

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



La adición de probióticos aumenta la calidad nutricional de esquilmos de gramíneas

Por:

LAURA ITZEL CÁRDENAS MILLÁN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Abril 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ANIMAL

La adición de probióticos aumenta la calidad nutricional de esquilmos de gramíneas

Por:

Laura Itzel Cárdenas Millán

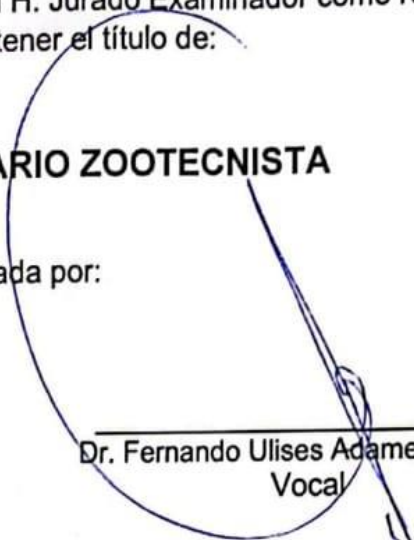
TESIS

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


MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA


Aprobada por:


PhD. Juan David Hernández Bustamante
Presidente


Dr. Fernando Ulises Adame de León
Vocal


MVZ. Federico Antonio Hernández Torres
Vocal


Dra. María Guadalupe Sánchez Loera
Vocal Suplente


MC. J. Guadalupe Rodríguez Martínez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón Coahuila, México
Abril 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ANIMAL

La adición de probióticos aumenta la calidad nutricional de esquilmos de gramíneas

Por:

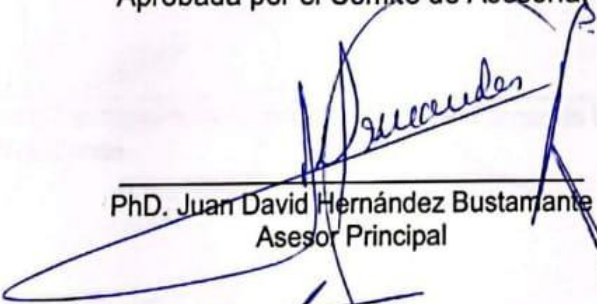
Laura Itzel Cárdenas Millán

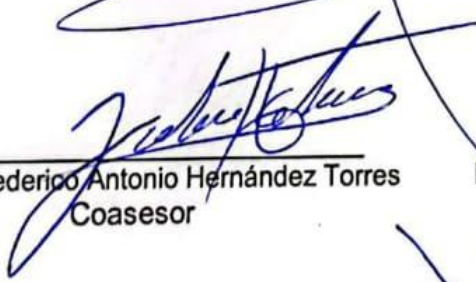
TESIS

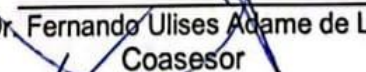
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

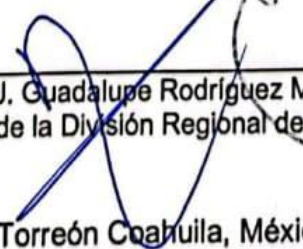
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


PhD. Juan David Hernández Bustamante
Asesor Principal


MVZ. Federico Antonio Hernández Torres
Coasesor


Dr. Fernando Ulises Adame de León
Coasesor


MC. J. Guadalupe Rodríguez Martínez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón Coahuila, México
Abril 2022

AGRADECIMIENTO

A mi Alma, Terra, Mater. UAAAN-UL. Que siempre llevaré en mi corazón, por abrirme las puertas, por cada uno de los conocimientos adquiridos, la formación académica y personal, que sin duda me acompañaran para toda la vida.

A Dios por cada una de las bendiciones que me regala día con día.

A mis padres, por su apoyo incondicional, por los valores que me inculcaron, por darme la oportunidad de estudiar esta hermosa profesión, por siempre creer en mi e impulsarme a ser una mejor persona cada día.

A mis hermanos, amigos y demás familiares, por estar ahí para mí cuando los necesitaba y darme los ánimos para seguir adelante.

A mis docentes en el transcurso de la carrera por las enseñanzas, pero en especial al PhD. Juan David Hernández Bustamante por guiarme para terminar de conseguir mi sueño.

A la MC. Julieta Ziomara Ordoñez Morales encargada de laboratorio de bromatología del departamento de producción animal, por orientarme y auxiliarme en el transcurso de este experimento.

DEDICATORIA

En especial dedicatoria a mi abuelo Leopoldo Millán Hernández, sé que estaría muy orgulloso de verme culminar esta profesión.

A mis padres, Leticia Millán Gallegos y César Cárdenas Maciel, todo esfuerzo y dedicación es para ellos.

RESUMEN

Desde el punto de vista químico, la fibra se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina. En efectos prácticos, se define en términos de Fibra Bruta, Fibra Detergente Neutra y Fibra Detergente Acida, se utiliza para la predicción de la calidad de los forrajes, la ingestión de la materia seca, la digestibilidad y el valor energético de los alimentos. Desde el punto de vista de la nutrición de los rumiantes, la fibra puede definirse como el conjunto de componentes de los vegetales que tienen baja digestibilidad y promueven la rumia y el equilibrio ruminal. Los esquilmos o rastrojos son los restos de hojas y tallos de productos que quedan de la actividad agrícola, en su mayoría sin mucho valor nutricional. Por tanto se realizó un experimento, para con ello sacar el mayor provecho de dichos productos tratando de aumentar el consumo y digestibilidad, que sea de bajo costo pero que deje ganancias, de los rumiantes específicamente, ya sea en producción de carne o de leche. En el experimento se compararon 4 muestras diferentes, en la primera de ellas, que se identificó como T0, no se incorporó nada más que agua, en la segunda muestra (T1) se añadió levadura y agua, en la muestra 3, (T2) urea y agua, y en la cuarta y última muestra (T3) se agregó levadura, urea y agua. En los cuales se realizó una bromatología completa. Para así con ello, tener los resultados, alcanzar nuestro objetivo y llegar a una conclusión de que es lo mejor para los rumiantes. En este experimento el T3 es la mejor opción, ya que los resultados nos muestran que tiene una mayor digestibilidad.

