



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE
DURANGO**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO
DEL VALLE DEL GUADIANA**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



**“VALOR NUTRICIONAL DEL FORRAJE (*Lolium multiflorum*) CON DIFERENTE
FERTILIZACIÓN EN DURANGO”**

TESIS

Maestría en Ingeniería

Presenta:

José Andrés Hernández Arroyo

Director de tesis:

Dra. Ixchel Abby Ortiz Sánchez

Co-Director:

Dra. Cynthia Adriana Nava Berumen

Durango, Dgo. México, mayo, 2024









VALOR NUTRICIONAL DEL FORRAJE (*Lolium multiflorum*) CON DIFERENTE FERTILIZACIÓN EN DURANGO


Presenta:

Ing. José Andrés Hernández Arroyo

COMITÉ TUTORIAL

<p><u>Dra. Ixchel Abby Ortiz Sánchez</u> Director</p>	 Firma
<p><u>Dra. Cynthia Adriana Nava Berumen</u> Codirector</p>	 Firma
<p><u>M.C. Oscar Gilberto Alaníz Villanueva</u> Asesor</p>	 Firma


M.C. Norma Alicia García Vidaña
Coordinadora del programa de la Maestría
en Ingeniería


Dr. Francisco Javier Godínez García
Jefe de la División de Estudios de
Posgrado e Investigación

Durango, Dgo. México

Mayo de 2024



Victoria de Durango, Dgo., a **13 / Mayo / 2024**.

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
DEPI / C / 140 / 24.

ASUNTO: Autorización de Impresión de Tesis de Maestría.

C. JOSÉ ANDRÉS HERNÁNDEZ ARROYO
No. DE CONTROL G16040998
PRESENTE.

De acuerdo al reglamento en vigor y tomando en cuenta el dictamen emitido por el jurado que le fue asignado para la revisión de su trabajo de tesis para obtener el **Grado de Maestro en Ingeniería**, esta División de Estudios de Posgrado e Investigación le autoriza la impresión del mismo, cuyo título es:

"VALOR NUTRICIONAL DEL FORRAJE (*Lolium multiflorum*) CON DIFERENTE FERTILIZACIÓN EN DURANGO"

Sin otro particular de momento, quedo de Usted.

ATENTAMENTE.

Excelencia en Educación Tecnológica®
"La Técnica al Servicio de la Patria"


C. FRANCISCO JAVIER GODÍNEZ GARCÍA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



FJGG'ammc.





Victoria de Durango, Dgo., a **13 / Mayo / 2024.**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
DEPI / C / 139 / 24.

ASUNTO: Autorización de Tema de Tesis de Maestría.

C. JOSÉ ANDRÉS HERNÁNDEZ ARROYO
No. DE CONTROL G16040998
P R E S E N T E .

Con base en el Reglamento en vigor y teniendo en cuenta el dictamen emitido por el Jurado que le fue asignado, se le autoriza a desarrollar el tema de tesis para obtener el **Grado de Maestro en Ingeniería** cuyo título es:

"VALOR NUTRICIONAL DEL FORRAJE (*Lolium multiflorum*) CON DIFERENTE FERTILIZACIÓN EN DURANGO"

CONTENIDO:

	RESUMEN
CAPÍTULO I	INTRODUCCIÓN
CAPÍTULO II	OBJETIVOS E HIPÓTESIS
CAPÍTULO III	MARCO TEÓRICO
CAPÍTULO IV	MATERIALES Y MÉTODOS
CAPÍTULO V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN
CAPÍTULO VI	CONCLUSIONES
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATENTAMENTE.

Excelencia en Educación Tecnológica®
"La Técnica al Servicio de la Patria"

C. FRANCISCO JAVIER GODÍNEZ GARCÍA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



FJGG'ammc.





AGRADECIMIENTOS

A mi comité tutorial: al Maestro Oscar Alaniz, por sus sabios conocimientos compartidos, enriquecerme con su larga experiencia, por hacerme parte de un mundo que hace algunos años era ajeno para mí, a la Dra. Cynthia, por sus enseñanzas, su sabiduría y sus consejos, posiblemente con muchas canas verdes ahora, después de mis no tan pocos incidentes en el laboratorio, pero de los cuales, cada paso, lo he tomado, aprendido y adaptado, no solo en el proyecto, si no en el diario vivir. Finalmente, y no menos importante, a la Dra. Abby, no solo por su profesionalismo, entrega y pasión hacia el proyecto y a su trabajo, si no por su calidez humana, la cual me acompañó en todo momento, en los éxitos, en los temores, en las frustraciones, en los desvelos, donde no importaba que pasara, siempre podía empezar de nuevo y hacerlo aún mejor. Definitivamente los tres me enseñaron e inspiraron a ver en mí, cosas que no me creía capaz de hacer, nuevos sueños que no contemplaba y enseñanzas sobre cómo ser un mejor ser humano, en todos los ámbitos de mi vida.

Al Tecnológico Nacional de México y a CONAHACYT, por su invaluable apoyo con recursos económicos, tecnológicos y académicos, de los cuales sin ellos, esto no sería posible y que, sin duda alguna, van destinados a la grandeza y mejoramiento de nuestra sociedad.

Al Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana y las personas que lo conforman, por despertar en mí una pasión desconocida, por recibirme con los brazos abiertos y por ser mi lugar seguro para crecer profesionalmente y sanar muchas cosas en lo personal.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UJED, por el uso de sus instalaciones y equipo para el desarrollo del proyecto.

Al C. Rubén Navar por el espacio para poder realizar el proyecto.

A mis amigos, por alentarme, animarme y recordarme lo que muchas veces no puedo ver en mí.

A mi familia ¡Gracias!, los dos últimos años han sido un sinfín de emociones y cambios para mí, sin embargo, nunca me soltó, siempre me apoyo y cada uno de ellos fue determinante para concluir con éxito este viaje.





A mis hermanos, por demostrarme cada día su perseverancia, cariño, resiliencia y motivación para terminar siempre lo que se inicia, siempre con la cabeza en alto. Los amo.

A mi papá, por enseñarme que no importa que pase en la vida, siempre hay una luz al final del túnel, que tú decides si te pierdes en el vacío o te entregas en cuerpo y alma para seguir adelante.

A mi abuelita Chepis, la cual siempre fue testigo de las desveladas, sacrificios, y siempre hizo lo posible para que yo estuviera bien físicamente.

A los perritos de la familia, los cuales, sin importar el estrés o los compromisos por hacer, siempre lograron sacarme una sonrisa.

A mamá, la persona más importante en mi vida, mi ejemplo a seguir, mi inspiración, fuerza, valor y determinación... Ma, gracias por hacerme el hombre que soy hoy en día, por todo el camino que has recorrido por mí y mis hermanos, y que siempre, sin importar los lugares más oscuros a los que te tuviste que adentrar para criarnos, darnos una educación, vestimenta, techo, alimentos y valores, siempre te sacrificaste para hacernos felices y unos seres de bien para este loco y cambiante mundo. Es un honor para mí ser tu hijo, espero que estés orgullosa de estos pequeños pasos que damos para un futuro mejor.

Por último, a José Andrés Hernández Arroyo, en especial al niño de 10 años, donde si bien el futuro era incierto, aterrador y preocupante, siempre encontró la forma de salir adelante. Quiero decirte que lo vamos a lograr y que estoy inmensamente orgulloso de ti, no solo por lo que compete en este papel con palabras, si no, por cada pasito que das, cada lucha que enfrentas y cada pedacito de amor que mereces y empiezas a aceptar.

A todos, les estoy eternamente agradecido por acompañarme en este viaje, no puedo esperar a ver que locuras nos depara el futuro...

¡GRACIAS INFINITAS!





RESUMEN

La fuente más económica de alimentación para los rumiantes se deriva de las praderas, en donde se busca seleccionar forrajes de alta calidad y un alto valor nutricional. En Durango ha resurgido el interés por la evaluación de las especies de pasto, con alta productividad y alta calidad forrajera. El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad nutrimental, el rendimiento y digestibilidad *in vitro* de una variedad de Ballico Anual (*Lolium multiflorum*) y el efecto que tienen sobre ella, la utilización de distintos fertilizantes orgánicos. Se sembró la variedad Oregón de ballico anual en el Rancho La Purísima en el poblado Gabino Santillán, Dgo. La siembra se realizó al boleto en cinco franjas de 10 x 200 m (2000 m²). Se evaluaron cinco tratamientos de fertilización, T1 (Testigo), T2 (Químico), T3 (Té de estiércol), T4 (Magro) y T5 (NB Soil). Se realizaron cortes a los 92, 150 y 217 días después de la siembra (DDS). En cada uno se determinó el valor nutricional de forraje, materia seca (MS), cenizas (CE), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra curda (FC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), celulosa, hemicelulosa y lignina. De igual manera, en todos los cortes se evaluó el rendimiento de forraje verde (RFV), el rendimiento de forraje seco (RFS), la calidad relativa del forraje (CRV), valor relativo del forraje (VRF) y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS). Se realizó un diseño en bloques al azar con arreglo factorial con cinco repeticiones, la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). El RFV fue mayor a los 92 DDS (10.76 t ha⁻¹) y a los 217 DDS el menor (9.90 t ha⁻¹), igualmente a esta edad de la planta se obtuvo el mayor RFS (3.82 t ha⁻¹) y el menor a los 92 DDS (1.86 t ha⁻¹). En general, el tratamiento orgánico NB Soil® fue el que obtuvo el mayor RFV y RFS en los tres cortes (14.75 t ha⁻¹, 3.86 t ha⁻¹, respectivamente). No se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos, mientras que entre cortes si hubo diferencias estadísticas para las variables evaluadas, específicamente en el primer corte en comparación con el segundo y el tercero, para el valor nutrimental, en donde el EE (2.31 % y 2.18 % en el segundo y tercer corte, respectivamente), al igual que la FC, FDA y FDN, las cuales van aumentando en cada corte, que es cuando la DIVMS disminuye. El porcentaje de DIVMS fue alta a los 92 y 150 DDS (66.47 % y 63.19 % respectivamente) y baja a los 217 DDS (51.70 %). A los 92 DDS el VRF fue mayor (142.35 %), esta variable disminuyó en a los 150 y 217 DDS (104.2 % y 106.95 % respectivamente). La CRF presentó el mismo





comportamiento siendo mayor a los 92 DDS (139.60 %) y menor a los 150 y 217 DDS (105.92 % y 107.8 % respectivamente). Por lo anterior, los tratamientos orgánicos empleados en esta investigación pueden ser una alternativa económica y sustentable para su uso en la producción de alimento para ganado bovino, debido a que estas variables de calidad no se afectan negativamente con la aplicación de estos fertilizantes orgánicos comparados con el fertilizante químico.





ABSTRACT

The most economical source of food for ruminants is derived from grasslands, where high-quality forages with high nutritional value are sought to be selected. In Durango, interest has resurfaced in the evaluation of grass species, with high productivity and high forage quality. The objective of this work was to evaluate the nutritional quality, yield and *in vitro* digestibility of a variety of Annual Ryegrass (*Lolium multiflorum*) and the effect that the use of different organic fertilizers has on it. The Oregon variety of annual ryegrass was planted at Rancho La Purísima in the town of Gabino Santillán, Dgo. Sowing was done by boleo in five strips of 10 x 200 m (2000 m²). Five fertilization treatments were evaluated, T1 (Control), T2 (Chemical), T3 (Manure Tea), T4 (Lean) and T5 (NB Soil). Cuts were made at 92, 150 and 217 days after sowing (DAS). In each one, the nutritional value of forage is determined: dry matter (DM), ashes (AS), crude protein (CP), etheral extract (EE), crude fiber (CF), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), cellulose, hemicellulose and lignin. Similarly, in all cuts were evaluated, green forage yield (GFY), dry forage yield (DFY), relative forage quality (RFQ), relative forage value (RFV) and *in vitro* digestibility of dry matter (IVDDM). A randomized block design with a factorial arrangement was carried out with five repetitions, the comparison of means was carried out with the Tukey test ($p \leq 0.05$). The GFY was highest at 92 DAS (10.76 t ha⁻¹) and at 217 DAS the lowest (9.90 t ha⁻¹), likewise at this age of the plant the highest DFY was obtained (3.82 t ha⁻¹) and the less than 92 DAS (1.86 t ha⁻¹). In general, the organic treatment NB Soil® was the one that obtained the highest GFY and DFY in the three cuts (14.75 t ha⁻¹, 3.86 t ha⁻¹, respectively). No statistical differences were found between treatments, while between cuts there were statistical differences for the variables evaluated, specifically in the first cut compared to the second and third, for the nutritional value, where the EE decreases (2.31% and 2.18% in the second and third cut, respectively), as well as CF, ADF and NDF, which increase in each cut, which is when IVDDM decreases. The percentage of IVDDM was high at 92 and 150 DAS (66.47% and 63.19% respectively) and low at 217 DAS (51.70%). At 92 DAS the RFV was higher (142.35%), this variable decreased at 150 and 217 DAS (104.2% and 106.95% respectively). The RFQ presented the same behavior, being higher at 92 DAS (139.60%) and



lower at 150 and 217 DAS (105.92% and 107.8% respectively). Therefore, the organic treatments used in this research can be an economic and sustainable alternative for use in the production of feed for cattle, because these quality variables are not negatively affected by the application of these organic fertilizers compared to the chemical fertilizer.





