



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN PRODUCCIÓN DE
OVINOS Y CAPRINOS**

“Utilización de ensilados de *Zea mays* en cabras lecheras”

TESINA

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN:
PRODUCCIÓN DE OVINOS Y CAPRINOS**

PRESENTA:

MVZ. LUCÍA MONSERRAT ZAMORA MONTOYA

ASESOR:

MVZ. MC. JUAN ANTONIO RODRÍGUEZ GARCÍA

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A Dios por estar, por ser, por inspirarme, por motivarme, por sostenerme, por guiarme, por bendecirme... porque cada día me recuerdas que fui creada con amor inmensurable y eterno...Te amo.

A mí, por esa confianza inquebrantable.

“Empieza en ti, tú eres el epicentro de tus resultados”

Raimon Samsó

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor

Al M.C. JUAN ANTONIO RODRÍGUEZ GARCÍA por la orientación, apoyo, disponibilidad, conocimientos, y paciencia para la realización de esta tesis. Gracias Doc.

A los miembros de mi jurado

MC. CÉSAR GARZÓN PÉREZ Y A MC CONSUELO DUEÑAS SANSÓN por sus contribuciones al trabajo final y por el tiempo que dedicaron a revisarlo.

INDICE

OBJETIVOS	1
INTRODUCCIÓN	2
Sistemas de producción de cabras en México	2
Uso de alimentos ensilados en cabras lecheras	3
SITUACIÓN ACTUAL DE LOS CAPRINOS EN MEXICO	4
Antecedentes en México.....	4
Características de la caprinocultura en México	4
Distribución de regiones de México según el INEGI 2016	6
SISTEMA DIGESTIVO DE LA CABRA	7
Morfofisiología digestiva de las cabras.....	7
Cavidad oral.....	8
Esófago.....	8
Rumen.....	8
Omaso	13
Abomaso	13
ENSILADO	14
Ensilaje	14
Condiciones para el ensilado.....	15
Proceso del ensilado.....	18
Importancia nutrimental del ensilado	21
Tipos de ensilado	22
ESTUDIOS RECIENTES	24
REFERENCIAS	29

OBJETIVOS

Objetivo General

- Explorar y conocer los beneficios de la utilización del ensilado de maíz (*Zea mays*) en la alimentación de cabras lecheras en México.

Objetivos específicos

- Identificar las necesidades y oportunidades relacionadas con la alimentación de cabras lecheras en México.
- Obtener información relevante de la composición y valor nutritivo del ensilado de maíz, así como la técnica de ensilaje y su influencia en la calidad del producto final.
- Identificar los avances más recientes y las mejores prácticas relacionadas con el uso del ensilado de maíz en la alimentación de cabras lecheras.

INTRODUCCIÓN

La tendencia en la producción caprina a nivel mundial se dirige básicamente a la obtención de carne esto debido a las condiciones marginales de su producción tanto desde el punto de vista económico como agroecológico; Sin embargo, existen regiones desarrolladas del continente Europeo como Francia, España y Reino Unido en donde tiende a la producción de leche como prioridad ya que durante el siglo pasado, en el periodo de las grandes guerras y los periodos de posguerra, la crianza de caprinos se incrementó para aminorar la escasez de leche (Arechiga et al., 2008).

En México al contar con un inventario de 8, 786,027 de cabezas de ganado caprino (Inventario SIAP, 2021) basado en la presencia de animales denominados criollos y con algunos de raza especializada en la producción de leche, se ocupa el segundo lugar en América por debajo de Brasil y el 24 a nivel global (Barrera, 2018) la tendencia en la producción es hacia la carne en sus diferentes modalidades birria o mole de caderas. Sin embargo, regiones como la Laguna y el Bajío al contar con un mayor nivel de tecnificación y razas especializadas, se ha dado un impulso a la producción de leche destinada básicamente para la elaboración de dulces, entre el que destaca la cajeta y existe la demanda de quesos ya sean estos frescos o madurados, a sí mismo se obtiene como un ingreso extra la producción de cabrito para plato (SIAP SADER, 2016, Trejo, 2019). Desde la percepción de la caprinocultura como un modelo productivo perteneciente a la ganadería, se identifican históricamente tres modelos de producción, que por su naturaleza son dependientes de la geografía y las condiciones del lugar. Esta producción se desarrolla básicamente en tres sistemas de producción que se describen a continuación (Salinas, 2018).

Sistemas de producción de cabras en México

Extensivo:

Modelo de producción en donde el ganado se encuentra en libre pastoreo de manera seminómada y la producción de la leche es de forma estacional de acuerdo al ciclo estral del animal, la producción de carne se sincroniza con la demanda y la principal ventaja es la disminución de costos por alimentación (Salinas, 2018), básicamente, los animales se pastorean durante el día y se guardan en la noche (Toledo 2003; Améndola et al., 2006; Martínez-González et al., 2013, Vázquez, 2015).