Palabras clave: Esquilmo, Probiótico, Fibra, Gramíneas, Nutrición.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN.....	iii
INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	3
OBJETIVO.....	3
HIPÓTESIS	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Clases de silo o almacenaje.....	6
Definición de Fibra	7
Normas oficiales a nivel internacional:	8
Rastrojos y su digestibilidad.....	9
La urea como fuente de amoníaco	11
Levaduras en ensilajes.....	12
MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
RESULTADOS	20
DISCUSIÓN.....	22
CONCLUSIÓN.....	23
LITERATURA CITADA	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aplicación de levadura al T1.....	14
Figura 2. Urea y rastrojo antes de tratarlo el rastrojo.....	15
Figura 3. Rastrojo, urea y levadura antes de tratar el rastrojo.....	15
Figura 4. Pesaje de levadura.....	16
Figura 5. Pesaje de rastrojo.....	16
Figura 6. Muestras debidamente separadas e identificadas.....	16
Figura 7. Muestra después de 7 meses luego de sus respectivos tratamientos.....	17
Figura 8. Comportamiento de los resultados de la FDN.....	20
Figura 9. Comportamiento de los resultados de la FDA.....	21

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normas internacionales para la determinación de fibra cruda...	9
Tabla 2. Diferentes tratamientos de las muestras.....	15
Tabla 3. Resultados de la FDN.....	20
Tabla 4. Resultados de Fibra Detergente Ácida.....	20

INTRODUCCIÓN

Los esquilmos son subproductos derivados de las actividades agrícolas, y se les considera como tal a los residuos de hojas y tallos que quedan sobre el terreno después de cosechar el grano o semilla. Según la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2013) la producción nacional anual de residuos de cosecha en México es de 45 millones de toneladas y representan el 24% de la materia seca disponible para el consumo animal. Los principales cultivos de los que se obtienen son cuatro: maíz, sorgo, trigo y cebada y la producción se asocia directamente con la superficie que se destina a la producción de grano, por lo que, a medida que aumenta la cantidad de producción para satisfacer la demanda alimenticia de la población, se incrementa la disponibilidad de estos residuos.

El rendimiento de rastrojo en la producción agrícola depende de diversos factores como son: tipo de suelo, clima, manejo agronómico, disponibilidad de agua y las variedades sembradas. La producción de rastrojo representa aproximadamente 50% del total de la materia seca, por lo que se calcula que por cada kilogramo de grano producido se obtiene un kilogramo de residuo.

Los esquilmos se utilizan principalmente como un insumo alimenticio para el ganado, su aprovechamiento es de gran importancia en la ganadería, sobre todo, durante la época de estiaje. El consumo de éstos está ligado a su disponibilidad en las regiones con actividad agrícola; aunque también, existen zonas del país a las cuales se movilizan grandes cantidades de rastrojo para cubrir los requerimientos alimenticios que el inventario ganadero necesita (Borja et al., 2016).

Pajas y otros subproductos fibrosos son producidos inevitablemente ligados a diversos cultivos, en especial a los cereales. Son cosechados en función de la maduración de los granos y no por su valor nutritivo. Como consecuencia, el proceso de lignificación, que acompaña a dicha maduración, es considerado más avanzado que en plantas que son cosechadas antes de producir granos o en aquellas que son cultivadas exclusivamente para la alimentación animal.

La composición química, así como el valor nutritivo de las pajas, dependen de varios factores. El grado de maduración de la planta es el primero pues, la mayoría de los nutrientes pasan a los frutos, mientras pocos nutrientes permanecen en las demás partes de la planta (Souza et al., 2013).

Una alternativa viable es el uso de probióticos, que poseen la capacidad de mejorar las funciones digestivas de los animales, contribuyendo a reducir la inversión por concepto de alimentación, mediante la utilización de ingredientes baratos (López et al., 2018).

En algunos trabajos se ha demostrado que los forrajes tratados con sustancias químicas, mejora y aumenta la disponibilidad de nutrientes. El uso de urea en el tratamiento de pajas y rastrojos ha tenido gran importancia en la alimentación de rumiantes, ya que en algunos casos pueden reemplazar a los pastos y ensilados aumentando el consumo de materia seca (MS), aunque el efecto sobre la producción de leche es mínimo (García et al., 2020).

Estudios previos han mostrado que los probióticos promueven mejoras en la degradación de la materia seca de forrajes en el tracto digestivo de los rumiantes (Castillo et al., 2016), lo que se traduce en beneficios posteriores como un mejor grado de conversión alimenticia y mayor ganancia diaria de peso, reflejándose finalmente en importantes ahorros de índole alimenticia (López et al., 2018).

JUSTIFICACIÓN

Se pretende encontrar alimentos alternativos para aprovechar al máximo el potencial digestivo de los bovinos, que sea de bajo costo y aumentar favorablemente los nutrientes y la digestibilidad del mismo, los esquilmos pueden ser esa opción.

OBJETIVO

- Evaluar diversos tratamientos químicos de esquilmos y ver si hay algún cambio en la energía y digestibilidad del alimento, a favor de la producción animal.

HIPÓTESIS

Con el enriquecimiento en energía, proteína etc. de un rastrojo pobre de dichos nutrientes, hay un cambio en cómo se comportan estos en el rumen del animal al ser digeridos, encontramos una mejor digestibilidad y mayor aprovechamiento de energía.

REVISIÓN DE LITERATURA

La nutrición animal es la ciencia que estudia los procesos de aprehensión, digestión, absorción y metabolismo, destinados a la obtención de energía o a la formación de productos.

La producción pecuaria debe tomar en cuenta el equilibrio entre las metas productivas y el cuidado y protección del ambiente.

En regiones que representan la mayor parte de la superficie terrestre no ocupada por océanos, la producción agropecuaria es muy limitada, con ambientes extremadamente frágiles y sujetos a procesos erosivos. En ellas solo pueden obtenerse productos de muy alto valor para los seres humanos, cuando intervienen animales en la cadena. Estos animales son los rumiantes, y la base de su alimentación, los forrajes (Stritzler & Rabotnikof, 2019).

Convencionalmente, los alimentos se clasifican en ocho grupos:

- Forrajes secos y fibrosos.
- Pasturas, campo natural y forrajes frescos.
- Ensilajes.
- Alimentos energéticos.
- Suplementos proteicos.
- Suplementos minerales.
- Suplementos vitamínicos.
- Aditivos.

Los alimentos con más de 18% de Fibra Cruda o 35% de Pared Celular son forrajes secos o fibrosos (pajas, henos) (Mieres, 2004).

La posibilidad de que los forrajes puedan transformarse en producto animal depende de su valor nutritivo, este determina la cantidad y calidad del producto obtenido (Stritzler & Rabotnikof, 2019). Los residuos de cosecha, también conocidos como rastrojos, son subproductos agrícolas que desempeñan un papel importante en las actividades agropecuarias. Su rol como alimento animal es ampliamente difundido a nivel nacional e

internacional, sobre todo en los sistemas mixtos, que combinan actividades agrícolas con las ganaderas (Reyes et al., 2013).