ÍNDICE

CAPÍTULO 1 . INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.	2
1.3 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.	3
CAPÍTULO 2 . OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	4
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	4
2.3 HIPÓTESIS.....	4
CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO.....	5
3.1 IMPORTANCIA DE LOS FORRAJES	5
3.2 PASTIZALES A NIVEL NACIONAL.....	7
3.3 PASTIZALES EN DURANGO, DGO.	8
3.4 CONDICIÓN DE PASTIZAL	9
3.5 SALUD DEL PASTIZAL	10
3.6 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE FORRAJES.....	11
3.6.1 Proteína	12
3.6.2 Fibra	12
3.6.3 Lignina	14
3.6.4 Celulosa.....	15
3.6.5 Hemicelulosa.....	15
3.7 USO DE FERTILIZANTES	15
3.7.1 Fertilización química	15
3.7.2 Fertilización orgánica.....	16
CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
4.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	22
4.2 MATERIAL VEGETAL.	22
4.3 SIEMBRA	22
4.4 TRATAMIENTOS Y DOSIS A EVALUAR	23
4.5 DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTO (FORRAJE VERDE Y SECO, T HA ⁻¹)	24
4.6 VALOR NUTRICIONAL DE FORRAJE	25
4.6.1 Humedad y cenizas	25
4.6.2 Proteína	26
4.6.3 Grasa.....	29
4.6.4 Fibra Cruda	29
4.6.5 Análisis de Fibras.	32
4.6.6 Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS).	35
4.6.7 Valor relativo del forraje (VRF, %).	37
4.6.8 Calidad relativa del forraje (CRF, %).	37
4.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	38
CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
5.1 RENDIMIENTO	39





5.1.1 Rendimiento de forraje verde (RFV).....	39
5.1.2 Rendimiento de forraje seco (RFS).....	39
5.2 CALIDAD NUTRICIONAL.....	41
5.2.1 Corte 1 (92 DDS).....	41
5.2.2 Corte 2 (150 DDS).....	42
5.2.3 Corte 3 (217 DDS).....	43
5.3 DIGESTIBILIDAD <i>IN VITRO</i>	44
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES	47





ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Sitio experimental: Rancho “La Purísima”</i>	22
<i>Figura 2. Proceso de siembra al boleó</i>	23
<i>Figura 3. Paso de rastra.</i>	23
<i>Figura 4. Obtención de muestras para la determinación del rendimiento de forraje fresco y forraje seco (t ha⁻¹).</i>	25
<i>Figura 5. Digestión</i>	27
<i>Figura 6. Destilación</i>	27
<i>Figura 7. Titulación</i>	28
<i>Figura 8. Proceso de ebullición.</i>	30
<i>Figura 9. Lavados.</i>	30
<i>Figura 10. Residuo de muestra.</i>	31
<i>Figura 11. Obtención de peso constante.</i>	31
<i>Figura 12. Proceso de secado en Desecador.</i>	32
<i>Figura 13. Bolsas ANKOM F57.</i>	33
<i>Figura 14. Peso de muestras.</i>	34
<i>Figura 15. Ácido sulfúrico.</i>	35
<i>Figura 16. Muestras en bolsas ANKOM F57.</i>	36
<i>Figura 17. Incubador Daisy II.</i>	36





ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 1. Tratamientos de fertilización evaluados.....</i>	<i>24</i>
<i>Cuadro 2. Comparación de medias del rendimiento entre tratamientos de fertilización y cortes para el Rendimiento de Forraje Verde (RFV).</i>	<i>39</i>
<i>Cuadro 3. Comparación de medias del rendimiento entre tratamientos de fertilización y cortes para el Rendimiento de Forraje Seco (RFS).....</i>	<i>40</i>
<i>Cuadro 4. Comparación de medias de la calidad nutricional entre tratamientos de fertilización a los 92 DDS (Corte 1).</i>	<i>42</i>
<i>Cuadro 5. Comparación de medias de la calidad nutricional entre tratamientos de fertilización a los 150 DDS (Corte 2).</i>	<i>43</i>
<i>Cuadro 6. Comparación de medias de la calidad nutricional entre tratamientos de fertilización a los 217 DDS (Corte 3).</i>	<i>44</i>
<i>Cuadro 7. Comparación de medias entre tratamientos de fertilización.....</i>	<i>45</i>





Capítulo 1 . INTRODUCCIÓN

La alimentación del ganado bovino que cumpla los requerimientos nutricionales para su comercialización, ya sea, como productor de leche, de engorda o crianza, implica un alto costo, por lo que los productores, en su mayoría prefieren sembrar su propia cosecha de forraje para dicha alimentación. Un problema latente, es que si bien los distintos tipos de forraje más comunes como la alfalfa, el maíz, sorgo, entre otras especies, cuentan con las propiedades necesarias para la dieta de los rumiantes y se desarrollan de manera eficaz en el verano, se presenta una complicación importante en la época seca del año, en el que la producción se detiene y el animal pierde peso. Ante esta situación, existen áreas de oportunidad para aumentar la productividad y rentabilidad en la crianza del ganado bovino al producir de manera eficiente forraje de alta calidad, aunado a utilizar fertilizantes orgánicos que reduzcan el daño ambiental sustancialmente en comparación con los fertilizantes químicos comerciales.

En años recientes, se ha confiado en distintas especies y variedades de pastos, debido a su adaptabilidad a las bajas temperaturas. Entre estas especies de semillas y granos pequeños destaca rey gras o ballico anual (*Lolium multiflorum*), perenne (*Lolium perenne*), festuca alta (*Festuca arundinacea*), así como orchard (*Dactylis glomerata*) y el bromo (*Bromus willdenowii*), lo que ha generado la necesidad de evaluar estas especies para buscar alternativas que tengan mayor calidad y productividad en el forraje, en comparación a los pastos utilizados actualmente y mediante dicha evaluación, aplicar distintas dosis de fertilización, que nos permita cubrir con la demanda que hay del forraje, especialmente en la época seca del año de manera ecológica y sustentable.

1.1 Antecedentes

En Durango se ha retomado la evaluación de las especies de pasto, con productividad forrajera (>27 t de forraje verde por ha por corte; INFOSIAP, 2022) y calidad forrajera altas (proteína cruda >12%, Fibra detergente neutro (FDN= 55% y





digestibilidad >50%) (Ball, et al. 2001); como es el caso de ballico anual (*Lolium multiflorum*), ballico perenne (*Lolium perenne*) y bromo (*Bromus willdenowii*) de la variedad Matua principalmente (Jiménez, et al. 2014). Algunas variedades de ballico anual (*Lolium multiflorum*), la mezcla comercial Green Perenne (*Lolium perenne*) y la variedad Matua del pasto Bromo (*B. Willdenowii*) son opciones para producir forraje de alta calidad en la época seca del año en Durango. Nava et al. (2018) encontraron que la mezcla Green Perenne y el pasto bromo variedad Matua son una alternativa para poder obtener forraje verde, con productividad baja en los primeros cortes y alta en los últimos en contraste con la proteína, en los primeros cortes tuvo valores altos de proteína la cual fue disminuyendo en los cortes subsecuentes (33% y 17% respectivamente). La aplicación de fertilizante orgánico en suelos ácidos, no incrementa el valor nutritivo de *B. humidicola* con respecto al observado con la aplicación de fertilizante orgánico a través de un año y con diferentes edades de corte. En un estudio sobre la incidencia de microorganismos sobre el rendimiento del frijol pinto saltillo (Ortiz et al., 2023) se encontró que el uso de microorganismos como *Azospirillum* spp., *Metarhizium* spp. y *Trichoderma* spp. aportan beneficios importantes para las plantas, como la estimulación del crecimiento. La aplicación como biofertilizante ayuda a la nutrición tradicional reduciendo el uso de agroquímicos y degradación del agroecosistema. La implementación de estos microorganismos en el suelo permite reducir costos de producción y por lo tanto obtener mayores ganancias. Los valores de digestibilidad *in vitro* de la materia seca y la fibra detergente neutra en el pasto resultaron similares entre el tratamiento con fertilizante orgánico y sin fertilizante (Jiménez et al., 2010).

1.2 Justificación.

El presente trabajo busca otorgar una solución a la falta de forraje en la época seca del año, al presentarse como una alternativa a la producción de los forrajes frecuentes, que no se desarrollan en temporadas invernales, lo que disminuiría la reducción de peso del ganado en esta época. De igual forma, se obtendría forraje con alto valor nutricional con alto contenido de proteína, lo que permitiría eliminar la inclusión en las dietas de concentrados proteicos, lo cual reduciría significativamente los costos de





alimentación. Al mismo tiempo, se busca reemplazar fertilizantes químicos por orgánicos, logrando así un impacto económico, social y ambiental.

1.3 Delimitación del problema.

El alcance del presente trabajo, es realizar los análisis de rendimiento, valor nutricional y digestibilidad *in vitro* de manera que se pueda conocer las cualidades nutrimentales del forraje con las fertilizaciones a evaluar con relación a las tradicionales, las cuales se presentaran a los productores de la región de Durango para tener este cultivo como alternativa de producción sustentable. Del mismo modo, que se puedan utilizar los fertilizantes orgánicos, con la finalidad de economizar, generar mayores utilidades y obtener un impacto positivo en el ambiente.





Capítulo 2 . OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivo general.

Determinar el valor nutricional y la digestibilidad *in vitro* del forraje var. Oregón con diferentes dosis de fertilización para la alimentación de ganado bovino.

2.2 Objetivos específicos.

1. Evaluar el rendimiento de forraje fresco y seco producido.
2. Determinar el valor nutricional de forraje (MS, CE, PC, EE, FC, FDN y FDA).
3. Evaluar la digestibilidad *in vitro* del forraje (DIVMS).

2.3 Hipótesis

1. **Ho¹**: Todos los métodos de fertilización tendrán el mismo efecto sobre el rendimiento.
2. **Ho²**: Todos los métodos de fertilización tendrán el mismo efecto sobre el valor nutricional.
3. **Ho³**: Todos los métodos de fertilización tendrán el mismo efecto sobre la digestibilidad del forraje.
4. **Ha¹**: Al menos uno de los métodos de fertilización será diferente a los demás, en cuanto al efecto sobre el rendimiento.
5. **Ha²**: Al menos uno de los métodos de fertilización será diferente a los demás, en cuanto al efecto sobre el valor nutricional.
6. **Ha³**: Al menos uno de los métodos de fertilización será diferente a los demás, en cuanto al efecto sobre la digestibilidad del forraje.





Capítulo 3. MARCO TEÓRICO

3.1 Importancia de los forrajes

Los forrajes verdes son generalmente utilizados para reunir los requerimientos necesarios, para mantener y moderar los niveles de producción en la ganadería rumiante. Con el incremento en la madurez del forraje, disminuye el contenido de nitrógeno y la digestibilidad incrementa el contenido de fibra y lignina ya que se afecta la relación hoja tallo y el tejido senescente incrementa (Wilson & Minson, 1983). Los pastos de festuca alta, festilolium y rye grass anual son gramíneas con capacidad de rebote que se utilizan para establecer parcelas para el pastoreo de rumiantes para la producción de leche o carné para las zonas templadas. Híbridos tales como *Festilolium* ssp. combinan la resistencia invernal de *Festuca* sp. con la alta calidad del forraje de *Lolium* sp. (Monsivais, 2013).

