el alcance de la digestión, y la eficiencia de utilización de nutrientes por los animales (Barnes & Marten, 1979).

Los nombres comunes de la pangola son pasto pangola (inglés americano y australiano, y tailandés), pasto dedo, pasto digito, pasto lanudo dedo (inglés), digitaria (francés), pangolagras (alemán), pasto pangola (español), pasto digito pangola (Florida). La pangola es una planta perenne estolonífera y, una vez establecida, se propaga rápidamente por estolones, no produce semillas viables y los tallos miden hasta 120 cm de alto (Antonio-Medina et al., 2025).

V. MATERIALES Y METODOS

Durante el experimento fueron utilizados los siguientes materiales:

- bovino fistulado
- Canula ruminal
- Bolsas de nylon
- Aros de metal
- Ligas
- Pasto pangola (*Digitaria eriantha*)
- Alfalfa como dieta de los bovinos
- Estractor de fibra
- Bomba de vacio
- Filtros
- Balanza analitica
- Estufa de secado
- Desecador

5.1. Ubicación Geográfica

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la universidad autónoma agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México. (Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón, Coahuila).

Este municipio forma parte de la Comarca Lagunera, misma que se ubica entre los paralelos 25° 42' y 24° 48' y de latitud norte; los meridianos 103° 31' y 102° 58' de longitud oeste; altitud entre 1000 y 2500 msnm; con escasas precipitaciones pluviales, que promedian anualmente entre 100 a 400 mm. Colinda al norte con el estado de Durango, municipio de Matamoros y Viesca; al sur con el municipio de Viesca y el estado de Durango; al oeste con el estado de Durango. Predomina un 2clima muy seco semicálido (INEGI, 2009).

Tabla 2 Análisis bromatológico realizado al pasto pangola.

MS (%)	95.26
Cza (%)	5.27
PC (%)	4
FDN (%)	92.4
FDA (%)	64.2

MS: materia seca, Cza: ceniza; PC: proteína cruda, FDN: fibra detergente neutro y FDA: fibra detergente ácido.

5.2. Metodología



Figura No. 1. Toro previamente fistulado y con cánula.

Se utilizaron toros de la raza charolais previamente fistulados con un peso promedio de $330 \text{ kg} \pm 50 \text{ kg}$, los cuales se mantuvieron con una dieta de alfalfa henificada y se les proporciono agua Ad libitum.

El método de las bolsas de nylon que se utilizo fue de acuerdo al de (Mehrez & Orskov, 1977) los cuales se incubaron en las horas 0,4,8,12,24 y 48. El pasto



Figura No. 2. Pasto pangola (*Digitaria eriantha*)

fue triturado para obtener un tamaño de partícula deseable posteriormente se pesaron las bolsas y la muestra para cada una de ellas con pesos promedios de 15 y 20 gramos los cuales se colocaron en el ancla ordenadamente a las horas de incubación, posteriormente se retiraron se lavaron para retirar el exceso de liquido ruminal, se llevaron a la estufa durante 24 horas, posteriormente al desecador y finalmente a la báscula.

Para la determinación de fibra se utilizó el método Van Soest en el cual las respectivas muestra fue puesta en el digestor con solución detergente neutro y solución detergente ácido para posteriormente pasar a la bomba de vacío con los filtros colocados para retirar el excedente de detergente y evitar la pérdida de muestra después fueron llevados a la estufa y desecador, para obtener los valores de FDN y FDA teniendo en cuenta el orden de las respectivas repeticiones.

5.3. Formulas

La fórmula para obtener la degradabilidad de Materia Seca (DMS) es la siguiente:

$$\text{DMS (\%)} = \frac{M_{Si} - M_{Sr}}{M_{Si}} \times 100$$

Donde:

- **DMS (%)** = Degradabilidad de la materia seca.
- **MSi**= Cantidad inicial de materia seca colocada en la bolsa.
- **MSr** = Cantidad de materia seca residual después de la incubación y el lavado.

VI. RESULTADOS

Resultados de la degradabilidad ruminal *in situ* de MS (%) del pasto pangola (*Digitaria eriantha*).