La abundancia del rastrojo, subproducto de la cosecha del maíz, coincide con el inicio, propiamente, de la época crítica para la ganadería regional, precisamente cuando hay carencia de pasturas por falta de lluvia y explica porque en la zona, se utiliza ampliamente en la alimentación bovina. Es claro que su uso no puede ser diferido, ya sea por los resultados percibidos por los productores en la producción animal, por la necesidad imperante en la época o bien por la costumbre de la actividad (Arellano et al., 2016).

Los esquilmos agrícolas son una fuente de energía abundante y barata para los rumiantes (Yescas et al., 2004). El tratamiento de pajas con sustancias nitrogenadas como; amoníaco, amoníaco anhidro, o urea como fuente de amonio, son procesos diseñados para incrementar la disponibilidad de nutrimentos de los forrajes de baja calidad, por ejemplo las pajas de trigo, paja de cebada, paja de avena, con un alto grado de madurez, y en algunas estaciones frías o calientes, pastos, rastrojo de maíz y de sorgo. La mayoría de este tipo de residuos contiene menos del 5 % de proteína cruda y 45 % de nutrimentos digeribles totales, lo cual los convierte en candidatos ideales para someterlos a tratamientos alcalinos.

Tratar forrajes de mediana o alta calidad con este tipo de compuestos, resultarían en pequeños cambios de digestibilidad y consumo voluntario, y podrían causar problemas de intoxicación al ser utilizados en alimentación (López, 1998). El tipo de forraje y sus combinaciones pueden tener diferente efecto en el comportamiento productivo (Mendoza Martínez & Ricalde Velasco, 2016).

El ensilado consiste en la conservación de forrajes frescos u otros alimentos que poseen un alto contenido de humedad. Esto ocurre mediante la fermentación anaeróbica de los materiales, que es un proceso conocido desde hace mucho tiempo, ocasionado por la formación o adición de ácidos. El producto resultante es el que se conoce como ensilaje cuyo almacenamiento se realiza en silos de diferentes diseños y capacidad (Gallo & Mera, 2001).

Clases de silo o almacenaje

El ensilaje se considera una técnica promisoriosa en la conservación y mejoramiento del valor nutritivo del alimento (González et al., 2012). Es guardado en una estructura llamada silo. La capacidad del silo se determina de acuerdo a las necesidades (el tamaño de la manada y número de raciones). Varios tipos de silo se pueden usar para almacenar el ensilaje como:

- Silo en montón: Es una pila cubierta y sellada con plástico y luego con tierra u otros materiales.
- Silo en trinchera o zanja: Es una zanja cubierta con plástico y luego con una capa de tierra, debe tener canaleta para el escurrimiento de agua de lluvia. Sus dimensiones se calculan para establecer una profundidad que garantice una exposición mínima del forraje ensilado al aire.
- Silo en torres: Torres de almacenamiento con zonas independientes de llenado y descarga.
- Silo canadiense: Es una combinación del silo de montón y de trinchera. Se hace la pila y se cubre con plástico y tierra, y se sella lateralmente con barro.

Este proceso sirve para almacenar alimento en tiempos de cosecha y suministrarlo en tiempo de escasez, conservando calidad y palatabilidad a bajo costo, permitiendo aumentar el número de animales por hectárea o la sustitución o complementación de los concentrados. Este tipo de alimento se emplea para manejar ganado en forma intensiva, semi-intensiva o estabulada (Garcés et al., 2004). El valor nutritivo de los ensilajes está determinado principalmente por la composición del forraje al momento de la cosecha y por las modificaciones químicas que toman lugar durante el proceso de ensilado. El valor nutritivo del ensilaje es siempre menor en relación al material de origen, siendo la magnitud de estos cambios dependiente de las medidas que se adopten para conducir el proceso de conservación técnicamente en la forma más adecuada (Quiroz, 2009).

Este proceso inhibe el crecimiento de microorganismos patógenos mediante la disminución del pH, debido a la presencia de bacterias ácido-lácticas (BAL), lo cual permite conservar la frescura y las características nutricionales de los forrajes para su posterior uso (Araiza et al., 2021).

Bromatología proviene del griego bromatos que significa: alimentos; y logia: estudio; de manera que esta disciplina se encarga del estudio analítico de los diversos tipos de alimentos desde varios enfoques, como valor nutritivo, producción, manipulación, conservación, elaboración, distribución así como aspectos higiénico sanitarios, toxicidad y otras alteraciones, siendo para ello muy necesaria la conjunción con otras ciencias, como la química, biología, física, nutrición, farmacología y la toxicología.

La información obtenida a través de la bromatología es crítica para la asimilación de los factores que condicionan las propiedades de los alimentos y de la misma forma para que la elaboración de alimentos sea segura, nutritiva y agradable para el consumidor (Quispe & Argani, 2014).

Unos de los datos bromatológicos para determinar el nivel de energía y digestibilidad son la fibra detergente neutra y fibra detergente ácida.

Definición de Fibra

Fibra se define con los siguientes parámetros:

a.- Fibra bruta: Consiste en el residuo insoluble después de una incubación en una solución ácida, seguida por una alcalina. El residuo contiene celulosa, pero está contaminada con cantidades variables de hemicelulosa, lignina y compuestos nitrogenados. La magnitud de la contaminación de la FB depende mucho del tipo de vegetal y de su estado de desarrollo fisiológico, lo que conduce a errores que dificultan su interpretación, por lo que el uso de la FB en los sistemas actuales debe ser limitado (Calsamiglia, 1997).

Se suele emplearse habitualmente para evaluar la calidad de los alimentos de origen vegetal partiendo de la premisa de que constituye su parte menos digerible. Las sustancias extractivas libres de nitrógeno (SELN) se calculan

obteniendo la diferencia (total) de los carbohidratos menos la fibra cruda (Möller, 2014).

b.- Fibra neutro detergente (FND): Es el material insoluble en una solución detergente neutra, y se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina. Además, existen otros componentes minoritarios como residuos de almidón, cenizas y nitrógeno. Las recomendaciones recientes para la determinación de FND sugieren la utilización de amilasas termoestables específicas (libres de actividad hemicelulasa, proteasa o glucanasa), especialmente en concentrados o ensilados de maíz, y la corrección por el contenido de cenizas.

c.- Fibra ácido detergente (FAD): Es el material insoluble en una solución detergente ácida, y está constituida fundamentalmente por celulosa y lignina, aunque suelen existir otros componentes minoritarios como nitrógeno y/o minerales. Como en el caso de la FND, sugieren la corrección por el contenido en nitrógeno y cenizas. La diferencia entre FND y FAD consiste fundamentalmente en hemicelulosa. Es necesario apuntar que la determinación secuencial de FAD y lignina permite un cálculo más preciso del contenido de celulosa y hemicelulosa, pero el método no secuencial es más adecuado para la determinación de cenizas ácidas insolubles, taninos y nitrógeno insoluble en FAD (Calsamiglia, 1997).