Para considerar la inclusión de forrajes en dietas de rumiantes, es necesario conocer el valor nutricional y la calidad de los forrajes, el valor nutricional puede expresarse en términos de su composición química (concentración de nutrientes); y la calidad estará determinada por la digestibilidad, la naturaleza de los productos y la cinética de digestión que se espera que sea expresada en consumo efectivo por los animales (Naranjo & Cuartas, 2011). La composición química de los alimentos y forrajes se ve afectada por elementos tales como el tipo de cultivo, variedades, fertilizantes, etapa de cosecha y el medio ambiente. También afecta la calidad nutritiva, los altos contenidos de pared celular y el bajo contenido de carbohidratos solubles (Barahona & Sánchez, 2005) (Leng, 1990) y afecta la eficiencia con que los animales extraen sus nutrientes durante la digestión. Además, la calidad del forraje no es uniforme durante todo el año por lo cual, los ganaderos realizan cambios en el suministro de la ración alimenticia, presentándose regularmente pérdida de peso y enfermedades en el ganado (SAGARPA- SENASICA, 2000). La aplicación de fertilizantes puede proporcionar los nutrimentos ineludibles para las plantas con el fin de conseguir altos rendimientos. Su uso puede aumentar la productividad, teniendo en cuenta que la frecuencia, la dosis y la época de aplicación deben ser adecuadas para evitar sobrecostos, daños a la





planta y problemas ambientales (FAO, 2002). La fertilización convencional súplica una gran inversión de capital y puede originar efectos ambientales nocivos en los sistemas remuneradores. Es por ello necesario el uso de fertilizantes orgánicos como una alternativa estos fertilizantes pueden suplir los requerimientos nutricionales de los cultivos, igualar la producción de forraje a la que se obtiene con los fertilizantes inorgánicos y propiciar características agronómicas de buena calidad (Tamayo et al., 2007).

La mayor fuente de alimentación de los rumiantes es la pastura y los forrajes, los cuales son plantas verdes que ecológicamente son un productor primario (por ejemplo, la captura de luz solar y carbono para producir biomasa (Burns, 2008). Los forrajes representan la clase predominante de alimentación animal, varían significativamente con respecto a los parámetros de calidad, tales como la digestibilidad de la materia seca, proteína cruda y palatabilidad (Del Curto et al., 1990).

El forraje utilizado para la finalización de ganado puede producirse durante el otoño, invierno y primavera. Algunos forrajes de estación fría son los pastos perennes, pequeños granos, pastos anuales y leguminosas. Las especies forrajeras plantadas ya sea en monocultivo o en combinación producen ganancias en peso de hasta un kilogramo por día (Lozano et al., 2002). Los cultivos forrajeros anuales y perennes, incluyendo la achicoria (*Cichorium intybus* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.), caupí (*Vigna unguiculata* L.), y el mijo perla (*Pennisetum glaucum* L.), tienen un contenido de nutrientes adecuado para producir ganancias en la finalización de ganado para la producción de carne. Estos forrajes tienen altas concentraciones de compuestos nutraceuticos, como ácido linoleico conjugado (CLA) y ácido α -linolénico, en comparación con la carne de bovino con una finalización tradicional (Duckett et al., 2009).

El estado nutrimental del forraje es uno de los factores que determina su calidad, por ello, es necesario conocer cuáles y en que niveles están presentes los elementos que lo componen (Lucena, 1997). Es muy importante tomar en cuenta la calidad de un forraje, así como la capacidad de satisfacción de nutrientes requeridos por cada animal (Anzola et al., 2014). Para la calidad de forraje se debe de tomar en cuenta la zona donde se encuentra, ya que en las





zonas tropicales la calidad de forraje podría ser menor que en zonas templadas, por la baja digestibilidad del mismo (Molina et al., 1973).

3.2 Pastizales a nivel Nacional

México cuenta con un área general de casi 200 millones de ha, de las cuales aproximadamente el 40.1 % son clasificadas como pastizal (Aguirre y Huss 1981).

En México, los pastizales dominan aproximadamente el 6.1% (118, 320 km²) del territorio nacional, y se localizan en zonas semiáridas y de clima templado frío, dilatados en el norte y centro del país, tomando en cuenta que esta región es de afición especialmente pecuaria bajo circunstancias extensivas, es decir, manejando la vegetación originaria (agostaderos) como fuente de forraje para el ganado, no obstante el incorrectamente manejo ganadero ha causado sobrepastoreo y con ello erosión de suelo y lesión de riquezas vegetales, frenando o demarcando el desarrollo y reproducción de las especies vegetales gustosas por el ganado, lo que ha llevado a tener ganado desnutrido aún en tiempo de lluvias. Están muy desarrollados en el norte del país y cubren amplias zonas en Chihuahua, Coahuila, Sonora, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí y Jalisco. Se encuentran entre los 1,100 y 2,500 m, aunque también pueden encontrarse en menor altitud (Segura, 2023).

El mayor fragmento de esta superficie se localiza en zonas áridas y semiáridas del norte del país, donde a su vez se ubica la parte central, norte y este del estado de Durango. De la superficie total del Estado, el 40 % corresponde a pastizales, de los cuales el 66 % son matorrales y 40 zacatales (INEGI, 2017).





3.3 Pastizales en Durango, Dgo.

El estado de Durango tiene una superficie de 12, 320, 000 has, de las cuales el 53%, posee un uso de suelo de agostadero, es decir, 6, 656, 089 de has. Mientras que para la zona de los Valles y principalmente los municipios de Durango, Canatlán, Panuco de Coronado, Guadalupe Victoria, Nombre de Dios, Vicente Guerrero, Poanas y Súchil cuentan con una superficie de 802,924 has de pastizales dedicados a la ganadería extensiva, representando un 16.8% de la superficie del estado (INEGI, 2017). Los recursos naturales se han manejado de acuerdo a provechos individuales, sin darle valor a la conservación y/o al mejoramiento de los mismos. En el estado se ha retomado la evaluación de las especies de pasto, con productividad forrajera ($>27 \text{ t ha}^{-1}$ de forraje verde por corte; INFOSIAP, 2022) y calidad forrajera altas (proteína cruda $>12\%$, Fibra detergente neutro (FDN= 55% y digestibilidad $>50\%$) (Ball et al., 2001). En el caso de ballico anual (*Lolium multiflorum*), ballico perenne (*Lolium perenne*) y bromo (*Bromus willdenowii*) de la variedad Matua principalmente (Jiménez et al., 2014). Algunas variedades de ballico anual (*Lolium multiflorum*), la mezcla comercial Green Perenne (*Lolium perenne*) y la variedad Matua del pasto Bromo (*B. Willdenowii*) son opciones para producir forraje de alta calidad en la época seca del año en Durango. La mezcla Green Perenne y el pasto bromo variedad Matua son una alternativa para poder obtener forraje verde, con productividad baja en los primeros cortes y alta en los últimos en contraste con la proteína, en los primeros cortes obtuvo valores altos de proteína la cual fue disminuyendo en los cortes subsecuentes (33 % y 17 % respectivamente) (Nava et al., 2018).

Con respecto a la determinación cuantitativa de densidad relativa de la comunidad vegetal existen varias rutas para lograrlo, y una de ellas es el área mínima de muestreo, la cual tiene por objeto obtener datos útiles para su comprensión y caracterización, para que una muestra sea representativa de una comunidad, debe obtenerse de tal forma que sus valores estadísticos sean buenos estimadores de los parámetros de la población de la cual fue tomada (Bautista et al., 2011).





La planificación para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad no es un hecho estático con principio y final, más bien puede percibirse como un proceso continuo y dinámico que refleja los cambios en el entorno socio-ambiental cuyo objetivo es promover el desarrollo sustentable (Quino, 2006).

Las especies forrajeras para su aprovechamiento, deben ser consideradas como una siembra más y deben ser manejadas como tales, ya que al igual que todas las plantas, su crecimiento y desarrollo están determinados por su genética y por las condiciones externas a las cuales están sometidos. Por ello, para una producción eficiente de los pastizales, éstos deben manejarse tomando en cuenta el sistema suelo-planta-clima donde se está desarrollando esa planta, sistema en el cual la planta no crece en forma aislada si no que depende de la interrelación de todos los factores que intervienen en dicho sistema (FAO, 2002).

En un listado florístico (González et al., 1991) reporta la familia de las gramíneas con aproximadamente 45 ejemplares y 80 géneros para el estado de Durango. Con el paso del tiempo, esta composición florística ecológica ha sufrido modificaciones, a veces irreversibles, tal es el caso en el que se introducen especies de mala calidad forrajera, pero que, por su mayor agresividad, tienen la capacidad de establecerse y competir con las nativas, buenas forrajeras, ganándoles espacio y bajándoles así su calidad florística, y, por ende, su capacidad de carga animal (Herrera, 2001). Los tipos de vegetación son considerados como unidades básicas de estudio, los cuales de acuerdo a combinaciones de factores edáficos, topográficos y climáticos contienen diferentes tipos de pastizal (Stoddart et al, 1975).

3.4 Condición de pastizal

Las praderas sirven como sitios lucrativos para la fauna, microfauna, uso recreacional, y para el pastoreo de ganado, así como rayas divisorias de las aguas. La preservación y el manejo de pastizales han sido constituyentes para la discusión científica de la investigación y del público desde tiempo atrás. Los reportes de las magnas mermas por la degradación por un lado y el sobre pastoreo por ganado por otro, condujeron a las primeras tentativas de





inventariar y clasificar los pastizales. Los científicos ahora se están preguntando la utilidad de los métodos actuales de clasificación y de inventario del pastizal, así como los datos disponibles para determinar si se están degradando los pastizales o no (Gurrola & Chairez, 2007).

3.5 Salud del pastizal

Inconmensurable se ha discutido y comunicado de manera escrita sobre el deterioro que ha padecido y padece el pastizal. La relevancia del deterioro impacta de forma más evidente cuando si se discurren aquellos campos que 50 o 60 años atrás tenían una tendencia ganadera enormemente superior a la actual. Hoy, no sólo invisten menor contenido animal, sino que se han agravado cuantiosamente los inconvenientes de erosión. Entre los principales problemas que aquejan a los pastizales de las áreas de agostadero del estado de Durango es el sobre pastoreo debido a la falta de organización y uso de técnicas adecuadas que permita obtener el máximo rendimiento (Gentry, 1957). Herrera (2001) en diferentes sitios ecológicos del estado de Durango, encontró que los pastizales con mayor relevancia económica son: el zacate rosado (*Rinchelytrum repens*), grama (*Chloris virgata*), zacate navajita azul (*Bouteloua gracilis*), zacate banderilla (*Bouteloua curtipendula*), zacate tres puntas (*Aristida adscencionis*), zacate agua o bahía (*Paspalum notatum*) y zacaton alcalino (*Sporobolus airoides*).

Uno de los principales problemas que actualmente enfrenta la ganadería extensiva bajo libre pastoreo en el estado de Durango, lo representa el grave proceso de deterioro de los pastizales en el agostadero, producto de situaciones complejas como; largos periodos de sequía sin la disminución apropiada de carga animal, insuficiente infraestructura ganadera que impide la correcta distribución del pastoreo dentro de los potreros y sobre carga animal de cualquier tipo que se manifiesta con un deterioro exacerbado, particularmente en las tierras de pastoreo de los ejidos (Carrete, 2007). El manejo adecuado de la determinación de los índices de agostadero por quienes participan en la responsabilidad del manejo de los recursos forrajeros





de estas zonas es importante para abatir el deterioro de la cobertura vegetal con que cuentan los terrenos de agostadero (Carrete, 2007).

3.6 Composición química de forrajes

La estructura química de los suministros y pastos se ve afectada por factores tales como el tipo de cultivo, variedades, fertilizantes, etapa de cosecha, el medio ambiente. También afecta la calidad nutritiva, los altos contenidos de pared celular y el bajo contenido de carbohidratos solubles (Barahona y Sánchez, 2005; Leng, 1990; Norton y Poppi, 1995) y afecta la eficiencia con que los animales extraen sus nutrientes durante la digestión (Sanon et al., 2008).

El valor nutritivo de los alimentos está determinado por la biodisponibilidad de nutrientes y la dinámica de los procesos de solubilización e hidrólisis en el tracto gastrointestinal (Bruni y Chilibroste, 2001).

La calidad nutritiva de los forrajes influye significativamente en la producción animal bajo pastoreo de tal manera que los intentos para caracterizar todos los recursos que componen la dieta de los bovinos en el trópico alto son de vital importancia para un adecuado ajuste de los planes de alimentación (Shayo y Udén, 1999). El constituyente de mayor vitalidad que influye en la respuesta de la producción de un animal es el importe total de nutrimentos absorbidos. El consumo y la digestibilidad son parámetros clave en cualquier sistema de evaluación de alimentos (Shayo y Udén, 1999).





3.6.1 Proteína

Las proteínas son combinados orgánicos formados por cadenas de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos. Los diferentes aminoácidos y no la proteína en si misma son requeridos como nutrientes por el animal (NRC, 1996, 2001).

La proteína de la dieta frecuentemente se formula como proteína bruta, la cual es determinada como el contenido de nitrógeno de los alimentos multiplicado por el factor 6.25, ya que se asume que en promedio el contenido de nitrógeno (N) de las proteínas de los alimentos es de 16%. El término proteína bruta (PB) engloba tanto a las proteínas verdaderas (cadenas de aminoácidos unidas por enlaces peptídicos) como al nitrógeno no proteico (NNP) (compuestos nitrogenados que no son proteínas verdaderas) (NRC, 1985). Una parte de la proteína bruta de los alimentos que incluye a la totalidad del NNP y a una parte variable de la proteína verdadera que es degradada en rumen se le denomina Proteína Degradable en Rumen (PDR) mientras que la proteína verdadera restante que escapa a la digestión ruminal se denomina Proteína no Degradable en Rumen (PNDR) o proteína de by-pass (NRC, 1985). La proteína de los forrajes es susceptible a rápida degradación en el rumen, especialmente la de los forrajes verdes en los cuales se degrada hasta 73% (Klopfenstein et al., 2001).