Intensivo:

Actualmente el intensivo se percibe como un modelo de producción de estabulación total, lo que significa el control del ciclo estral de la cabra para su reproducción implicando una producción de leche continua y una producción de carne sincronizada a la demanda. La principal ventaja es la producción constante que va en función de la inversión inicial (Salinas, 2018). En este tipo de sistema, los animales se mantienen en instalaciones especializadas y

controladas, como corrales, comederos y bebederos. Se distingue por el uso de razas de alta productividad, insumos industriales, medidas sanitarias, gestión de residuos, y programas de alimentación y reproducción (Vázquez, 2015).

Mixto:

Fusiona los dos tipos de producción, en donde durante el día los animales comen libremente en el área y en la tarde noche son encerrados. No existe control del ciclo estral por lo que la producción de leche es estacional, mientras que la producción de carne se sincroniza a la demanda (Salinas, 2018), se puede decir que este sistema combina la agricultura con la crianza de animales, los cuales generalmente se alimentan de pastizales inducidos o cultivados, pastos ubicados en las orillas de caminos, esquilmos agrícolas, granos básicos (por ejemplo, trozos de mazorca o granos de maíz), alimentos elaborados por sus dueño/as y concentrados industriales en cantidades limitadas. Los animales son concebidos como un complemento a la nutrición familiar y la economía doméstica (Vázquez, 2015).

Dentro de las empresas pecuarias la alimentación tiene un importante impacto en la productividad de los animales (SENASICA, 2011). Por lo cual utilizar ingredientes de calidad nos permite maximizar la producción animal aún en temporada de estiaje. Uno de los métodos de conservación de forraje con el que podemos complementar o suplementar a la cabra en diferentes épocas es el ensilaje siendo esto un proceso de fermentación anaeróbica ácido láctica desarrollada a partir de los carbohidratos estructurales presentes en la materia vegetal. (Titterton y Bareeba 2001, Cubero et al., 2010), Entre los beneficios de la implementación de alimentar con ensilado son aumento en la productividad del ganado por las reservas de alimento que se generan se mejora el uso excedente de producción equilibra el contenido de la dieta y permite suplir nutrimentos en períodos en que la ración estacional muestra deficiencias (FAO, 2021).

Uso de alimentos ensilados en cabras lecheras

Diversos estudios han demostrado el beneficio de la inclusión de alimento ensilado en la dieta de cabras lecheras entre los que podemos mencionar: la utilización de ensilado de maíz en cabras lechera se ha evaluado en investigaciones recientes como las desarrolladas en 2018 por Yildiz y Edorgan, en donde observaron que el uso de ensilados de girasol y maíz representan una estrategia eficaz para influir en la composición de ácidos grasos de la leche caprina, también el año 2019, Ian *et al*, concluyeron que al utilizar, rastrojo de maíz con abundantes antocianinas se pueden transferir a la leche y mejorar la cantidad de antioxidantes en las cabras lecheras lactantes (Ian *et al*, 2019). Por último Yanti *et al* (2019) examinaron el uso de probióticos en el contenido de la fracción de ensilaje de maíz (empleado en cabras), concluyendo que la duración de la fermentación tuvo un efecto significativo.

Con base en lo anterior y para profundizar el conocimiento de la inclusión del alimento ensilado en la alimentación de cabras lecheras se presenta el siguiente estudio.

SITUACIÓN ACTUAL DE LOS CAPRINOS EN MEXICO

Antecedentes en México

Los caprinos, fueron introducidos al país por los españoles, probablemente la mayoría de los animales fueron embarcados en las Islas Canarias, los estudios genotípicos y fenotípicos, indican una mayor influencia de las regiones de Navarra y Andalucía de las cabras originarias que llegaron a la República Mexicana (Mayén, 1989; Guerrero, 2010). Y con el arribo de animales de manada (vacas, caballos, cerdos, mulas, y cabras) tuvieron una respuesta favorable a causa de la abundancia de forrajes y terrenos, dando origen a la ganadería en México (García, 1996; Alarcón, 2001). La cría del ganado caprino se inició en la Mixteca y en el Norte de México, siendo la Mixteca la primera región donde se comenzó a explotar la ganadería menor, después de su introducción a la Nueva España, donde no sólo existía una mayor población de este ganado, sino también una tasa alta de crecimiento. Al parecer la población española que inició la colonización de esta región, provenía de provincias en las cuales se tenía como costumbre utilizar la carne de cabra o cabrito en la dieta diaria, costumbre que prevalece hoy día en esta región, habiéndose adaptado desde entonces en gran parte al territorio nacional (Mayén, 1989; Guerrero, 2010).