Los valores de la FDA y la FDN se utilizan con frecuencia para calcular la cantidad de forraje que pueden digerir los animales, los nutrientes digeribles totales y otros valores energéticos, además del valor de pienso relativo (un índice que se utiliza para repartir el forraje correcto para el rendimiento específico del animal) para determinar el precio del heno y evaluar las capacidades de gestión del forraje, cosecha y almacenamiento (FOSS, 2018).

Normas oficiales a nivel internacional:

Para determinar la fibra es no sólo la recuperación de los residuos vegetales no digeribles, sino también el rendimiento analítico de los métodos y su estatus oficial. En el caso de la fibra cruda, son diversos los métodos utilizados, pero sólo unos pocos han alcanzado el estatus de norma

internacional. La norma ISO 5498 describe un método general y la ISO 6541 un método para ciertos productos alimentarios. La norma ISO 12099 establece las directrices para la aplicación de la técnica de la espectrometría NIR (región espectral del infrarrojo cercano, por sus siglas en inglés) y subraya la importancia del uso de métodos estandarizados validados para la calibración y validación de métodos que apliquen la técnica NIR. Uno de los métodos que más aceptación tiene es el denominado método de crisol o Fibertec, en cumplimiento de la norma ISO 6865, que también es el método que se ha adoptado de forma oficial en el seno de la Unión Europea (Möller, 2014).

ISO 5498:1981	Productos alimentarios agrícolas Determinación del contenido en fibra cruda – Método general.
ISO 6541:1981	Productos alimentarios agrícolas Determinación del contenido en fibra cruda – Método de Scharrer modificado.
ISO 12099:2010	Alimentos para animales, cereales y productos de cereales molidos Directrices para la aplicación de la espectrometría de infrarrojo cercano.
ISO 6865:2000	Alimentos para animales Determinación del contenido en fibra cruda – Método con filtración intermedia.

Tabla 1. Normas internacionales para la determinación de fibra cruda.

Rastrojos y su digestibilidad

Hay alimentos proteicos (como la pasta de soya, la soya integral, la harina de carne, la harina de pescado, etc.), que tienen un contenido elevado de proteínas de buena calidad (por su composición de aminoácidos) pero también elevada degradabilidad; por otro lado, el costo de estos alimentos es elevado, y por consiguiente no es deseable que se degraden hasta nitrógeno

amoniaco. En ocasiones, no se cuenta con suficientes alimentos proteicos para cubrir las necesidades nutricias de los animales (Altamirano, 2015).

La búsqueda de opciones para disminuir los costos de producción, sin afectar la salud de animales y de humanos. Una alternativa son los probióticos, los cuales poseen la capacidad de mejorar la función digestiva de los animales, contribuyendo a reducir la inversión por concepto de alimentación de las explotaciones de ovinos, caprinos y bovinos, mediante la utilización de ingredientes económicos, pero que carecen de un valor nutritivo adecuado. Por lo tanto, una mejora en la funcionalidad del tracto digestivo de los rumiantes, que favorezca el ambiente ruminal para el desarrollo de microorganismos benéficos, como las bacterias y hongos celulolíticos, podría transformarse en beneficios posteriores, como una mejor conversión alimenticia y mayor ganancia diaria de peso, que se reflejaría en importantes ahorros de índole alimenticia y un uso más intensivo de esquilmos agrícolas. (Ruíz et al., 2020).

Se define como aditivo en alimentación animal a toda sustancia, microorganismo y/o preparado distinto a cualquier de las materias primas que lo componen, que se añade de forma consciente e intencionada los piensos o mezclas con el fin de obtener una o varias de las funciones que se detallan a continuación: a) Influir positivamente en las características del pienso. b) Influir positivamente en las características de los productos animales. c) Influir favorablemente en el color de los pájaros y peces ornamentales. d) Satisfacer las necesidades alimenticias de los animales. e) Influir positivamente en las repercusiones medioambientales de la producción animal. f) Influir positivamente en la producción, la actividad o el bienestar de los animales, especialmente actuando en la flora gastrointestinal o la digestibilidad de los piensos y, g) Tener un efecto coccidiostático o histomonostático (Laiño, 2021). Debemos estar conscientes que los aditivos no son la solución a deficiencias nutricionales. Para obtener beneficio de su utilización, debemos proporcionar una ración adecuada a los animales (Gochi, 2016).

Entre los tratamientos utilizados para mejorar la digestibilidad de la paja, se encuentran los físicos, biológicos y químicos, los cuales incrementan la disponibilidad de fracciones de fibra y mejorar la digestibilidad así como el consumo de la paja. La urea puede ser utilizada como una fuente de amoníaco

en el tratamiento de la paja, debido a que la urea produce amoníaco, la cual actúa sobre las paredes celulares, facilitando el acceso de bacterias a los polisacáridos, también incrementa el contenido de nitrógeno (Martínez et al., 2012).

Al tratar el rastrojo con estas sustancias, se realiza una predigestión, por lo que se aprovecha de un modo más eficiente, ya que al hacerlo más disponible a los microorganismos del rumen se mejora la producción animal, con un costo menor de producción, ya que estos alimentos no son caros y las técnicas y materiales utilizados son sencillos (Fuentes et al., 2001).

La urea como fuente de amoníaco

La urea es una sustancia blanca, cristalina, soluble en agua que contiene un 45% de nitrógeno y un 281% equivalente de proteína ($45 \times 6.25 = 281$).

Se produce sintéticamente combinando amoníaco y dióxido de carbono. La urea se descompone fácilmente por la acción de la enzima ureasa y produce amoníaco. Se usa ampliamente como fertilizante nitrogenado; la enzima ureasa está presente en muchos materiales vegetales.

El objetivo de la amonificación es el de incrementar la digestibilidad, el consumo y el contenido de proteína cruda. El incremento en el consumo producirá luego un aumento en la producción, que se mide como ganancia corporal, más crías o más producción de leche (Conrad & Pastrana B., 1990).

Dentro de las razones de la generalización de su utilización, se destaca su disponibilidad comercial, su elevada concentración de nitrógeno (N) por unidad de producto (46% de N) y la gran solubilidad en la solución del suelo (Osuna et al., 2012)

La urea depende de la hidrólisis que realizan las ureasas microbianas y/o vegetales y de la presencia de agua para su transformación en amoníaco, reaccionando para formar hidróxido de amonio y cierta cantidad de gas amoniacal, lo que provoca un aumento en el pH. El crecimiento de los microorganismos está influenciado por el pH del medio donde se encuentran. Los mohos y levaduras crecen dentro de un intervalo de pH entre 5 y 6,

mientras que los pH ácidos y la alcalinidad inhiben el crecimiento microbiano (Borges et al., 2011).