3.6.2 Fibra

El término de fibra dietaría en nutrición humana se refiere a los componentes de los alimentos derivados de las plantas que no son digeribles por los sistemas enzimáticos de los mamíferos (Slavin, 2003). En forrajes, normalmente en alimentación para ganado, fibra se refiere a las paredes celulares de las plantas (Jungs Hans-Joachinm, 1997; Casler y Jung, 2006; Lund y Weisbjerg, 2007; Sveinbjornsson et al., 2006), y está bien establecido que la degradación ruminal de diferentes sustratos depende de la composición de la pared celular de la planta (Sveinbjornsson et al., 2006).





La fibra es significativa debido a que representa la porción orgánica de los alimentos que es más difícil de digerir. La fibra está constituida por celulosa, hemicelulosa, lignina, pectina, inulina, agar, quitina, gomas y silicatos (Sveinbjornsson et al., 2006; Machado, 1997). Las partículas de fibra ingerida y digerida son de baja densidad a causa de los gases de fermentación atrapados dentro de la estructura NDF de la planta. Cuando las partículas de forraje se reducen de manera adecuada por la rumia y fermentación, aumenta la densidad (Jung y Allen, 1995).

A la celulosa y hemicelulosa les corresponde los mayores porcentajes en la constitución de la fibra, le sigue la lignina y las pectinas que poseen algunos alimentos porcentajes relativamente altos (Machado, 1997; Rojas, 1994).

3.6.2.1 Fibra Detergente

Van Soest logró convencer a la comunidad científica de remplazar el sistema Weende o de análisis proximal (Henneberg y Stohmann, 1859) por su sistema detergente. Remplazando fibra cruda (CF) y extracto libre de nitrógeno por solubles en detergente neutro (NDS), fibra detergente ácida (ADF), fibra detergente neutra (NDF) (las siglas se deben a su nombre en inglés) y lignina, fue posible explicar respuestas nutricionales en términos de digestibilidad y consumo de alimentos (Uden et al., 2005).

3.6.2.2 Fibra Detergente neutra

La fibra detergente neutra (NDF) representa la fibra estructural, la cual es sólo parcialmente digerible, y lignina es la fracción de NDF completamente indigerible. Cuantifica los componentes de la pared celular vegetal: celulosa, hemicelulosa y lignina. La muestra de un alimento es tratada con detergente neutro y éste solubiliza el contenido celular y la pectina (Santini, 2014). El residuo obtenido representa la pared celular. Debido a que la NDF representa la matriz fibrosa insoluble total, está relacionada con el llenado, el pasaje y el





consumo, y por lo tanto su conocimiento es de necesidad en el balance de raciones (Santini, 2014).

Los forrajes con contenidos de fibra detergente neutra (FDN) relativamente bajos (40% o menos) son de mayor calidad nutricional que los que contienen altas concentraciones (60% o más) de este compuesto (Van Soest, 1994).

3.6.2.3 Fibra Detergente ácida

La muestra de alimento es asistida con una solución detergente ácido y esto solubiliza la hemicelulosa. El residuo restante representa la celulosa más la lignina y sílice. Por lo tanto, la hemicelulosa se calcula por la diferencia entre la FDN y la FDA. La FDA se correlaciona inversamente con la digestibilidad (Segura et al., 2007)

3.6.3 Lignina

La lignina es un polímero que se diferencia notablemente de las otras moléculas constituyentes de la pared celular; es un polímero aromático tridimensional que rodea las microfibrillas de celulosa y hemicelulosa, con algunas uniones covalentes a la hemicelulosa (Gadd, 2001; Hatakka, 2001). La lignina es completamente indigerible tanto para monogástricos como poligástricos y su determinación sirve para predecir la digestibilidad en materia seca y energía de un alimento (Machado, 1997), porque se encuentra envolviendo a la celulosa y hemicelulosa y restringe el acceso a estos carbohidratos, que si pueden ser digeribles (Cho et al., 1997).





3.6.4 Celulosa

Es un polímero lineal de unidades de celobiosa anhidra (dímero de D-glucosa), formada por polimerización de moléculas de D-Glucosa unidas en posición β -1,4 enlace glucosúrico, formando cadenas lineales planas que se unen entre sí por puentes de hidrógeno y fuerzas de van Der Waals, dando lugar a microfibrillas de gran estabilidad y baja digestibilidad en monogástricos puesto que su hidrólisis se da principalmente por acción de celulasas procedentes de los microorganismos ruminales (Gadd, 2001; Kirk y Cullen, 1998; HUT, 2004; Cho et al., 1997).

3.6.5 Hemicelulosa

Es una mezcla de polímeros de diferentes polisacáridos neutros y ácidos. Estos se adhieren a la superficie de las microfibrillas de celulosa por puentes de hidrógeno o a través de los grupos OH de los azúcares y mejoran la resistencia de la pared celular (Jungs Hans-Joachim, 1997; Kirk y Cullen, 1998).

3.7 Uso de fertilizantes

El uso de fertilizantes puede proveer los nutrimentos necesarios para las plantas con el fin de alcanzar altos rendimientos. Su uso puede aumentar la productividad, teniendo en cuenta que la frecuencia, la dosis y la época de aplicación deben ser adecuadas para evitar sobrecostos, daños a la planta y problemas ambientales (FAO, 2002).

3.7.1 Fertilización química

La fertilización convencional demanda una gran inversión económica y puede ocasionar efectos ambientales negativos en los sistemas productivos. Es por ello necesario el uso de





fertilizantes orgánicos como una alternativa (Zuluaga et al., 2010), estos fertilizantes pueden suplir los requerimientos nutricionales de los cultivos, igualar la producción de forraje a la que se obtiene con los fertilizantes inorgánicos y propiciar características agronómicas de buena calidad (Tamayo et al., 2007; Zuluaga et al., 2010).

3.7.2 Fertilización orgánica

La fertilización orgánica suministra nutrientes y sustancias húmicas al suelo, y tienen un efecto directo en su fertilidad, incide en la absorción de nutrientes y en el crecimiento de la planta, se reduce el uso de fertilizantes químicos y la emisión de gases de efecto invernadero (Rojas y Moreno, 2008).

La fertilización orgánica se presenta como una alternativa de fertilización, en vista de la creciente preocupación ambiental, por la consecuente contaminación de suelos y aguas, debido al manejo inadecuado de los fertilizantes comerciales y el riesgo de efecto residual de agroquímicos en los productos de origen animal (Souza et al., 2005).

El uso de abonos orgánicos en los suelos es fundamental en la mejora de las características químicas, físicas y biológicas. Su actuación se da tanto en la mejora de las condiciones físicas, como en la aireación, en la mayor retención y almacenamiento de agua, como en las propiedades químicas y fisicoquímicas, en el suministro de nutrientes a las plantas y en la mayor capacidad de intercambio catiónico del suelo (CTC), (Souza et al., 2005). La materia orgánica es toda sustancia de origen vegetal o animal que se encuentra en el suelo, cuando proviene de plantas estará conformada por hojas, troncos y raíces, o bien al originarse de animales e incluso microorganismos, por lo que estará formada por cuerpos muertos y sus excretas. Es importante entender que la materia orgánica no solo aporta nutrientes, sino que el humus, producto final de la degradación y capaz de mejorar la estructura y fertilidad del





suelo, solo se produce a partir de materiales ricos en carbono y de lenta degradación, no se origina a partir de los estiércoles y leguminosas, materias que principalmente actúan como abono en el corto plazo (Primavesi, 1984).

3.7.2.1 Estiércoles

Estos dependiendo de su procedencia, poseen diversos nutrientes y por lo general tienen altos contenidos de nitrógeno, entre ellos se encuentran los producidos por la ganadería, la avicultura, la porcicultura, cunicultura, capricultura y la ovicultura (boñiga, gallinaza, cerdaza, ovejaza, conejaza y cabraza) entre otros. El compostaje es la descomposición microbiana de una mezcla de materias orgánicas ricas en carbono con otras ricas en nitrógeno. Se debe tener claro que los microorganismos (hongos, bacterias, levaduras, *Lactobacillus*) responsables de las transformaciones bioquímicas son aeróbicos, por lo tanto, la aireación constituye un factor crítico, y el tiempo en la producción de compost variará dependiendo de la aireación o movimiento del montículo (Hernández et al. 2008). A mayor movimiento, se oxigena la mezcla y el tiempo se acortará, por el contrario, si no movemos el montículo no se oxigena en forma apropiada y el tiempo que se necesitará para obtener el compost será mayor. El compostaje es una opción para procesar los remanentes orgánicos. Este proceso aeróbico, no debe atraer moscas, insectos, roedores ni generar olores desagradables, por lo que el control de la humedad debe ser constante durante el proceso, independiente de si es a largo o a corto plazo (Altieri, 2004). Mediante el compostaje, se desinfecta y estabiliza el residuo, con lo que el producto resultante es inocuo para el ambiente. Al ser un producto natural, tiene una composición homogénea, su pH debe ser, de neutro a ligeramente básico. El compost es el producto final del compostaje. Debido al contenido del humus y de millones de microorganismos, así como otras propiedades como su capacidad de retener el agua y aporte nutricional, es más valioso para el suelo que los estiércoles u otros residuos orgánicos. Estos abonos son fuente no solo de nutrientes, sino que aportan otras sustancias que estimulan el crecimiento, tales como: el ácido indol-3-acético y los ácidos húmicos, entre otros, (Segura et al. 2001).





Las técnicas para preparar compost dependen principalmente de la repetición de volteos y materias primas. Un estudio reciente demostró que, para compostar la broza de café, el mejor método fue el movimiento combinado compuesto por un volteo cada día en la primera semana, 6 volteos en la segunda semana, 5 volteos en la tercera semana, 4 volteos en la cuarta semana, 2 volteos en 5 y 6 semana, resultando en un compost de excelente calidad (Fuentes, 2003).

3.7.2.2 Abono bocashi

Este es un término japonés introducido por voluntarios de la organización JICA. Este significa fermento o fermentado, su elaboración no es una receta y se puede adecuar a las materias primas que se dispongan en las fincas. Los agricultores por esta razón han continuado usando el método, pero sustituyendo los materiales de la propuesta original. En la actualidad lo fabrican con remanentes propios de sus sistemas productivos y de los alrededores, de menor costo y más accesibles, tales como ramas de árboles picadas, hojas de arbustos, pasto picado, cascarilla de café, aserrín, burucha, estiércol de cerdo, gallina o ganado vacuno, cenizas de bagazo y melaza, entre otros (Sasaki et al. 1994). La propuesta inicial está compuesta por tres sacos de gallinaza, tres sacos de granza, tres sacos de tierra del subsuelo, tres sacos de carbón molido, un saco de semolina de arroz o salvado, un saco de bocashi como inóculo, y cuatro litros de melaza (Sasaki et al. 1994).

Los materiales son más ricos en nitrógeno y en sustancias solubles que en el compost. Durante el proceso de fermentación no se agrega agua. El bocashi es un abono que proporciona nutrición, microorganismos y un sustrato para la vida microbiana; esto por ser un abono que no se ha degradado completamente, el cual será útil en suelos pobres en materia orgánica y en el proceso de transición hacia la producción orgánica (Figuras 16 y 17) (Sasaki et al. 1994).





3.7.2.3 Humus

Es una sustancia marrón oscura, quebradiza, que posee nitrógeno, fósforo, potasio, calcio magnesio y micronutrientes. Se origina a partir de productos intermedios de la degradación, como son los ácidos poliurónicos. Uno de los productos que los origina es la lignina por ser de difícil descomposición y por ello más lenta, lo que permite que se acumule en el suelo. Dentro de la materia orgánica del suelo, el humus representa del 85 al 90 % del total (Primavesi 1984). A pesar de que 43 los procesos de degradación producen múltiples sustancias orgánicas, solo el humus es capaz de influir en las propiedades químicas, físicas, y en la fertilidad del suelo (Primavesi 1984).

3.7.2.4 Acido húmico

Este se produce cuando la materia orgánica se oxida, durante el proceso de humificación, bajo la presencia de concentraciones adecuadas de calcio, fósforo, potasio y micronutrientes. La materia orgánica en descomposición es la fuente de la cual se extraen los ácidos húmicos. Se debe tener claro durante su utilización que las plantas requieren los ácidos húmicos, sin embargo, el usar grandes cantidades, no será más beneficioso, por el contrario, puede provocar toxicidad y daño (Fassbender et al. 1994). Cada planta o cultivo requiere una cantidad óptima de ácidos húmicos que la benefician por tanto no se deben utilizar en exceso, ni en forma frecuente (Primavesi, 1984).