Características de la caprinocultura en México

Los caprinos han demostrado ser aptos para una producción pecuaria rentable, al ser una especie resistente a la sequía y escasez de forrajes, por lo que se ha desarrollado como una fuente de ahorro de muchas familias marginadas. Desde principios de siglo, en nuestro país, han constituido una fuente de trabajo familiar, además han demostrado con la producción y transformación de la leche capacidad empresarial de la especie, en diferentes regiones del país (Mayén, 1989; Guerrero, 2010).

En la actualidad, en México, la cría de cabras es una actividad lucrativa debido a la producción de carne para comercialización y consumo, así como a la obtención de leche de cabra para su consumo directo o para la fabricación de quesos y dulces (SADER, 2022).

La base genética sobre la cual se desarrolla esta producción son los animales criollos; sin embargo, existen razas especializadas como son para producción de leche son Alpina, Anglo - Nubia, Sannen, y para carne son Angora, Bóer, Toggenburg y criolla (SADER, 2022).

En la zona conocida como La Laguna y el Bajío, se ha observado un notorio desarrollo de una industria más avanzada que se enfoca principalmente en la producción de lácteos y productos de dulcería. En México, los dulces que se elaboran a base de leche de cabra tienen una arraigada tradición, y en cuanto a la producción de quesos, los principales actores de este sector se encuentran ubicados en los estados del centro del país (SADER, 2022).

Los caprinos, son la especie doméstica que en menor medida contribuye al producto interno bruto del país, con tan solo el 1 % de la producción pecuaria nacional; sin embargo, para

muchos productores de zonas marginadas y de alta siniestralidad agroecológica representan una importante fuente de sustento. Con respecto a la producción de leche es de aproximadamente 160 millones de litros, la mayoría se destina a dulces como la cajeta, las glorias y otros, como queso o yogurt, con respecto a la carne, se estima una producción de 48,000 toneladas casi toda en forma de cabrito y una parte se consume como birria o chito, es importante mencionar las tradiciones Mixtecas del Mole de cadera (SIAP SADER, 2016; Trejo *et al* 2019) Cuadro 1.

Cuadro 1. Alimentos o productos que se obtienen de los caprinos en las regiones de mayor consumo en México.

Insumo	Producto / Platillo	Principales consumidores
Carne (animal antes del destete)	Cabrito	Nuevo León, Región Lagunera (Durango y Coahuila) y San Luis Potosí
Carne de animal adulto	Birria	Jalisco
	Mole de cadera	Puebla y Oaxaca
Leche	Cajeta, dulces, natillas y obleas	Guanajuato
	Quesos frescos	Veracruz, Guanajuato y Región Lagunera*
	Quesos tipo gourmet	Industria restaurantera principalmente de la Ciudad de México, Edo. de México, Puebla, Querétaro, Guanajuato y Región Lagunera*.
	Fórmulas lácteas	Centro del país
Piel	Calzado fino	Guanajuato

Fuente de SIAP, 2022 (<https://www.gob.mx/siap/articulos/caprinos-o-chivos>).

Los estados con la mayor población caprina son: Puebla con un 12.75%, Oaxaca con un 12.5%, San Luis Potosí 8.7%, Zacatecas 8.5% y Coahuila con un 7.7% del total nacional.

Distribución de regiones de México según el INEGI 2016

Centro: conformada por los estados de Ciudad de México, Guerrero, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla, Tlaxcala y Oaxaca (38% de la población)

Occidente Centro: de México está compuesta por los estados de Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, de Ocampo, Nayarit, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas, que en conjunto representan aproximadamente el 35% de la población del país.

Norte: constituida por Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Sinaloa, Sonora y Tamaulipas (24% de la población).

Sureste: establecida por Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz de Ignacio de la Llave y Yucatán (2%) de la población.

La Caprinocultura en México se ha caracterizado por no tener un mercado formal, por lo tanto los productores dependen en gran medida de los intermediarios, también se encuentran dispersos y sin una organización que los agrupe, por lo que la mayoría de las empresas son de tipo familiar y aunque los productos de cabra se reconocen como de calidad, la verdad es que la mayoría son vendidos a bajo precio. El aporte de alimentos es relativamente bajo, pero los consumidores finales pagan precios altos, ya que la mayor parte se comercializa como una tradición culinaria, estimándose un aporte de 400 g de carne y 2 litros de leche a la dieta de cada mexicano, por lo que se ha organizado una agroindustria que puede ser formal o rural (Trejo et al., 2019). Pese a los problemas antes mencionados la actividad caprina está en expansión ya que también presenta oportunidades (Trejo et al., 2019) pues la producción de cabras tiene importancia mundial como lo menciona Pittroff (2004), en base a tres aspectos principales:

1. Las cabras como un animal de doble propósito pueden contribuir a reducir la pobreza en áreas rurales
2. Crecimiento de las poblaciones minoritarias en varios países que tienen fuerte preferencia por la carne y leche de cabra.
3. Creciente importancia de los pequeños rumiantes, especialmente cabras, en el manejo de la vegetación de países desarrollados (BANAMEX, 2000; Birkelo et al., 2004; Orona et al., 2013) Por tal motivo la caprinocultura es una actividad sustentable, sostenible y una alternativa real para las condiciones de nuestro país y que puede representar una opción para vivir bien. (Trejo et al., 2019).