El rastrojo de maíz es el alimento más abundante para los rumiantes durante parte del año en muchas regiones de México, por lo que el consumo de nutrientes es insuficiente para mantener a los animales. El tratamiento de forrajes de baja calidad con urea aumenta el consumo y la productividad de los animales (Sánchez et al., 2012).

Levaduras en ensilajes

Se han utilizado los cultivos de levaduras (CL) para mejorar el valor nutritivo y la utilización eficiente de los forrajes de baja calidad. La adición de CL en dietas para rumiantes puede incrementar el consumo de materia seca, rendimiento productivo, degradación de celulosa y la digestibilidad de nutrientes (Mancillas et al., 2013). Los cultivos de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (CL) contienen pequeñas cantidades de células vivas y son ricos en enzimas, vitaminas del complejo B, minerales y aminoácidos (AA). Además, contienen manano–oligosacáridos que evitan la proliferación de microorganismos patógenos intestinales, promueven el crecimiento de bacterias benéficas y pueden sustituir a los antibióticos promotores del crecimiento (Reynoso et al., 2010).

Unos autores publicaron que la adición de CL en dietas altas en energía para corderos en finalización, incrementaron la ganancia de peso, la digestibilidad de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) y fibra detergente neutra (FDN). Por otro lado, se mencionó que de manera alternativa a la desaparición de sustrato, se mide la producción acumulada de gas como indicador del metabolismo del carbono, centrando su atención en la acumulación de los productos finales de la fermentación tales como bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y ácidos grasos volátiles (AGV) (Mancillas et al., 2013).

El modo de acción de la levadura en los rumiantes no es totalmente claro. Algunos estudios sugieren que su efecto benéfico parece estar asociado a

que su presencia estimula el crecimiento y la actividad de las bacterias celulolíticas, incrementando la degradación ruminal de la fibra, el flujo de proteína microbiana hacia el intestino delgado y en consecuencia, la producción; también se han encontrado respuestas productivas significativas en animales alimentados con raciones concentradas con un bajo contenido de fibra (Macedo et al., 2009).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón Coahuila. Comenzando el día 18 de febrero del 2020. Utilizando rastrojo proveniente de dicha universidad.

Para lograr los objetivos fue necesario:

- 4 kg de rastrojo
- 1.6 L de agua
- 200 gr de levadura
- 200 gr de urea
- 4 bolsas de plástico
- Bolsas para la muestra
- Bascula

Se separaron 100 gr de levadura y 100 gr de urea. Se pesaron y se pusieron por separado 1000 gr de rastrojo en 4 bolsas diferentes.

Cada bolsa tuvo distinto tratamiento:

- El T0 se esparció en una superficie plana y solamente se trató con 500 ml de agua, quedando un total de 1500 gr.
- Al T1 también se esparció pero se le agregaron 100 gr de levadura más el aspergeo de 400 ml de agua.



Figura 1. Aplicación de levadura al T1.

- En cambio al T2 se añadieron 100 gr de urea y 400 ml de agua.



Figura 2. Urea y rastrojo antes de tratarlo el rastrojo.

Al T3 se le incorporaron 100 gr de levadura, 100 gr de urea, más 300 ml de agua, para dar así un total de 1500gr como lo muestra la siguiente tabla.



Figura 3. Rastrojo, urea y levadura antes de tratar el rastrojo.

To	Gr	T1	Gr	T2	Gr	T3	gr
RASTROJO	1000	RASTROJO	1000	RASTROJO	1000	RASTROJO	1000
AGUA	500	LEVADURA	100	UREA	100	LEVADURA	100
	1500	AGUA	400	AGUA	400	UREA	100
			1500		1500	AGUA	300
							1500

Tabla 2. Diferentes tratamientos de las muestras.

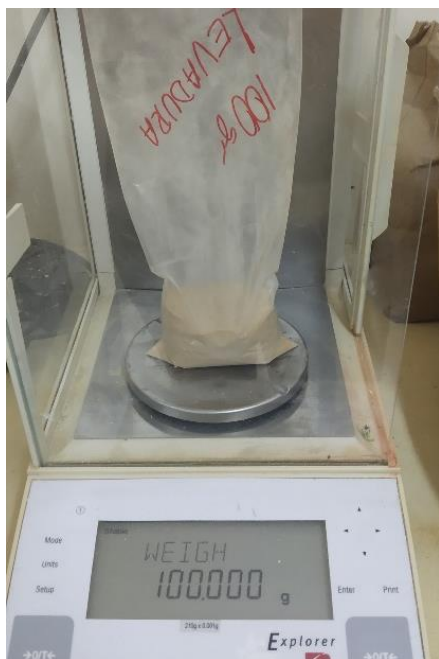


Figura 4. Pesaje de levadura.



Figura 5. Pesaje de rastrojo.

De cada bolsa se sustrajeron 2 muestras y se identificaron, a continuación las bolsas se sellaron y se dejaron reposando hasta el 18 de septiembre del 2020, un total de 7 meses. Asimismo se tomaron 2 muestras de cada bolsa y se identificaron debidamente.



Figura 6. Muestras debidamente separadas e identificadas.



Figura 7. Muestras después de 7 meses luego de sus respectivos tratamientos.

A cada una de las muestras antes y después del tratamiento se le determinó MS, PC, FDN y FDA, en el presente trabajo solo nos enfocaremos en Fibra Detergente Neutra y Fibra Detergente Acida.

Procedimiento bromatológico:

Determinación de Fibra Detergente Neutra (FDN) (equipo digestor de fibra) se necesita:

- Solución neutra detergente.
- Acetona.
- Alfa-amilasa.
- Aparato digestor de fibra.
- Probeta de 100 ml.
- Vasos de precipitación.
- Agitador de vidrio.
- Papel filtro o tela a peso constante.
- Balanza analítica.
- Embudo de porcelana Buchner.
- Desecador.

Procedimiento:

Para preparar la muestra fue necesario:

- Se molió la muestra asegurándose que el tamaño de la partícula sea de 1mm.
- Se pesaron aproximadamente 0.5 g de muestra molida y secada a 105°C por 24 horas y se colocó en un vaso de precipitado apropiado al condensador del aparato digestor.

Se añadieron 100 ml de solución detergente neutro (SDN) al vaso de digestión. Se encendió el sistema de enfriamiento 20 min antes de iniciar el proceso de digestión y calentó el aparato digestor de fibra de 5 a 10 min antes de iniciar el proceso de digestión. Así mismo, se reduce el calor cuando empiece a hervir la muestra para evitar la formación de espuma.