3.7.2.5 Ácidos fúlvicos

Son sustancias químicas naturales que se producen en la descomposición de la materia orgánica y forman parte del humus. Se encuentran presentes en la mayoría de los suelos, son





la base de los ciclos de los micronutrientes y favorece su asimilación por las plantas. Además, tienen la propiedad de incrementar la capacidad de intercambio catiónico, lo que facilita a las plantas la absorción de los nutrientes. Los ácidos fúlvicos participan en la formación de agregados y con ello evitan o reducen los riesgos de compactación en el suelo. Su presencia en el humus, aumenta la capacidad de retención de agua, incrementan la velocidad de germinación de las semillas y estimulan la proliferación de la microflora del suelo (Primavesi, 1984).

3.7.2.6 Té de lombricompost

Este es el líquido resultante de la crianza de las lombrices llamado “lixiviado”, el cual se colecta, y aplica diluido como abono foliar o directamente al suelo. Este producto cuando las camas se están iniciando por provenir de un proceso no terminado, no es rico en microorganismos y podría estar contaminado con fitopatógenos y patógenos humanos, dependiendo de la materia prima usada en el proceso, por lo que se puede reciclar humedeciendo con él las camas. Su uso se recomienda a partir de que la cama ya muestra humus terminado (Garro, 2016). La otra opción es elaborar el té de lombricompost, para el cual se toma un saco de plástico en el cual se colocan 20 litros de lombricompost, luego se introduce en un estañón de 200 litros y se mezcla con dos galones de melaza, agitándolo fuertemente y llevándolo hasta 185 litros. Posteriormente se deja fermentando y reproduciendo los microorganismos y se comienza a usar a partir de los 8 días. Las dosis al suelo pueden ser hasta del 25 %, en el caso de follaje, esta debe ser de entre un 10 y un 15 % (Garro, 2016).

3.7.2.7 Té de compost o estiércol

El té de estiércol es una preparación que convierte el estiércol sólido en un abono líquido, mediante un proceso de fermentación aeróbica. Durante la elaboración del té, el estiércol suelta sus nutrimentos en el agua y así estos se hacen disponibles para las plantas (Suquilanda, 2003). Para aplicar este abono, deben hacerse diluciones, por ejemplo, para cultivos





hortícolas y de ciclo corto se aplicará en diluciones entre el 10 y el 25% y para frutales (banano, cítricos, etc.), cacao, palma africana, coco, palmito, de acuerdo a su estado pueden hacer aplicaciones que oscilen entre el 20 y 50%. Las aplicaciones se pueden realizar al follaje de los cultivos cada 8 a 15 días, mediante aspersiones con una bomba de mochila manual o a motor, para pequeñas extensiones se pueden hacer aplicaciones con el auxilio de una regadera, dirigiéndose el chorro en banda del cultivo o alrededor de las plantas frutales (hasta donde se extienden las ramas) (Suquilanda, 2003).

3.7.2.8 Fertilizante magro

Este fertilizante orgánico, es un biofermento enriquecido, el cual se obtiene por medio de la fermentación en condiciones aerobias o anaerobias, usando estiércol bovino, agua, leche (puede sustituirse con suero de leche), minerales provenientes de materiales calcáreos (o ceniza) y melaza (Manríquez, 2015).



Capítulo 4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización del área de estudio.

El área de estudio evaluada fue en el suelo ubicado en el Rancho “La Purísima” ubicada en la comunidad Gabino Santillán en el Km 9.5 de la carretera Durango-Mezquital (Figura 1), el clima es de tipo seco con temperatura media anual de 17°C, la precipitación media anual es de 500 mm (INEGI, 2021).



Figura 1. Sitio experimental: Rancho “La Purísima”

4.2 Material vegetal.

Se utilizó como material vegetal el pasto ballico o Ray Grass anual (*Lolium multiflorum*) var. Oregón.

4.3 Siembra

La siembra, se realizó en 5 tablas de 200 m de longitud y 10 m de ancho cada una (2000 m²), el equivalente a una hectárea en total. La siembra se realizó al boleó con una centrifuga en cono (Figura 2). Posteriormente se realizó un paso de rastra para cubrir la semilla (Figura 3), finalmente se regó el cultivo para favorecer la germinación de la semilla; cada tabla correspondió a un tratamiento.





Figura 2. Proceso de siembra al boleo



Figura 3. Paso de rastra.

4.4 Tratamientos y dosis a evaluar

Los tratamientos evaluados se muestran en el Cuadro 1, de los cuales tres son orgánicos: NB Soil ®, Té de estiércol y Biofertilizante Magro, donde estos dos últimos son producidos en el Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. El tratamiento químico fue el Bayfolan Forte® y el correspondiente a Testigo no se le aplicó fertilización.





Cuadro 1. Tratamientos de fertilización evaluados.

Tratamiento	Fertilizante	Dosis
T1	Testigo	N/A
T2	NB Soil®	20%
T3	Té de estiércol	50%
T4	Biofertilizante Magro	50%
T5	Bayfolan Forte®	3 Lha ⁻¹

Para la aplicación de tratamiento se aleatorizaron para evitar los sesgos de selección; con el fin mejorar la comparabilidad de los grupos de asignación de los fertilizantes esta fue en 5 bloques.

4.5 Determinación de Rendimiento (forraje verde y seco, t ha⁻¹)

Para la evaluación del rendimiento se realizaron tres muestreos a los 92, 150 y 217 días después de la siembra (DDS) de cada tratamiento. Se tomaron cinco muestras por tratamiento, cada una dentro del bloque correspondiente, utilizando un cuadro metálico de 25 cm x 25 cm y cada muestra se colocó en una bolsa de papel (Figura 4). Las muestras se pesaron en una balanza de precisión 0.01 g para obtener el rendimiento de forraje fresco, posteriormente se metieron a una estufa de aire forzado a 60 °C durante 48-72 horas, después de este tiempo, se dejaron enfriar y se pesaron para obtener el rendimiento de forraje seco. El rendimiento de forraje fresco y seco se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{(\text{Peso de forraje})(10,000 \text{ m}^2)}{\text{superficie muestreada (m}^2\text{)}}$$

Con los pesos del forraje inicial y final se calculó el porcentaje de materia seca (% MS).





Figura 4. Obtención de muestras para la determinación del rendimiento de forraje fresco y forraje seco ($t\ ha^{-1}$).

4.6 Valor nutricional de forraje

Para la determinación del valor nutricional del forraje, las muestras fueron molidas en un molino Wiley® y se obtuvo un tamaño de partícula de 1 mm y fue determinado por los siguientes análisis químicos:

4.6.1 Humedad y cenizas

El contenido de humedad y cenizas se llevó a cabo usando la metodología propuesta por la AOAC (1990). Se utilizaron crisoles de porcelana que se introdujeron en una estufa a 100 °C durante dos horas para obtener peso constante, al término de este tiempo los crisoles fueron retirados de la estufa y se dejaron enfriar en un desecador y posteriormente se pesaron. Una vez obtenido el peso del crisol vacío se le añadió 1.0 g de muestra vegetal y se introdujo nuevamente a la estufa a 100 °C durante 24 horas. Al finalizar este tiempo se sacaron de la estufa y se enfriaron dentro de un desecador y se registró su peso. El porcentaje de humedad se calculó con la siguiente ecuación.





$$\text{Humedad (\%)} = \frac{[(P \text{ crisol} + \text{muestra}) - (P \text{ crisol} + \text{muestra seca})]}{g \text{ de muestra}} \times 100$$

Dónde: P crisol = Peso del crisol vacío

La misma muestra contenida en el crisol se utilizó para la determinación de cenizas por incineración a 600 °C durante cuatro horas en una mufla Thermoline® Mod. Furnace 1400. Al término de este tiempo los crisoles se introdujeron a una estufa a 100 °C durante dos horas para obtener peso constante, para después retirar los crisoles de la estufa, se enfriaron y se registró su peso. El porcentaje de cenizas se determinó con la siguiente ecuación.

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{[(\text{Peso crisol} + \text{Cenizas}) - (\text{Peso crisol vacío})]}{g \text{ de muestra}} \times 100$$

4.6.2 Proteína

El contenido de proteína de las muestras se determinó por el método Kieldahl de la AOAC (1990), utilizando 0.1 g de muestra, por este método se obtiene el contenido de nitrógeno total que se multiplica por un factor (6.25) para obtener el porcentaje de proteína. Este método consiste de tres pasos: digestión (Figura 5), destilación (Figura 6) y titulación (Figura 7).





Figura 5. Digestión



Figura 6. Destilación





Figura 7. Titulación

El contenido de nitrógeno se calculó con la siguiente ecuación.

$$\text{Nitrogeno (\%)} = \frac{\text{mL gastados HCl} \times \text{Concentración HCl} \times 0.014}{\text{g de muestra}} \times 100$$

Una vez que se obtuvo el porcentaje de nitrógeno, con la fórmula siguiente se calculó el porcentaje de proteína.

$$\text{Proteina} = \text{Nitrogeno (\%)} \times 6.25$$





4.6.3 Grasa

El contenido de grasa se determinó con un equipo Soxhlet utilizando éter de petróleo como solvente, se colocaron los matraces bola a peso constante en una estufa a 100 °C durante dos horas, posteriormente se sacaron de la estufa, se dejaron enfriar y se registró su peso. En un papel filtro se pesó 1.5 g de muestra y se envolvió con el papel y se colocó en la corneta del Soxhlet. A cada matraz se le agregaron 250 mL de solvente y se colocaron en el equipo, el procedimiento se llevó a cabo durante dos horas y al final se procedió a recuperar el solvente, al final los matraces se colocaron en una estufa a 100 °C durante dos horas para obtener peso constante, después de este tiempo se sacaron de la estufa, se dejaron enfriar y se registró nuevamente su peso (P2). El porcentaje de grasa se calculó con la siguiente ecuación.

$$\text{Grasa (\%)} = \frac{(\text{Peso matraz} + \text{grasa}) - (\text{Peso matraz vacío})}{\text{g de muestra}} \times 100$$

4.6.4 Fibra Cruda

La fibra cruda se determinó por el método de AOAC (1990). El primer paso fue pesar 1.0 g de la muestra desengrasada y seca. Se colocó en un matraz con 200 ml de la solución de ácido sulfúrico 0.255 N en ebullición. Posteriormente se colocaron en la parrilla y se dejaron en ebullición durante 30 min (Figura 8). Después de los 30 minutos filtrar el contenido del matraz con una tela de algodón y realizar lavados con agua caliente, el residuo que queda en la tela se coloca nuevamente en el matraz.

Al matraz se le adicionaron 200 mL de hidróxido de sodio 0.313 N, se colocaron los matraces en la parrilla y dejaron en ebullición durante 30 minutos. Después de este tiempo se filtra el contenido del matraz y se realizan lavados con agua destilada caliente (Figura 9). El residuo que queda en la tela (Figura 10) se deposita en un crisol debidamente etiquetado.



Los crisoles con la muestra se colocan en una estufa a 105 °C durante 18 horas (Figura 11), después de este tiempo se colocan en un desecador (Figura 12), se dejan enfriar y se pesan (P1), posteriormente se meten a una mufla para incineración a 600 °C durante cuatro horas. Después de este tiempo se sacaron los crisoles de la mufla y se dejaron enfriar en un desecador para después pesarlos (P2).



Figura 8. Proceso de ebullición.



Figura 9. Lavados.



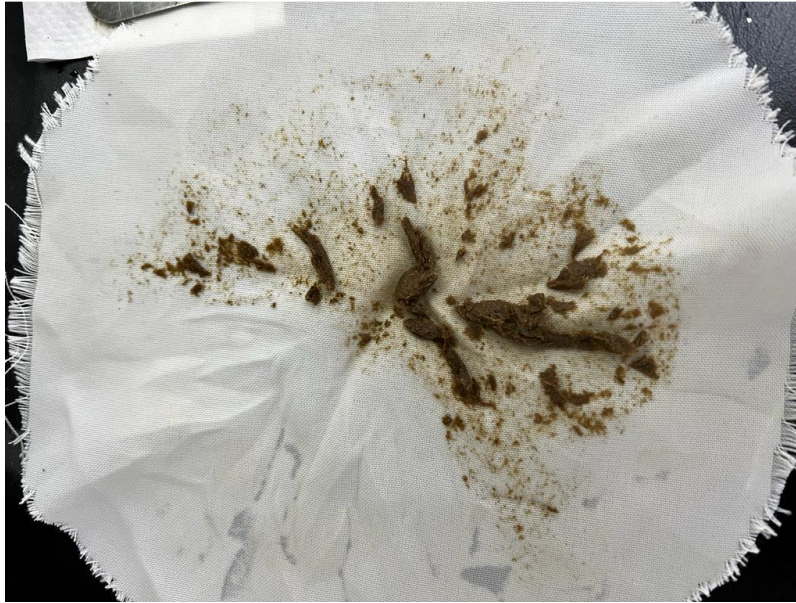


Figura 10. Residuo de muestra.