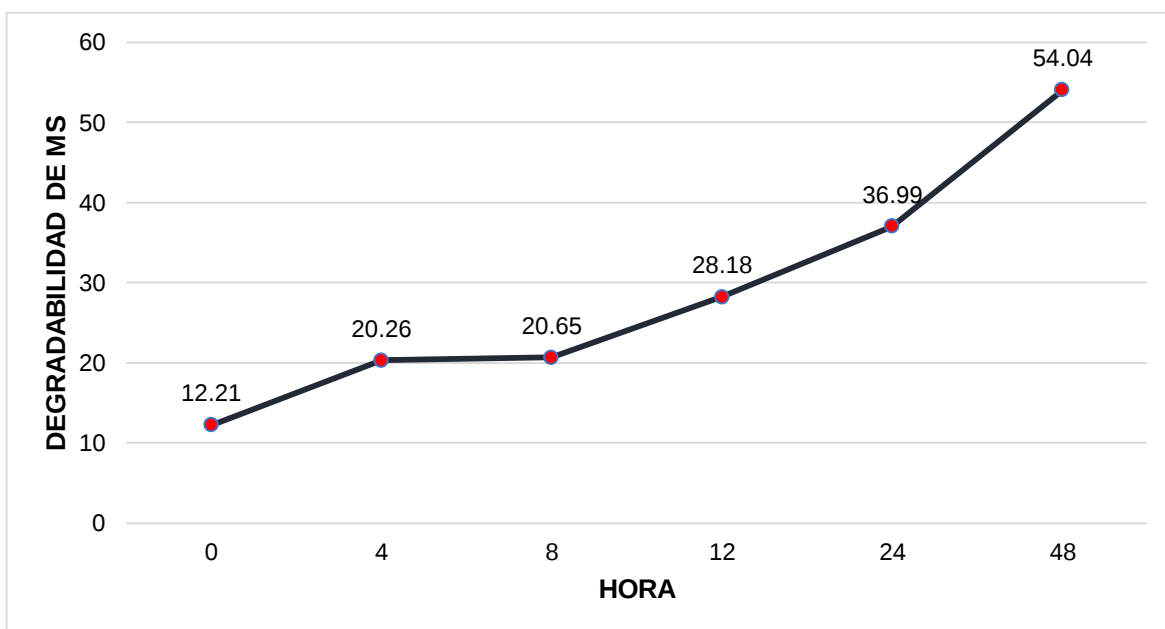


Figura No. 3. Expresa el aumento de degradabilidad de MS.

La degradación de la materia seca (MS) muestra una tendencia ascendente durante todo el periodo de incubación del pasto pangola en el rumen, pasando de 12.21 % al inicio (0 h) hasta 54.04 % a las 48 horas. Este comportamiento indica que conforme aumenta el tiempo de exposición, una mayor proporción de la materia seca es degradada por la actividad microbiana.

Durante las primeras 4 horas se observa un incremento considerable, alcanzando 20.26 %, lo que sugiere la rápida degradación de las fracciones más solubles y fácilmente fermentables del material. Entre las 4 y 8 horas la degradación prácticamente se estabiliza (20.26 % a 20.65 %), indicando una etapa de transición donde los microorganismos comienzan a actuar sobre componentes estructurales más complejos.

A partir de las 12 horas, la degradación aumenta de forma continua hasta alcanzar su valor máximo a las 48 horas. El incremento más pronunciado ocurre entre las 24 y 48 horas, cuando la degradación pasa de 36.99 % a 54.04 %, lo que representa un aumento cercano al 46 %. Este comportamiento sugiere que el sustrato aún

contiene componentes potencialmente degradables que requieren mayores tiempos de fermentación para ser aprovechados.

En términos nutricionales, estos resultados indican una buena disponibilidad de nutrientes para la fermentación ruminal, considerando el estado maduro del pasto pangola, ya que más de la mitad de la materia seca fue degradada al final del periodo evaluado.

Resultados de la degradabilidad ruminal *in situ* de FDA (%) del pasto pangola (*Digitaria eriantha*).