Después, se agregaron de 0.2 a 0.5 ml de alfa-amilasa bacteriana termoestable, actividad=340,000 modificado de Wohlmeth unidades/ml al vaso durante la digestión. Se mantuvo la digestión por 60 min contando desde el momento que comenzó a hervir.

De igual forma, se filtró en un matraz a través de un embudo bushner con la tela previamente tarada, se lavó con agua caliente y se repitió el lavado con acetona hasta que el olor desapareció. Posterior a esto se dejó secar el papel con la fibra en la estufa a 100°C por toda la noche, al terminó de esto, se colocó en desecador y luego se pesó.

Los cálculos se obtuvieron a partir de la siguiente fórmula:

$$\% FDN = \frac{PF \text{ del filtro} - PI \text{ del filtro}}{g \text{ de la muestra}} \times 100$$

Determinación de Fibra Detergente Neutra (FDA) (equipo digestor de fibra) se necesita:

- Solución detergente ácida. bromuro de cetil trimetilamonio (CTAB o Cetrimida).
- Acetona.
- Aparato digestor de fibra.

- Probeta de 100 ml.
- Balanza analítica de precisión con una aproximación de 0.0001g.
- Papel filtro o tela a peso constante.
- Vasos de precipitado.
- Agitador de vidrio con gendarme.
- Embudo de porcelana Buchner.

Reactivos:

Solución Detergente Ácida (SDA): por cada litro de solución se necesitó:

- 20 gr de bromuro de cetil trimetilamonio (CTAB o Cetrimida)
- 27.7 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado

Acetona. Se utilizó un grado libre de colores que no tuviera niveles elevados de evaporación.

Procedimiento:

La muestra se molió previamente asegurando un tamaño de partícula de 1 mm, pesando cada muestra aproximadamente 0.5 g, se secó en la estufa a 105°C por 24 horas. Luego cada muestra se colocó en un vaso de precipitado apropiado al condensador del aparato digestor.

Para procesar la muestra, se añadieron 100 ml de solución detergente ácida (SDA) al vaso de digestión, para tal proceso el sistema se encendió 20 minutos antes de iniciar el proceso, así como se calentó el aparato digestor de fibra 10 minutos antes de tal proceso. El calor se redujo cuando la muestra comenzó a hervir para evitar la formación de espuma. Se mantuvo la digestión por 60 minutos contando desde el momento que comenzó a hervir.

Al momento de finalizar se colocó el filtro de tela previamente tarado en un matraz a través de un embudo de porcelana, se lavó con agua caliente. De igual forma se repitió el lavado con acetona hasta que el aroma desapareció. Se secó el papel con la fibra en la estufa a 100°C por toda la noche y después se colocó en desecador de vidrio por aproximadamente una hora y se procedió a pesar para registrar los datos.

Para obtener los datos se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% FDA = \frac{PF \text{ del filtro} - PI \text{ del filtro}}{0.500} \times 100$$

RESULTADOS

FIBRA DETERGENTE NEUTRA

Análisis	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
% FDN S/TRAT	62.9	75	46	58.8
% FDN C/TRAT		80.3	65	60.3

Tabla 3. Resultados de la FDN

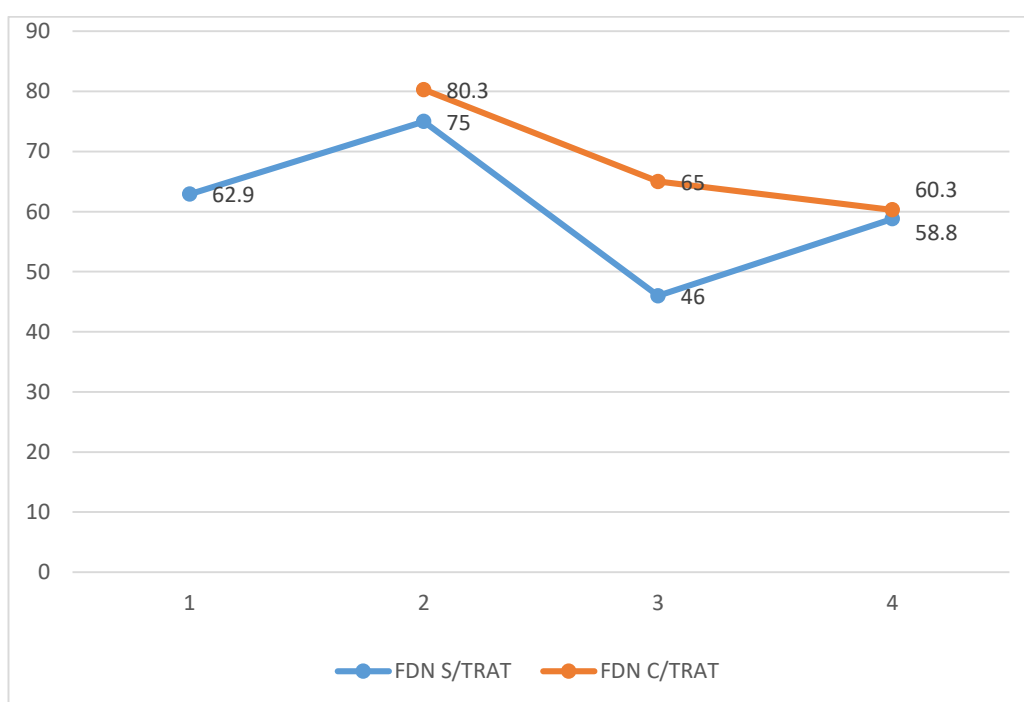


Figura 8. Comportamiento de los resultados de la FDN.

FIBRA DETERGENTE ÁCIDA

Análisis	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
% FDA S/TRAT	48	46	46	41.3
% FDA C/TRAT		59.6	44.6	42.3

Tabla 4. Resultados de Fibra Detergente Ácida.