Figura 11. Obtención de peso constante.





Figura 12. Proceso de secado en Desecador.

Cálculos:

A = Peso del crisol con el residuo seco (g)

B = Peso del crisol con la ceniza (g)

C = Peso de la muestra (g)

$$\text{Contenido de fibra cruda (\%)} = 100((A - B)/C)$$

4.6.5 Análisis de Fibras.

Se determinó la fibra detergente neutra (FDN) y la fibra detergente ácida (FDA) por el método de ANKOM (2005). Se utilizaron bolsas ANKOM F57 (Figura 13), se metieron a la estufa a 100 °C para obtener peso constante, se registró su peso y posteriormente se colocaron 0.5 g de muestra, previamente (Figura 14), la bolsa se selló para evitar que se derrame la





muestra. Por cada bolsa se agregaron 100 mL de solución de fibra detergente neutra y se dejaron 70 min a temperatura de ebullición y agitación constante, posteriormente se enjuagaron tres veces con agua destilada hirviendo para eliminar la solución. Después de los enjuagues se dejaron secar a temperatura ambiente y posteriormente se metieron a la estufa a 100 °C por dos horas para obtener peso constante y después de este tiempo se pesaron.



Figura 13. Bolsas ANKOM F57





Figura 14. Peso de muestras.

Una vez pesadas las bolsas, nuevamente se agregaron 100 mL de solución de fibra detergente ácida por cada bolsa y dejaron 60 min a temperatura de ebullición y agitación constante. Después de este tiempo se dieron tres enjuagues con agua destilada hirviendo. En seguida de los enjuagues se tomaron los residuos de la muestra los cuales dejaron secar a temperatura ambiente en el desecador y posteriormente se metieron a la estufa a 100 °C por dos horas para obtener peso constante para finalmente de este tiempo se pesaron.

Para la determinación de lignina se utilizaron las mismas bolsas después de la FDN y la FDA utilizando ácido sulfúrico al 72 %, para ello se colocaron las bolsas en un vaso de precipitado de 2000 mL (Figura 15) y se le agregó el ácido sulfúrico al 72 % hasta cubrir por completo las bolsas, durante 3 horas se presionaban las bolsas cada 30 min. Después de este tiempo se retiró el ácido sulfúrico y se dieron enjuagues con aguas destilada a temperatura de ebullición hasta eliminar en su totalidad el ácido. Posteriormente se dejaron secar las bolsas a temperatura ambiente y se colocaron en una estufa a 100 °C para obtener peso constante. Se pesaron las bolsas y cada una fue sometida a una incineración a 600 °C durante 4 horas para obtener el sílice y así determinar el contenido de lignina.





Figura 15. Ácido sulfúrico.

La hemicelulosa y celulosa se determinaron por diferencia de la FDN, FDA y lignina.

$$\text{hemicelulosa} = \text{FDN} - \text{FDA}$$

$$\text{celulosa} = \text{FDA} - \text{lignina}$$

Donde:

FDN=Fibra Detergente Neutra

FDA: Fibra Detergente Acida.

4.6.6 Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS).

La determinación de la digestibilidad verdadera *in vitro* (DIVMS) se determinó, por incubación de las muestras (Figura 15), durante 48 h a $39.2 \pm 0.5^\circ\text{C}$, con líquido ruminal y saliva artificial, en un incubador DaisyII (Ankom Technology Corp., Macedon, Ny) siguiendo la técnica sugerida por el fabricante.



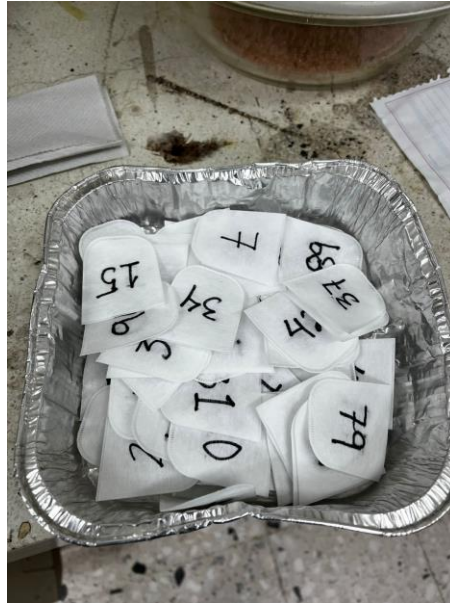


Figura 16. Muestras en bolsas ANKOM F57.



Figura 17. Incubador Daisy II.





4.6.7 Valor relativo del forraje (VRF, %).

El VRF se calculó a partir de las siguientes ecuaciones:

Valor relativo del forraje:

$$VFR (\%) = \frac{(CMS)(MSD)}{1.29}$$

Donde:

$$CMS = \frac{120}{\%FDN}$$

$$MSD = 88.9 - [(0.779)(\%FDA)]$$

4.6.8 Calidad relativa del forraje (CRF, %).

La CRF se calculó a partir de las siguientes ecuaciones:

$$CRF (\%) = \frac{(CMS)(NDT)}{1.23}$$

$$CMS = \frac{120}{\%FDN}$$

$$NDT = MOD$$

$$MOD = (MO)(DIVMO)$$

Donde:

CMS= consumo de materia seca (% del peso vivo animal),

MSD= materia seca digestible,

*FDN= fibra en detergente neutro,

*FDA= fibra en detergente ácido,

NDT= nutrientes digestibles totales,

MOD= materia orgánica digestible,





MO= materia orgánica y

DIVMO= digestibilidad in vitro de la materia orgánica.

*Estos valores fueron determinados por el método de ANKOM, 2005.

4.7 Análisis estadístico.

Para rendimiento (Forraje verde y seco, t ha⁻¹) se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con 5 repeticiones por tratamiento para el rendimiento. Para el contenido de valor nutricional ((MS), (CE), (PC), (EE), (FC), (FDN), (FDA)) y DIVMS se realizó en un diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento.

Los datos se sometieron a un ANOVA y la comparación de medias fue por Tukey ($P \leq 0.05$) utilizando el programa estadístico INFOSTAT.





Capítulo 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Rendimiento

5.1.1 Rendimiento de forraje verde (RFV)

Se sometieron los datos obtenidos a un análisis de varianza, en el cual se encontraron diferentes estadísticas entre tratamientos. El RFV (Cuadro 2) fue mayor a los 92 DDS (10.76 t ha⁻¹) y a los 217 DDS el menor (9.90 t ha⁻¹). En los tres cortes el fertilizante orgánico comercial obtuvo el mayor RFV (12.7, 18.4 y 12.9 t ha⁻¹ respectivamente para cada corte), mientras que el fertilizante químico Bayfolan Forte® resultó en los valores menores (6.7 a los 92 DDS, 13.2 a los 150 DDS y 9.4 en el último corte). Creando una diferencia estadística en el segundo corte en donde los valores fueron mayores debido a la edad de la planta y los elementos que la componen.

Cuadro 2. Comparación de medias del rendimiento entre tratamientos de fertilización y cortes para el rendimiento de forraje verde (RFV).

Tratamiento	92 DDS	150 DDS	217 DDS
	RFV (t ha ⁻¹)	RFV (t ha ⁻¹)	RFV (t ha ⁻¹)
Testigo	9.2 ^{ab}	14.8 ^{ab}	8.3 ^b
NB Soil®	15.8 ^a	15.5 ^{ab}	12.9 ^a
Té de estiércol	9.4 ^{ab}	12.4 ^b	10.1 ^{ab}
Biofertilizante Magro	12.7 ^{ab}	18.4 ^a	8.8 ^{ab}
Bayfolan Forte®	6.7 ^b	13.2 ^b	9.4 ^{ab}
PROMEDIO	10.76^B	14.86^A	9.90^B

*Medias con diferente letra indican diferencia significativa, con base en la prueba de Tukey (P ≤ 0.05).

5.1.2 Rendimiento de forraje seco (RFS)

De forma similar a los resultados obtenidos en el RFV (Cuadro 3) a la edad de 217 DDS de la planta se obtuvo el mayor RFS (3.82 t ha⁻¹) y el menor a los 92 DDS (1.86 t ha⁻¹). En





general, el tratamiento orgánico NB Soil® fue el que obtuvo el mayor RFV y RFS en los tres cortes (14.75 t ha⁻¹, 3.86 t ha⁻¹, respectivamente).

Cuadro 3. Comparación de medias del rendimiento entre tratamientos de fertilización y cortes para el rendimiento de forraje seco (RFS).

	92	150	217
	DDS	DDS	DDS
Tratamiento	RFS	RFS	RFS
	(t ha ⁻¹)	(t ha ⁻¹)	(t ha ⁻¹)
Testigo	1.5 ^{ab}	3.3 ^{ab}	3.5 ^b
NB Soil®	3.0 ^a	3.6 ^{ab}	4.9 ^a
Té de estiércol	1.5 ^{ab}	2.8 ^b	3.6 ^b
Biofertilizante	2.3 ^{ab}	4.0 ^a	3.2 ^b
Magro			
Bayfolan	1.0 ^b	3.0 ^b	3.9 ^{ab}
Forte®			
PROMEDIO	1.86^B	3.34^A	3.82^A

*Medias con diferente letra indican diferencia significativa, con base en la prueba de Tukey (P ≤ 0.05).

El RFV fue mayor a los 92 DDS (10.76 t ha⁻¹) y a los 217 DDS el menor (9.90 t ha⁻¹), igualmente a esta edad de la planta se obtuvo el mayor RFS (3.82 t ha⁻¹) y el menor a los 92 DDS (1.86 t ha⁻¹). En general, el tratamiento orgánico NB Soil® fue el que obtuvo el mayor RFV y RFS en los tres cortes (14.75 t ha⁻¹, 3.86 t ha⁻¹, respectivamente).

En un estudio reciente sobre la productividad del frijol en el estado de Durango con fertilización orgánica (Ortíz et al., 2023) se obtuvieron los mayores valores de crecimiento con la aplicación de distintos tratamientos con microorganismos similares a los de los tratamientos evaluados en el presente estudio, aportando beneficios importantes a la planta como el crecimiento y producción de la misma.





En un estudio previo, Rosales et al. (2020) reportó los resultados obtenidos aplicando el fertilizante NB Soil® en donde obtuvo 90.86 t ha⁻¹ de FV acumulado con la variedad de pasto xFestulolium realizando siete cortes y utilizando una dosis de 160 L ha⁻¹, y en el presente trabajo se reportan tres cortes utilizando este mismo fertilizante orgánico al 20 % y obteniendo un rendimiento de FV acumulado de 44.20 t ha⁻¹. Por otro lado, se reportan los resultados obtenidos con el biofertilizante magro, obteniendo un rendimiento de FS acumulado de 13.82 t ha⁻¹ durante siete cortes y en el presente trabajo se obtuvo un rendimiento de FS acumulado de 9.5 t ha⁻¹ en tres cortes.

5.2 Calidad Nutricional

5.2.1 Corte 1 (92 DDS).

El primer corte se realizó a los 92 DDS, El análisis de varianza de los datos obtenidos de la evaluación del efecto de los tratamientos de fertilización sobre la calidad del cultivo de Ballico Anual no mostró diferencias significativas entre las variables de calidad ($p < 0.05$) para el primer corte. En el Cuadro 4 se muestra la comparación de medias para el primer corte. En él se encontraron diferencias significativas únicamente en el porcentaje de extracto etéreo y de cenizas. En el caso del extracto etéreo, el bloque utilizado como testigo, el NB Soil® y el Biofertilizante Magro presentaron los valores más altos (3.61 %, 3.40 % y 3.19 % respectivamente), mientras que el Bayfolan Forte® el menor con 2.07 %.

En el caso de las cenizas, los valores más altos se presentaron en el Te de Estiercol, NB Soil® y el fertilizante magro (12.69 %, 12.13 % y 11.80 % respectivamente), y al igual que el EE el menor fue Bayfolan Forte® con 8.59 %.





Cuadro 4. Comparación de medias de la calidad nutricional entre tratamientos de fertilización a los 92 DDS (Corte 1).