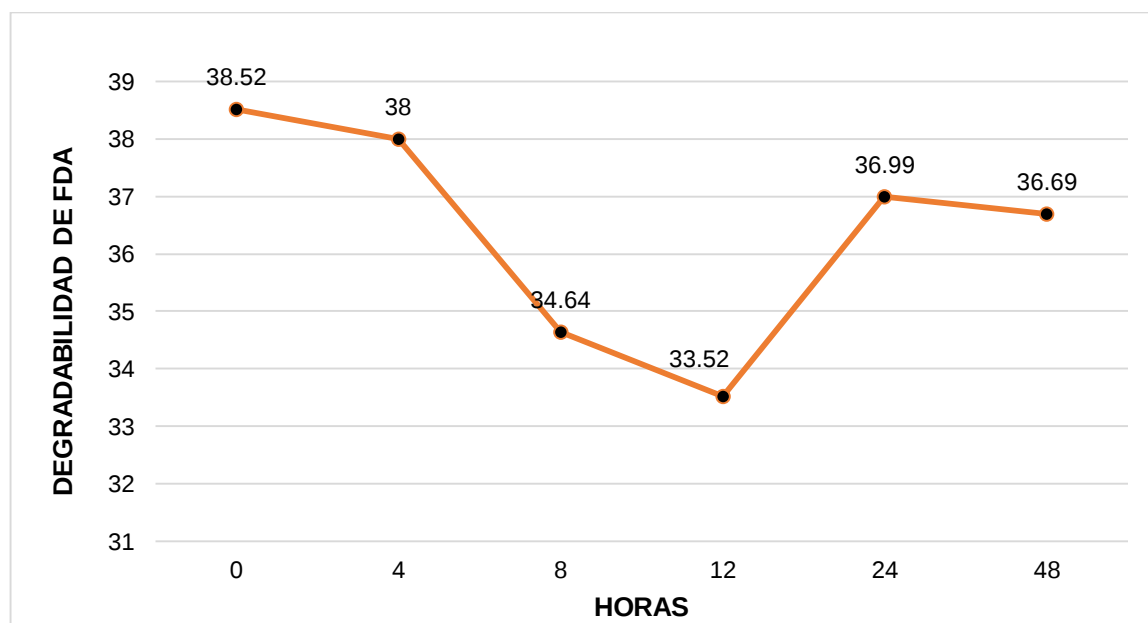


Figura No. 4. Expresa el porcentaje total de desaparición de la FDA.

En contraste con la MS, la degradación de la fibra detergente ácida (FDA) presenta un comportamiento menos uniforme. Inicialmente se registra una degradación de 38.52 %, disminuyendo gradualmente hasta alcanzar su valor mínimo de 33.52 % a las 12 horas.

La reducción observada durante las primeras horas puede atribuirse a variaciones experimentales o a cambios en la dinámica de degradación de los componentes fibrosos, ya que la FDA está constituida principalmente por celulosa y lignina, compuestos estructurales que presentan una degradación más lenta y compleja que los componentes solubles de la materia seca.

A partir de las 12 horas se observa una recuperación en la degradación de FDA, incrementándose hasta 36.99 % a las 24 horas, valor que prácticamente se mantiene hasta las 48 horas (36.69 %). Esta estabilización sugiere que la mayor parte de la fracción potencialmente degradable de la FDA fue utilizada durante el periodo de incubación, permaneciendo posteriormente una fracción más resistente asociada principalmente a la lignificación del material.

Los resultados indican que, aunque existe degradación de la fibra estructural, ésta es considerablemente más lenta y limitada que la observada para la materia seca. Este comportamiento es consistente con lo reportado en la literatura, donde la degradación de la FDA suele estar restringida por la presencia de lignina y por la menor accesibilidad de los microorganismos a las paredes celulares vegetales

Resultados de la degradabilidad ruminal *in situ* de FDN (%) del Pasto pangola (*Digitaria eriantha*).