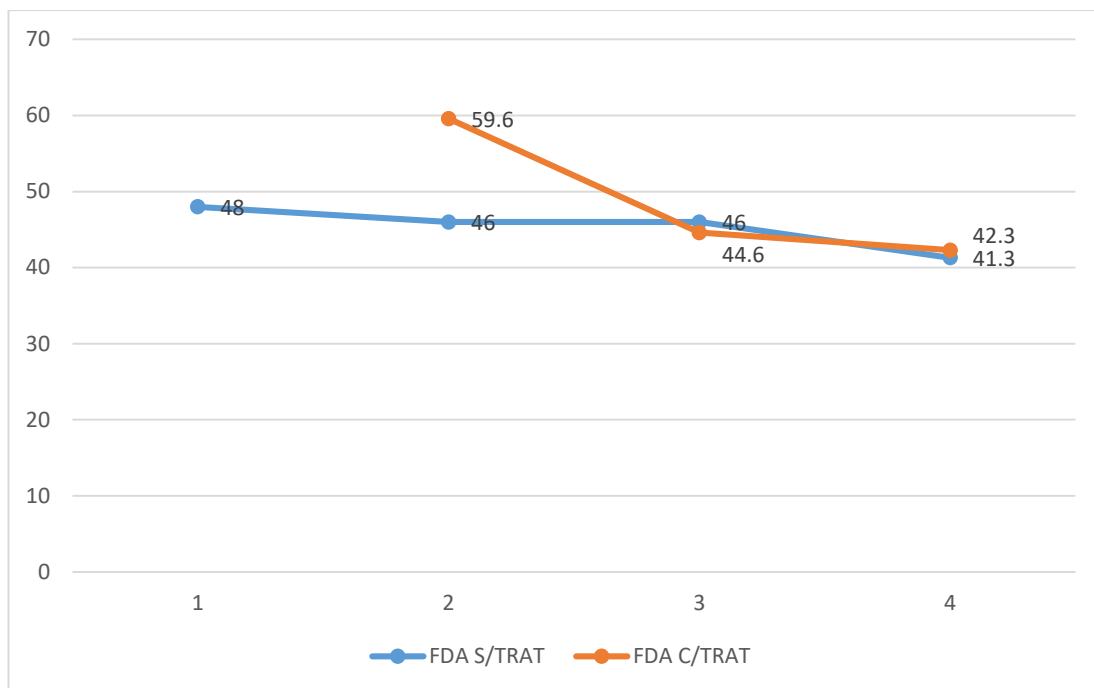


Figura 9. Comportamiento de los resultados de la FDA.

DISCUSIÓN

En animales de producción baja o moderada, las recomendaciones tratan de establecer límites máximos de fibra. El exceso de fibra reduce la capacidad de ingestión de alimentos, la digestibilidad de la ración, la síntesis de proteína microbiana ruminal, y el aporte de energía. Por el contrario, en animales de alta producción en los que la ración debe tener una elevada densidad energética, las recomendaciones se preocupan de establecer mínimos. La falta de fibra resulta en una depresión de la grasa en la leche, acidosis, laminitis y desplazamiento de abomaso, debido a desequilibrios físicos (falta de llenado ruminal) o fermentativos (reducción del pH ruminal).

La FND se utiliza como índice de volumen de la ración y supone un límite a la capacidad de ingestión de la ración. Trabajos desarrollados en la Universidad de Wisconsin sugieren que la capacidad de ingestión de los animales se estima como el 1,2% del peso vivo como mínimo en forma de FND (Mertens, 1987). Por encima de éste nivel, la FND puede limitar la ingestión de alimentos, y en ningún caso debe superar el 1.4-1.5% del peso vivo. La mayoría de programas de ordenador utilizan fórmulas de predicción de la ingestión basadas en el peso vivo del animal y/o el contenido en FND de la ración. La FAD debe reducirse al máximo para optimizar el contenido energético de la ración, pero deben aportarse unos niveles mínimos que mantengan el equilibrio ruminal (Calsamiglia, 1997).

- Fibra detergente neutro (% FDN). Representa los componentes de la pared celular de las plantas: hemicelulosa, celulosa, lignina, etc. No siempre un alto valor de FND implica un alimento de tipo “fibroso”, todo depende de su composición química (grado de lignificación) y del tamaño de las partículas. Si son muy pequeñas se dispondrá de menos “fibra efectiva” (FDNef).
- Fibra detergente ácido (% FDA). Es una parte de la pared celular compuesta por celulosa ligada a lignina, además de compuestos Maillard; sílice; cutina, etc. Esta fracción es un indicador indirecto del grado de digestibilidad del forraje: cuanto más alta, menos digestible (Gallardo, 2007).

El agregar levaduras a nuestro silo nos aumenta un poco su valor; si agregamos levaduras y urea, esto incrementa significativamente, haciendo esto algo deseable ya que es fibra más efectiva; a diferencia de si agregamos solamente urea, se pudiera decir que no tenemos un cambio.

El agregar levaduras aumenta significativamente el valor de la FDA, esto es algo indeseable ya que nos hace menos digestible el alimento; si solo agregamos urea, es muy poco lo que aumenta, casi sigue igual; en cambio sí agregamos urea y levadura esto nos disminuye una pequeña cantidad el porcentaje de FDA haciéndolo un poco más digestible.

CONCLUSIÓN

El ensilaje nos permite almacenar grandes cantidades de alimento para la temporada de escasez, los silos poseen cualidades nutritivas diversas y cumplen roles metabólicos distintos en cuanto a proteína, energía, etc., ya que si se agrega algún aditivo el valor nutricional aumenta y por lo general estos no son muy costosos. Hablando solamente de los valores de la FDN y FDA, la combinación entre urea y levadura es una buena opción para así tener una digestibilidad deseable del alimento en los rumiantes.

LITERATURA CITADA

- Altamirano, H. T. (2015). Uso de la urea en la alimentación de los rumiantes. *Sitio argentino de producción animal*, 1-4.
- Araiza Rosales, E., González Arreola, A., Pámanes Carrasco, G., Murrillo Ortiz, M., Jiménez Ocampo, R., & Herrera Torres, E. (2021). Calidad fermentativa y producción de metano en ensilados de rastrojo de maíz. *Abanico veterinario*, 13.
- Arellano Vicente, I., Pinto Ruíz, R., Guevara Hernández, F., Reyes Muro, L., Hernández Sánchez, D., & Ley de Coss, A. (2016). Caracterización del uso directo del rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) por bovinos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1117-1129.
- Borges, J. A., Bastardo, Y., Sandoval, E., Barrios, M., & Ortega, R. (2011). Efecto de la adición de urea y el tipo de fermentación en la estabilidad de silajes de Caña de Azúcar (*Saccharum* spp.). Cocomatepec, Yucatán.: Zootecnia Trop.
- Borja Bravo, M., Reyes Muro, L., Espinoza García, J. A., & Velez Izquierdo, A. (2016). Estructura y funcionamiento de la cadena productiva de esquilmos agrícolas como forraje en la región del bajo, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 451-646.
- Calsamiglia, S. (1997). *Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes*. Madrid: XIII curso de especialización FEDNA.
- Castillo Castillo, Y. O., Ruiz Barrera, M. E., Burrola Barraza, Y., Marrero Rodríguez, J., Salinas Chavira, C., Angulo Montoya, A., . . . Camarillo, J. (2016). Isolation and characterization of yeasts from fermented apple bagasse as additives for ruminant feeding. *Braz. J. Microbiol.*, 889-895.
- Conrad, J. H., & Pastrana B., R. (1990). Amonificación, usando urea, para mejorar el valor nutritivo de materiales fibrosos. En *Transferencia de tecnología* (págs. 5-11). Colombia: Corpoica.
- FOSS. Analytics beyond measure. (2018). El análisis de la fibra en el pienso animal. www.fossanalytics.com, 32.
- Fuentes, J., Magaña, C., Suárez, L., Peña, R., Rodríguez, S., & Ortiz de la Rosa, B. (2001). Análisis químico y digestibilidad "in vitro" de rastrojo de maíz. *Agronomía mesoamericana*, 189-192.
- Gallardo, M. (2007). El valor de los alimentos. *Dietas balanceadas con forrajes conservados: la importancia de diagnosticar la calidad nutricional*.