92 DDS							
Tratamiento	Materia Seca (%)	Cenizas (%)	Proteína cruda (%)	Extracto etéreo (%)	Fibra cruda (%)	Fibra detergente acida (%)	Fibra detergente neutra (%)
Testigo	93.75 ^a	11.98 ^{ab}	11.26 ^a	3.61 ^a	13.40 ^a	23.14 ^a	48.00 ^a
NB Soil®	95.16 ^a	12.13 ^{ab}	12.79 ^a	3.40 ^{ab}	14.82 ^a	21.84 ^a	47.65 ^a
Té de estiércol	93.49 ^a	12.69 ^a	12.00 ^a	2.46 ^{bc}	15.03 ^a	24.52 ^a	51.00 ^a
Biofertilizante Magro	95.64 ^a	11.80 ^{ab}	10.86 ^a	3.19 ^{ab}	13.60 ^a	21.12 ^a	44.77 ^a
Bayfolan Forte®	95.88 ^a	10.62 ^b	8.59 ^a	2.07 ^c	13.80 ^a	22.01 ^a	44.62 ^a
PROMEDIO	94.78 ^A	11.84 ^B	11.09 ^{AB}	2.95 ^A	14.13 ^B	22.53 ^B	47.21 ^B

*Medias con diferente letra indican diferencia significativa, con base en la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

5.2.2 Corte 2 (150 DDS)

El segundo corte se realizó a los 150 días después de la siembra, en este corte similar al primero, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) únicamente el extracto etéreo como se muestra en el cuadro 5 con las comparaciones de medias entre tratamientos. En esta ocasión, el que obtuvo el valor más alto en dicha variable fue el Biofertilizante Magro con 3.16%, mientras que los datos más bajos fueron el testigo y el fertilizante químico Bayfolan Forte® (1.64% y 1.65% respectivamente).





Cuadro 5. Comparación de medias de la calidad nutricional entre tratamientos de fertilización a los 150 DDS (Corte 2).

150 DDS							
Tratamiento	Materia Seca (%)	Cenizas (%)	Proteína cruda (%)	Extracto etéreo (%)	Fibra cruda (%)	Fibra detergente acida (%)	Fibra detergente neutra (%)
Testigo	91.91 ^a	12.77 ^a	7.25 ^a	1.64 ^c	19.85 ^a	29.85 ^a	57.51 ^a
NB Soil®	92.04 ^a	13.52 ^a	10.85 ^a	2.36 ^b	27.89 ^a	31.68 ^a	59.91 ^a
Té de estiércol	92.19 ^a	13.37 ^a	9.85 ^a	2.62 ^b	32.70 ^a	31.52 ^a	59.21 ^a
Biofertilizante Magro	92.30 ^a	11.57 ^a	9.84 ^a	3.16 ^a	17.68 ^a	29.18 ^a	57.17 ^a
Bayfolan Forte®	91.54 ^a	12.23 ^a	10.67 ^a	1.65 ^c	17.75 ^a	30.35 ^a	57.53 ^a
PROMEDIO	91.99 ^B	12.69 ^{AB}	9.69 ^B	2.29 ^B	23.17 ^A	30.52 ^A	58.27 ^A

*Medias con diferente letra indican diferencia significativa, con base en la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

5.2.3 Corte 3 (217 DDS).

En el tercer corte realizado a los 217 días después de la siembra, no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre las variables de calidad, a excepción del porcentaje de Materia Seca. En el cuadro 6 se observa la comparación de medias de la calidad nutricional del corte número tres, en el cual todos los tratamientos utilizados fueron diferente al valor del T1 tomado como testigo. Sin embargo, todos los fertilizantes fueron estadísticamente similares.





Cuadro 6. Comparación de medias de la calidad nutricional entre tratamientos de fertilización a los 217 DDS (Corte 3).

217 DDS							
Tratamiento	Materia Seca (%)	Cenizas (%)	Proteína cruda (%)	Extracto etéreo (%)	Fibra cruda (%)	Fibra detergente acida (%)	Fibra detergente neutra (%)
Testigo	95.29 ^a	13.56 ^a	11.52 ^a	1.66 ^a	19.25 ^a	28.31 ^a	53.77 ^a
NB Soil®	93.32 ^{ab}	14.84 ^a	11.79 ^a	2.31 ^a	19.46 ^a	30.48 ^a	58.07 ^a
Té de estiércol	92.60 ^{ab}	12.50 ^a	13.72 ^a	2.42 ^a	21.33 ^a	29.90 ^a	58.32 ^a
Biofertilizante	90.93 ^b	13.97 ^a	13.09 ^a	2.10 ^a	22.35 ^a	27.61 ^a	56.84 ^a
Magro							
Bayfolan	93.57 ^{ab}	12.82 ^a	12.46 ^a	2.39 ^a	17.89 ^a	32.68 ^a	59.70 ^a
Forte®							
PROMEDIO	93.14 ^{AB}	13.57 ^A	12.52 ^A	2.18 ^B	20.06 ^{AB}	29.80 ^A	57.34 ^A

*Medias con diferente letra indican diferencia significativa, con base en la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre cortes, específicamente en el primer corte en comparación con el segundo y el tercero, en donde el extracto etéreo disminuye (2.31 % y 2.18 %) en el segundo y tercer corte, respectivamente), al igual que la FC(DFA) y (FDN), las cuales van aumentando en cada corte, que es cuando la digestibilidad *in vitro* disminuye.

5.3 Digestibilidad *in vitro*

El análisis de varianza de los datos obtenidos de la evaluación del efecto de los tratamientos de fertilización sobre la calidad del cultivo de Ballico Anual no mostró diferencia significativa ($p < 0.05$). En el Cuadro 7 se muestra la comparación de medias, en los tratamientos no se encontraron diferencias estadísticas entre las variables evaluadas, sin embargo, existieron diferencias estadísticas entre cortes. El porcentaje en promedio de DIVMS fue alta a los 92 y 150 DDS (66.47 y 63.19 % respectivamente) y baja a los 217 DDS





(51.70 %), cuando la planta tenía mayor edad. En el caso del VRF fue mayor a los 92 DDS (142.35%), esta variable disminuyó en a los 150 y 217 DDS (104.2 % y 106.95 % respectivamente). La CRF presentó el mismo comportamiento siendo mayor a los 92 DDS (139.60 %) y menor a los 150 y 217 DDS (105.92 % y 107.8 % respectivamente). Tanto para el VRF como para la CRF se presenta un ligero rebrote en el tercer corte.

Cuadro 7. Comparación de medias entre tratamientos de fertilización para variables de calidad del ballico anual.

Tratamiento	% DIVMS	% VRF	% CRF
92 DDS			
Testigo	66.96 ^a	137.72 ^a	138.10 ^a
NB Soil®	58.97 ^a	142.77 ^a	139.39 ^a
Té de estiércol	63.21 ^a	127.69 ^a	125.53 ^a
Biofertilizante Magro	72.78 ^a	151.77 ^a	147.67 ^a
Bayfolan Forte®	70.42 ^a	151.79 ^a	147.30 ^a
PROMEDIO	66.47 ^A	142.35 ^A	139.60 ^A
150 DDS			
Testigo	63.19 ^a	106.28 ^a	106.81 ^a
NB Soil®	62.72 ^a	99.92 ^a	100.30 ^a
Té de estiércol	61.45 ^a	101.18 ^a	100.22 ^a
Biofertilizante Magro	65.88 ^a	107.85 ^a	113.51 ^a
Bayfolan Forte®	62.70 ^a	105.77 ^a	108.76 ^a
PROMEDIO	63.19 ^A	104.20 ^B	105.92 ^B
217 DDS			
Testigo	58.94 ^a	115.64 ^a	113.78 ^a
NB Soil®	50.44 ^a	104.44 ^a	105.05 ^a
Té de estiércol	47.48 ^a	104.69 ^a	107.24 ^a
Biofertilizante Magro	49.72 ^a	110.77 ^a	107.29 ^a
Bayfolan Forte®	51.95 ^a	99.20 ^a	105.70 ^a
PROMEDIO	51.70 ^B	106.95 ^B	107.81 ^B

*Medias con diferente letra indican diferencia significativa, con base en la prueba de Tukey (P ≤ 0.05). ^{a-b} diferencias entre tratamientos; ^{A-B} diferencias entre cortes.

Nava et al. (2017) evaluaron las mismas variables en tres distintas variedades de sorgo observando su comportamiento en cuatros sitios experimentales, en los resultados obtenidos





en un solo corte, se encontraron valores de DIVMS de 64.0 % a 79.6 %, mientras que para CVR Y VRF de 84 % y 78.4 % a 135 % y 112.2 %, respectivamente, realizando la comparación con el primer corte, se obtienen valores similares e inclusive más altos con la utilización de la fertilización orgánica.





Capítulo 6. CONCLUSIONES

(*Lolium multiflorum*), el forraje evaluado en este proyecto como una alternativa para la alimentación del ganado ofrece una opción viable y prometedora. El uso de este forraje puede contribuir a la eficiencia y sostenibilidad de la producción ganadera. Su amplia disponibilidad, capacidad de adaptación a diferentes climas y su valor nutricional lo convierte en una elección atractiva para los productores ganaderos, ya que representa una fuente rica en carbohidratos, fibra y energía y proteína, esenciales para una dieta equilibrada del ganado, aunado a su buena digestibilidad *in vitro* y destacado rendimiento, debido a su capacidad de regenerarse rápidamente después del pastoreo, se hace ideal para un sistema de manejo intensivo. Lo que se confirmó con los datos obtenidos, ya que los resultados se encontraron dentro de los parámetros establecidos en las variables evaluadas. Las cuales se ven afectadas según sus propias cualidades y la fertilización implementada. Los tratamientos orgánicos utilizados obtuvieron un rendimiento y calidad nutrimental similar a los fertilizantes químicos y, por ende, ofrecen una competente alternativa, en relación al costo-beneficio, debido al gasto significativo que representa el uso de los fertilizantes comerciales. Además de ser más económica, su impacto positivo en el medio ambiente la convierte en una opción favorable para una agricultura sostenible y respetuosa en el entorno.

En resumen, gracias al cumplimiento de los objetivos propuestos, el forraje evaluado es una alternativa valiosa, que si bien, no sustituye a los forrajes más utilizados, se confirma, que, en efecto, es una opción viable y de buen rendimiento para la época seca del año. Así mismo, se encontró, lo que es complicado relacionar, el ambiente con la cuestión económica, lo cual nos indica que los fertilizantes orgánicos empleados son una forma redituable, asequible y alentadora para los productores, y a su vez dejar una huella positiva en el medio ambiente.





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aganga A., A., U. J. Omphile, T. Thema, and L. Z. Wilson. 2004. Chemical composition of ryegrass (*Lolium multiflorum*) at different stages of growth and ryegrass silages with additives. *J. Biol. Sci.* 4: 645-549.
- Aguirre, V.E. y Huss. D. 1981. Fundamento del manejo de pastizales. ITESM. P24.
- ANKOM. 2005. Acid detergent fiber in feeds. Filter bag technique (ANKOM200). Ankom Technology; www.ankom.com/09_procedures/ADF%20Method%20A200.pdf (verified 8 Jan. 2008). Macedon, NY, USA: Ankom Technology Corp. (Consulta: junio de 2016).
- Altieri, M; Nicholls, C. 2004 Una base agroecológica para el diseño de sistemas diversificados de cultivo en el trópico. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* no. 73:8-20.
- Anzola V., H; Durán, H; Rincón, S., J.C.; Martpinez, R., J.L.; and Restrepo V., J. (2014) "El uso eficiente de los forrajes tropicales en la alimentación de los bovinos," *Revista Ciencia Animal*: No. 7, Article 8.
- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 15th ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Ball, D. M., M. Collins, G. D. Lacefield, N. P. Martin, D. A. Mertens, K. E. Olson, D. H. Putnam, D. J. Undersander, and M. W. Wolf. 2001. Understanding forage quality. American Farm Bureau Federation Publication 1-01, Park Ridge, Il. 17 p.
- Barahona, R., Sánchez, S. 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Revista Corpoica*; 6 (1):69-82.
- Bautista, F., D.A. Bautista H., O. Álvarez A. y D. de la Rosa. 2011. Manual de usuario del sistema de análisis de datos para el monitoreo regional y local del cambio climático con índices agroclimáticos (MOCILC). CIGA /Centro de Ciencias de la Atmósfera/ UNAM, México.
- Bruni, M. de los A.; P. Chilibroste. 2001. Simulación de la digestión ruminal por el método de la producción de gas. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 9: 43-51.