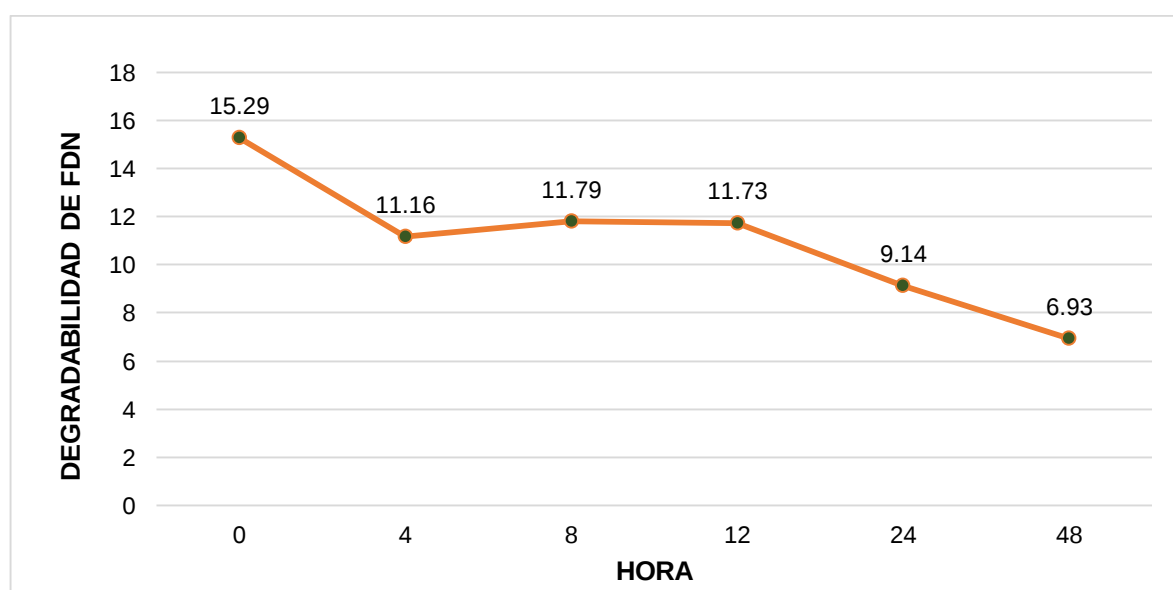


Figura No. 5. Expresa el porcentaje total de Desaparición de la FDN

La grafica 5. muestra el comportamiento de la degradabilidad de la Fibra Detergente Neutro (FDN) del pasto pangola (*Digitaria eriantha*) durante diferentes tiempos de incubación ruminal (0, 4, 8, 12, 24 y 48 horas). La FDN representa la fracción estructural de la pared celular vegetal compuesta principalmente por hemicelulosa,

celulosa y lignina, por lo que su degradación es un indicador importante de la capacidad de los microorganismos ruminales para aprovechar la fibra del forraje.

Los resultados muestran que la degradabilidad de la FDN presentó su valor más alto al inicio del ensayo con **15.29 %**, disminuyendo a **11.16 %** a las 4 horas de incubación. Posteriormente se observó una ligera recuperación a las 8 y 12 horas, con valores de **11.79 %** y **11.73 %**, respectivamente. A partir de este punto, la degradabilidad disminuyó de manera continua hasta alcanzar **9.14 %** a las 24 horas y **6.93 %** a las 48 horas.

La tendencia observada sugiere que los componentes más fácilmente degradables de la fibra fueron utilizados durante las primeras horas de incubación, mientras que las fracciones más resistentes, principalmente asociadas a la lignificación de la pared celular, permanecieron en el residuo conforme avanzó el tiempo. Esta reducción gradual de la degradabilidad indica una menor disponibilidad de los componentes fibrosos remanentes para la acción microbiana.

VII. DISCUSIÓN

Se observa que la degradación de la materia seca aumentó progresivamente con el tiempo, mientras que la degradación de la FDA mostró variaciones menores y una tendencia a estabilizarse después de las 24 horas. Esto evidencia que los microorganismos degradan primero las fracciones más accesibles y solubles del alimento, contribuyendo al incremento constante de la degradación de MS, mientras que la fracción fibrosa presenta una resistencia mayor debido a su composición estructural. Igualmente, los cambios en el contenido de FDN puede influir en la ingesta del animal, ya que niveles elevados de esta fracción generan llenado ruminal, por causa de forrajes de baja calidad, limitando la ingesta de materia seca (Mertens, 1994).

La concentración FDA que corresponde a los componentes de la pared celular de los alimentos, puede estar influenciada por diversos factores, entre los que destacan la temperatura ambiental, la intensidad de la luz, la disponibilidad hídrica, la latitud, el grado de madurez de la planta y los métodos de cosecha y almacenamiento (Jančík et al., 2011) . Los resultados sugieren que el material evaluado posee una proporción importante de componentes no fibrosos o de fácil fermentación, los cuales favorecen una rápida degradación de la materia seca. Sin embargo, la presencia de componentes estructurales limita la degradación total de la FDA, lo que podría influir en la digestibilidad general del alimento y en el tiempo de permanencia necesario para maximizar su aprovechamiento por los microorganismos ruminales. Von Keyserlingk et al. (1996), menciona que es importante considerar que el contenido de fibra en los forrajes está determinado por diversos factores, y estas variaciones pueden afectar directamente las propiedades de degradabilidad ruminal del forraje.