- Gallo Lara, M. A., & Mera Moya, M. X. (2001). *Evaluación de ensilaje de cáscara de banana maduro para consumo de ganado bovino*. Guácimo, Costa Rica: Universidad Earth.
- Garcés Molina, A. M., Berrio Roa, L., Ruíz Alzate, S., Serna DLeón, J. G., & Builes Arango, A. F. (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Lasallista de Investigación*, 66-71.
- García Martínez, A., López González, F., Prospero Bernal, F., Albarrán Portillo, B., & Arraiga Jordán, C. M. (Febrero de 2020). Evaluación de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) tratado con urea como una alternativa en la suplementación de vacas lecheras en sistemas de producción de leche en pequeña escala. *Agroproductividad*, 13(2), 11-17.
- Gochi, L. C. (2016). El uso de subproductos y aditivos en la alimentación ovina. *8 Congreso internacional del borrego y la cabra*.
- González, L. A., Hoedtke, S., Castro, A., & Zeyner, A. (2012). Evaluación de la ensilabilidad in vitro de granos de canavalia (*Canavalia ensiformis*) y vigna (*Vigna unguiculata*), solos o mezclados con granos de sorgo (*Sorghum bicolor*). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 56-62.
- Laiño, A. R. (2021). *Ensilaje de rastrojo de maíz asociado con diferentes niveles de urea y melaza para la alimentación de rumiantes. Caracterización y posicionamiento estratégico*. Córdoba: UCOPress.
- López, J. M., Ruíz, O. B., Corral, L. A., Ortega, J. A., Burrola, B. E., Castillo, Y. C., & Arzola, A. C. (2018). Uso de levaduras como activadores de la fermentación ruminal. *Engormix*.
- López, L. R. (1998). *Efecto del tratamiento alcalino sobre la cinética de degradación ruminal de dos subproductos lignocelulósicos*. Zapopan, Jalisco: Centro universitario de ciencias biológicas y agropecuarias.
- Macedo Barragán, R., Arredondo Ruiz, V., Rodríguez Ramírez, R., Rosales Serrano, J. A., & Larios González, A. (2009). Efecto de la adición de un cultivo de levaduras y de la ración sobre la degradación in vitro y productividad de corderos Pelibuey. *Técnica pecuaria en México*, 41-53.
- Mancillas, P. F., Rodríguez Muela, C., Díaz Plasencia, D., Arzola Alvarez, C. A., Grado Ahuir, J. A., Corral Flores, G., & Castillo Castillo, Y. (2013). Digestibilidad in vitro de dietas para becceros en crecimiento adicionadas con inóculo de levaduras y bagazo de manzana fermentado. *Revista Bio Ciencias*, 2(3): 189-199.
- Martínez Trejo, G., Ortega Cerrilla, M. E., Landois Palencia, L. L., Pineda Osnaya, A., & Pérez Pérez, J. (2012). Rendimiento productivo y las variables ruminales de corderos alimentados con rastrojo de maíz tratado con urea. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1157-1170.

- Mendoza Martínez, G. D., & Ricalde Velasco, R. (2016). Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano. *Casa abierta al tiempo*.
- Mieres, J. M. (2004). Guía para la alimentación de rumiantes. *Programa nacional bovinos para leche*.
- Möller, D. J. (2014). Comparación de los métodos para la determinación de fibra en pienso y en los alimentos. En FOSS. Barcelona, España: Dedicated Analytical Solutions.
- Osuna Ceja, E. S., María Ramírez, A., Paredes Melesio, R., Padilla Ramírez, J. S., & Báez González, A. D. (2012). Eficiencia de la zeolita como aditivo de la urea e inoculación micorrizica en el cultivo de trigo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1101-1113.
- Quiroz, M. d. (2009). Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero. 29.
- Quispe Ramos, D., & Argani, O. (2014). Fundamentos de bromatología. *Revista de Actualización Clínica*, 5.
- Reyes Muro, L., Camacho Villa, T. C., & Guevara Hernández, F. (2013). Rastrojos. Manejo, uso y mercado en el centro y sur de México. *Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias*, 1-242.
- Reynoso González, E., Cervantes Ramírez, M., Figueroa Velasco, J. L., Morales Trejo, A., Araiza Piña, A., & Yáñez Hernández, J. (2010). Nivel de proteína, fibra y cultivo de levadura *Saccharomyces cerevisiae* en dietas a base de trigo para cerdos. *Agrociencia*, 753-762.
- Ruiz Barrera, O., López Morones, J., Salinas Chavira, J., & Castillo Castillo, Y. (2020). Efecto de *Candida norvegensis* sobre la degradabilidad ruminal de rastrojo de maíz y el crecimiento de corderos. *Ciencia UAT*, 133-145.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, G. D. (2013). Aprovechamiento de esquilmos y subproductos en la alimentación de ganado. <http://www.sistemasproductohidalgo.org.mx/noticias/aprovechamiento.pdf>.
- Sánchez Acosta, E., Ortega Cerrilla, M. E., Mendoza Martínez, G. D., Montañez Valdez, O. D., & Buntinx Dios, S. E. (2012). Rastrojo de maíz tratado con urea y metionina protegida en dietas para ovinos en crecimiento. *Interciencia*, 395-399.
- Souza, O., Cañeque Martínez, V., & Guía López, E. (2013). *Efecto del tratamiento sobre el valor nutritivo de la paja tratada por urea*. Macéio-AL, Brasil: EMBRAPA.

Stritzler, N. P., & Rabotnikof, C. M. (2019). *Nutrición y alimentación de rumiantes en la Región Semiárida Central argentina*. Santa Rosa, La Pampa, Argentina: EdUNLPam.

Yescas Yescas, R., Bárcena Gama, R., Mendoza Martínez, G. D., González Muñoz, S. S., Cobos Peralta, M., & Ortega Cerrilla, M. E. (2004). Digestibilidad in situ de dietas con rastrojo de maíz o paja de avena con enzimas fibrolíticas. *Agrociencia*, 23-31.