- Burns, J. C. 2008. ASAS Centennial Paper: Utilization of pasture and forages by ruminants: A historical perspective. *Journal of Animal Science*. Disponible en línea en <http://jas.fass.org/cgi/reprint/jas.2008-1240v1>. C
- Carrete C., F.O. 2007. Administración de los recursos forrajeros y alimentos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Casler, M.D; Jung H., Jg. 2006. Relationships of Fibre, Lignin and Phenolic to in vitro Fibre Digestibility in Three Perennial Grasses. *Animal Feed Science and Technology*;125 (1,2):251-161
- Cho. S, DeVries. J. W., Prosky, L. 1997. Dietary Fiber Analysis and Applications. Gaithersburg, MD: AOAC.
- Del Curto, T., R. C. Cochran, D. L. Harmon, A. A. Beharka, K. A. Jacques, G. Towne, and E. S. Vanzant. 1990. Supplementation of dormant tallgrass-prairie forage: I. Influence of varying supplemental protein and (or) energy levels on forage utilization characteristics of beef steers in confinement. *J. Anim. Sci.* 68:515–531.
- Duckett, S. K., J. P. S. Neel, J. P. Fontenot, and W. M. Clapham. 2009. Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: III. Tissue proximate, fatty acid, vitamin and cholesterol content. *J. Anim. Sci.* 87:2961–2970.
- Fassbender, H. Bornemisza, E. 1994. Química de suelo con énfasis en suelos de América Latina. San José Costa Rica. IICA. 420 p.
- FAO. Fundamento de la necesidad de fertilizantes (aumento de la producción y aumento del ingreso de los agricultores). En: Los fertilizantes y su uso. 4a. ed. Roma: FAO, IFA, 2002.
- Fuentes L. 2003. Evaluación de cinco frecuencias de volteo para la producción de compost en la finca Se-chaj, municipio de Tactic, Alta Verapaz. Tesis Lic. Guatemala. USAC. 93 p.
- Gadd, G. M. 2001. Fungi in Bioremediation. Cambridge: British Mycological Society. p. 1-20.
- Garro A., J.E. 2016. El suelo y los abonos organicos. *Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria*. San José, Costa Rica.
- Gentry, 1957. Los pastizales de Durango. Estudio ecológico, fisiográfico y florístico.





- IMRN. México. pp. 16-19.
- González E., M., González E., S. y Herrera A., Y. 1991. Flora de Durango. Listados Florísticos de México IX. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Gurola R., J. N., & Chairez H., I. (2007). Evaluación De Indicadores Para El Monitoreo De La Salud De Agostaderos De Los Valles Del Estado De Durango. *Instituto Politécnico Nacional Secretaría De Investigación Y Posgrado CIIDIR Durango.*
- Hatakka, A. 2001. Biodegradation of lignin. En: Hofrichter M, Steinbüchel A (eds.). Biopolymers, vol. 1 - Lignin, Humic Substances and Coal. Weinheim: Wiley-VCH. p. 129-180.
- Henneberg, W., Stohmann, F. 1859. On the Maintenance Feeding of One-year Old Cattle. (Ueber das Erhaltungsfutter volljährigen Rindviehs.) *J Landwirtsch*; 3:485-551
- Herrera, A.Y. 2001 Las gramíneas de Durango. 1era edición. Ed. Filo de agua IPN. CIIDIR Unidad Durango. CONABIO. Durango México. 143 p.
- HUT - Helsinki University of Technology. 2004. Forest Products Chemistry. Chemistry of Cellulose Making: Module II – Basics of Wood Chemistry.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2017. Anuario estadístico y geográfico de Durango 2017.
- INFOSIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. Anuario estadístico de la producción agrícola. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp
- Jiménez, O.M.M., Granados, L., Oliva, J., Quiroz, J. y Barron, M. 2010. Calidad nutritiva de *Brachiaria humidicola* con fertilización orgánica e inorgánica en suelos ácidos. *Arch. Zootec.* 59; 561-570.
- Jiménez, O., R., Rosales S., P. A. Domínguez M., M. V. Montelongo T., y C. A. Nava B. 2014. Rendimiento y calidad de forraje invernal obtenido con diferentes especies de pasto perenne. 1er. Congreso Internacional de Investigación Agropecuaria y Forestal. Edo. Méx. Méx. pp: 779-786.
- Jung, H.G. and Allen, M.S. (1995) Characteristics of Plant Cell Walls Affecting Intake and





- Digestibility of Forages by Ruminants. *Journal of Animal Science*, 73, 2774-2790.
- Jung Hans-Joachim G. 1997. Analysis of Forage Fiber and Cell Walls in Ruminant Nutrition. *J Nutrition*; 127 (5): 810S-813S
- Kirk, T. K., Cullen, D. 1998. Chapter 9: Enzymology and Molecular Genetics of Wood Degradation by White-Rot Fungi. En: Young RA, Akhtar M. *Environmentally Friendly Technologies for the Pulp and Paper Industry*. Toronto: John Wiley & Sons. p. 273-307.
- Klopfenstein, T. J., Mass, R. A., Creighton, K. W. & Patterson, H. H. 2001. Estimating forage protein degradation in the rumen. *J. Anim. Sci.* 79:208.
- Kolmans, E; Vásquez, D. 1996. *Manual de agricultura ecológica. Una introducción a sus principios básicos y su aplicación*. 2 ed. La Habana, Cuba. ACTAF. 157 p.
- Leng, R. A. 1990. Factors affecting the utilization of 'poor-quality' forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutr Res Rev*; 3:277-303.
- Lozano del R., A. J., S. A., Rodríguez, H., H. Díaz S., J. M. Fuentes R., J. M. Fernández B., J. M. F. Narváez M., y V. M. Zamora V. 2002. Producción de forraje y calidad nutritiva en mezclas de triticale (*X Triticosecale Wittmack*) y ballico anual (*Lolium multiflorum* L.) en Navidad N. L. *Tec. Pecu. Méx.* 40: 17-35.
- Lucena, J. J. 1997. Methods of diagnosis of mineral nutrition of plants a critical review. *Acta Hort.* 448: 179-192.
- Lund, P, Weisbjerg, TH. 2007. Digestible NDF is Selectively Retained in the Rumen of Dairy Cows Compared to Indigestible NDF. *Animal Feed Sciences and Technology*; 134(1,2):1-17
- Machado, O. 1997. *Valor nutricional de los alimentos - Elementos de Evaluación y Factores de Calidad*. 1ª ed. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Manríquez, R., J. 2015. Supermagro: El abono orgánico del futuro. *Revista Innovación Agrícola* 1(1): 24-27.
- Molina, O. et al. *Pastos forrajeros*. 1973. Vigésima edición. Página 5-39. Central del trópico. Australia.





- Monsivais, K. L. (2013). Crecimiento y productividad estacional de *Festuca arundinacea* Scheber, *Festulolium* sp. y *Lolium multiflorum* Lam. en una región semiárida. San Luis Potosí: Universidad Autónoma de SLP.
- Naranjo, J. F., Cuartas, C. A., Correa, H. J. 2005. Comparación de cuatro modelos matemáticos para la caracterización de la cinética de degradación ruminal de algunos recursos forrajeros. *Livestock Research for Rural Development*; 17 (98).
- Naranjo, J. F., & Cuartas, C. A. (2011). Para considerar la inclusión de forrajes en dietas de rumiantes, es necesario conocer el valor nutricional y la calidad de los forrajes, el valor nutricional puede expresarse en términos de su composición química.
- Nava, C. A., Rosales S. R., Carrete, C. F. O., Jimenez, O. R., Dominguez, M. P. A., Reyes, E. O. 2018. Productividad y calidad de forraje de pastos cultivados durante la época seca en Durango, México. *Agrociencia*. 52: 803-816.
- Nava B., C. A., R. Rosales S., F. O. Carrete C., R. Jiménez O., P. A. Domínguez M., y Murillo, O., M. 2017. Rendimiento y valor nutricional de tres variedades de sorgo dulce cultivadas en cuatro ambientes de Durango. *SciELO, Rev. mex. De ciencias pecuarias* vol 8n. 2.
- Norton, B. W., Poppi, D. P. 1995. Composition and nutritional attributes of pasture legumes. *In: D'Mello JPF & Devendra C (eds). Tropical legumes in animal nutrition. CAB international. p. 23-45.*
- NRC (1985): Ruminant nitrogen usage. National Academy Press, 138 p.
- NRC (1996): Nutrient requirements of beef cattle. 7th Revised Edition, National Academy Press, 242 p.
- NRC (National Research Council). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7 ed. Washington, D. C. National Academy Press.
- Ortiz Sánchez, I. A., Gamero Posada, E. C., Valdez Ortega, S., Nava Berumen, C. A., Chávez Guzmán, E., & Quiñones Gurrola, M. J. 2023. Incidencia de microorganismos benéficos del suelo en el rendimiento de frijol pinto saltillo. *Revista de la Facultad de Agronomía*.





- Primavesi, A. 1984. Manejo ecológico del suelo, la agricultura en regiones tropicales. 5 ed, Buenos Aires: El Ateneo, 499 p
- Quino, E. 2006. Apuntes de clases de Fertilidad y Nutrición Vegetal. Facultad de Agronomía. UMSA. La Paz-Bolivia. pp.1-7
- Rojas E. La fibra dietética. 1994. En: Rojas Hidalgo E (ed.). Los carbohidratos en nutrición humana. Madrid: Grupo Aula Médica.
- Rojas, J. y Moreno, N. 2008. Producción y formulación de prototipos de un biofertilizante a partir de bacterias nativas asociadas al cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Rev. Col. de Biotec. 10(2):50-62.
- Rosales-Serna, Rigoberto & Domínguez-Martínez, Pablo & Berumen, Cynthia & Villanueva, Oscar & Gamero Posada, Erika & García, Alejandro. 2020. Uso de abonos orgánicos para la producción de forraje en praderas irrigadas de *Xfestulolium*. 3. 73-80.
- SAGARPA- SENASICA. 2000. Manual de buenas prácticas en producción de leche caprina. Gomez Palacio; Durango: Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera.
- Sanon, H. O., Kabore-Zoungrana, C. & Ledin, I. 2008. Nutritive value and voluntary feed intake by goats of three browse fodder species in the Sahelian zone of West Africa. *Anim. Feed Sci. Technol.* 144:97.
- Santini, F.J. 2014. Conceptos básicos de la nutrición de rumiantes. Nutrición animal aplicada. *Facultad de Ciencias Agrarias (UNMDP)*. 03-24.
- Sasaki, S., Alvarado Vargas, M.A., Kam, A.L. 1994. Manual del curso básico de agricultura orgánica /. Alajuela, C.R.: Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Estación Experimental Fabio Baudrit.
- Segura, D. E. (2023). INIFAP. Obtenido de <https://www.gob.mx/inifap/articulos/parametros-de-calidad-en-propagulos-de-pastos-de-zonas-aridas-y-semiaridas-de-mexico>.
- Segura, M; Ramírez, C; Chinchilla, C; Torres, R. 2001 Uso de dos bioensayos para estimar el efecto residual y el valor nutricional de un composte hecho de la fibra de racimos





- vacíos de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*, Jacq) ASD Oil Palm Papers no. 22:12-16.
- Slavin, J. 2003. Impact of the Proposed Definition of Dietary Fiber on Nutrient Databases. *J Food Compos Anal.* 16(3): 287-291.
- Shayo, C. M.; Udén, P. 1999. Nutritional uniformity of crude protein fractions in some tropical browse plants estimated by two *in vitro* methods. *Anim Feed Science and Technology*; 78:141-151.
- Souza, E.D.; Carneiro, M.A.C.; Paulino, H.B. 2005. Atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 40, p. 1135-1139.
- Stoddart, L.A.; Smith, A.D. and Box, T.W. 1975 *Range Management*. 3rd. Edition 572 p. New York.
- Suquilanda, M., 2003. Elaboración de abonos orgánicos. *Publiasesores*, Quito, Ecuador, p.9-11.
- Sveinbjornsson, J, Murphy, M., Udén, P. 2006 Effect of the proportions of neutral detergent fibre and starch, and their degradation rates, on *in vitro* ruminal fermentation. *Animal Feed Sciences and Technology*; 130(3,4):172-190.
- Tamayo, A.; Franco, G.; Hincapié, M. & Rodríguez, J.E. 2007. Abonamiento orgánico del cultivo de la estevia en Colombia. *Suelos Ecuatoriales*. 37 (2):155-159.
- Trinidad-Santos, A.; Velasco-Velasco, J. 2016. Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Agroproductividad*. 9 (18): 52-58.
- Uden, P., Robinson, P. H., Wiseman, J. 2005. Editorial: Use of Detergent System Terminology and Criteria for Submission of Manuscripts. *New, Revised, Analytical Methods as well as Descriptive Information on Feed Analysis and/or Variability. Animal Feed Science and Technology*. 118 (3-4): 181-186.
- Van-Soest, P. J. 1965. Symposium of factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *J. Anim. Sci.* 24: 834-843.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell University Press. 476 p.





Wilson, J. R., & Minson, D. J. (1983). Influence of temperature on the digestibility of the tropical legume *Macroptilium atropurpureum*. *Grass Forage*, 39-44.

Zuluaga, J.; Restrepo, L. F. & Parra, J.E. 2010. Evaluación comparativa de los parámetros productivos y agronómicos del pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* bajo dos metodologías de fertilización. *Revista Lasallista de Investigación*.7 (2):94-100.