VIII. CONCLUSIÓN

La técnica de digestibilidad *in situ* permitió evaluar de manera efectiva la degradación ruminal de la materia seca (MS) del pasto pangola (*Digitaria eriantha*) en los bovinos fistulados. Los resultados evidenciaron una disminución progresiva de la materia seca conforme aumentó el tiempo de incubación, lo que nos indica la utilización continua del forraje por parte de los microorganismos ruminales. Asimismo, el incremento en los valores de FDN y FDA reflejo la degradación selectiva de los componentes más solubles y digestibles, generando una mayor concentración relativa de las fracciones fibrosas remanentes. Los resultados demuestran que el pasto pangola posee una adecuada degradabilidad ruminal y puede constituir una fuente importante de nutrientes para los rumiantes.

La degradación de las Fibras del pasto pangola mostraron una tendencia decreciente durante el período de incubación ruminal, reflejando que las fracciones más digestibles fueron degradadas inicialmente (FDN) y que los componentes estructurales más resistentes limitaron la degradación en tiempos prolongados (FDA). Estos resultados contribuyen a la comprensión del comportamiento de la fibra del pasto pangola dentro del rumen y de su potencial nutritivo para los rumiantes.

IX. LITERATURA CITADA

- Aline S. de Aluja. (2011). Animal Welfare in the Veterinary Medicine and Animal Husbandry Curriculum. What for and why?
- Antonio-Medina, A., Mendoza-Pedroza, S. I., Ortega-Jiménez, E., Enríquez-Quiroz, J. F., Herrera-Haro, J. G., Torres-Hernández, G., & Rivera, A. M. (2025). Fertilización nitrogenada en pasto pangola (*Digitaria eriantha* S.) bajo densidades diferentes de siembra. *Ecosist. Recur. Agropec.*, 12(1), 1-13.
- Baldwin, R., & Allison, M. (1983). Rumen Metabolism. *Journal of Animal Science*, 57(2), 461-477.
- Barnes, R., & Marten, G. (1979). Recent developments in predicting. *Journal of Animal Science*, 48(6), 1554-1561.
- Carberry, C. A., Kenny, D. A., Han, S., McCabe, M. S., & Waters, S. M. (2012). Effect of phenotypic residual feed intake and dietary forage content on the rumen microbial community of beef cattle. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(14), 4949–4958.
- Castillo, C., & Hernández, J. (2021). Ruminant fistulation and cannulation: A necessary procedure for the advancement of biotechnological research in ruminants. In *Animals* (Vol. 11, Number 7). MDPI
- Castillo-Lopez, E., & Domínguez-Ordóñez, M. (2019). Factores que afectan la composición microbiana ruminal y métodos para. *Rev Mex Cienc Pecu*, 10(1), 120-148.
- Diao, X., Dang, S., Liu, S., Jing, L., Wang, Y., & Zhang, W. (2020). Determination of the appropriate ratio of sample size to nylon bag area for in situ nylon bag technique evaluation of rumen digestibility of feedstuffs in sheep. *Livestock Science*, 241.
- Dios, S. E., & Campos, S. C. (2008). Anatomía y Fisiología Digestiva de la Cabra. Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica FMVZ-UNAM, 1-5.

- Elizondo-Salazar, J. A. (2013). Aspectos básicos de anatomía y fisiología en terneras de lechería. Estación Experimental Alfredo Volio Mata - Facultad de Ciencias Agroalimentarias, 4-7.
- Giraldo, L., Zoot, M., & L.A, G. (2007). Comparación de dos técnicas in vitro e in situ para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Rev Col Cienc Pec*, 20, 269-279.
- Gosselink, J. (2004). Alternatives for forage evaluation in ruminants.
- Hua, D., Hendriks, W. H., Xiong, B., & Pellikaan, W. F. (2022). Starch and Cellulose Degradation in the Rumen and Applications of Metagenomics on Ruminal Microorganisms. In *Animals* (Vol. 12, Number 21).
- Huws, S. A., Creevey, C. J., Oyama, L. B., Mizrahi, I., Denman, S. E., Popova, M., Muñoz-Tamayo, R., Forano, E., Waters, S. M., Hess, M., Tapio, I., Smidt, H., Krizsan, S. J., Yáñez-Ruiz, D. R., Belanche, A., Guan, L., Gruninger, R. J., McAllister, T. A., Newbold, C. J., ... Morgavi, D. P. (2018). Addressing global ruminant agricultural challenges through understanding the rumen microbiome: Past, present, and future. In *Frontiers in Microbiology* (Vol. 9, Number SEP). Frontiers Media S.A.
- INEGI, I. N. (2009). Compendio de información geográfica municipal. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Koknaroglu, H., & Akunal, T. (2013). Animal welfare: An animal science approach. *Meat Science*, 95(4), 821-827.
- Krause, D., Denman, S., Mackie, R., Morrison, M., & Rae, A. (2003). Opportunities to improve fiber degradation in the rumen: microbiology, ecology and genomics. *FEMS Microbiology Reviews*, 27, 663-693.
- Mehrez, A. Z., & Orskov, E. R. (1977). A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. In *J. agric. Sci., Camb* (Vol. 88).

- Mertens, D. (1994). Regulation of forage intake. Forage quality, evaluation, and utilization, 450-493.
- Mertens, D., & Grant, R. (2020). Digestibilidad y ingesta. Forrajes: la ciencia de la agricultura de pastizales, 2, 609-631.
- Navarro Ortiz, C. A., & Roa Vega, M. L. (2020). Determination of in vitro digestibility of forage species used in ruminant feeding. Tropical Animal Health and Production, 52(6), 3045–3059.
- Navarro-Ortiz, C. A., Díaz, J., Roa-Vega, M., & y Cuellar-Leuro, E. (2011). Comparación de la técnica de digestibilidad in vitro con la in situ de diez forrajes en bovinos rumino-fistulados en el piedemonte llanero del Meta. Revista Sistemas de Producción Agroecológicos, 2(2), 2-24.
- Orskov, E. R., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. The Journal of Agricultural Science, 92(2), 499–503.
- Ortega Cerrilla, M. E., & Mendoza Martínez, G. (2003). Starch digestion and glucose metabolism in the ruminant: A review. Interciencia, 28(7), 380-386.
- Phillips, C. J. C., Wojciechowska, J., Meng, J., & Cross, N. (2009). Perceptions of the importance of different welfare issues in livestock production. Animal, 3(8), 1152–1166.
- Quin, J., Van der Wath, J., Myburgh, S., & Du Toit, P. (1983). . Studies on the alimentary tract of Merino sheep in South Africa. 4. Description of experimental technique. Onderstepoort J Vet Sci Anim Ind, 11(2).
- Rosero-Noguera, R., Zoot, D., Posada-Ochoa, S., & Zoot, M. (2007). Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. Rev Colom Cienc Pecua, 20(2), 174-182.
- Russell, J. B., & Rychlik, J. L. (2001). Factors That Alter Rumen Microbial Ecology.

- Russell, J. B., Muck, R. E., & Weimer, P. J. (2009). Quantitative analysis of cellulose degradation and growth of cellulolytic bacteria in the rumen. In *FEMS Microbiology Ecology* (Vol. 67, Number 2, pp. 183–197).
- Sali, K., & Harun, A. Y. (2019). Factors Affecting Rumen Microbial Protein Synthesis: A Review. *Veterinary Medicine–Open Journal*, 4(1), 27–35.
- Szakács, J. (2021). STANDARD PROTOCOL FOR INTESTINAL CANNULATION OF RUMINANTS.
- Tiago, N. P. V., Erico, da S. L., Wallacy, B. R. dos S., Andr eacute ia, S. C. aacute rio, C aacute ssio, J. T., Iacute talo, L. F., & Marco, A. ocirc nio M. de F. (2016). Ruminal microorganism consideration and protein used in the metabolism of the ruminants: A review. *African Journal of Microbiology Research*, 10(14), 456–464.
- Weimer, P. J. (2022). Degradation of Cellulose and Hemicellulose by Ruminal Microorganisms. In *Microorganisms* (Vol. 10, Number 12).