SISTEMA DIGESTIVO DE LA CABRA

La cabra es un animal herbívoro que tienen la particularidad de masticar e ingerir los alimentos de forma normal y posteriormente regurgitar el bolo alimenticio para rumiar y volver a ingerir, de esta manera obtiene el máximo del valor nutricional del alimento, además de que su estómago de los rumiantes se caracteriza por poseer varios compartimentos (rumen, retículo, omaso y abomaso). Hay cerca de 150 especies de rumiantes diferentes, incluyendo vacas, cabras, búfalos, bisontes, jirafas y alces (Ramírez, 2017).

Las especies de rumiantes se pueden clasificar de acuerdo con sus hábitos de alimentación que varían ampliamente, y se separan en tres grandes grupos:

- 1) Pastoreadores, que representan alrededor del 25 % y que se alimentan fundamentalmente de pastos.
- 2) Ramoneadores, que principalmente consumen arbustos, representando alrededor del 40% del total de los rumiantes.
- 3) Intermedios, que pueden pastar y ramonear son alrededor del 35% ejemplo de estos son los caprinos.

La cabra es considerada un rumiante muy efectivo debido a que se adecua a todo tipo de terrenos y diferentes climas, tiene una gran capacidad para transformar el forraje en leche (Ramírez, 2017).

Morfofisiología digestiva de las cabras

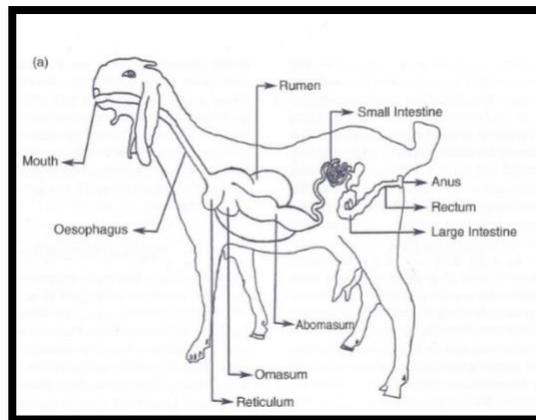


Figura 1: Sistema digestivo de la cabra (Pramod Kumar Rout, 2020).

En la figura 1 se observa el sistema digestivo de la cabra, a continuación, se describirá brevemente la función y característica:

Cavidad oral

Tiene como función la prensión, masticación, insalivación y rumia de los alimentos. Presentan labios en la parte superior que son delgados, divididos y muy móviles que les permiten escoger y discriminar alimentos y acceder a ellos en lugares que otros animales no lo logran. En su saliva existen sustancias, como proteínas ricas en prolina que permiten neutralizar los taninos de algunas plantas y así evitan la astringencia y rechazo que estos provocan en muchos animales además de ser una solución que apoya a la estabilidad del pH ruminal. (Bidot, et al., 2018).

Esófago

Su función es el transporte del alimento de la cavidad oral al rumen y viceversa.

Rumen

Del sistema gastrointestinal de los rumiantes el rumen ocupa o representa el 70 % al 75% del volumen total (Galindo et al., 2017). El rumen, es el mayor de los compartimentos gástricos, su epitelio es de tipo plano y pseudoestratificado, con numerosas prolongaciones denominadas papilas, a través de las cuales tiene lugar la absorción de diversos productos finales de la fermentación microbiana y es una gran cámara de fermentación en la que tienen lugar diversas reacciones químicas catalizadas por enzimas microbianas. Este compartimento está constituido, a su vez, por varias cavidades o sacos, separados mediante pilares musculares. La anatomía del rumen tiene una importancia crucial en la degradación de la fibra por un lado, las contracciones de las paredes del rumen posibilitan un buen mezclado de la digestión con la microbiota, lo cual, unido a la disminución del tamaño del alimento por su trituración, potencializa la acción fermentativa de los microorganismos por otro lado, el orificio retículo-omasal permite retener el alimento en el rumen durante un largo periodo de tiempo, asegurando la acción de las enzimas microbianas sobre la fibra (Mackie et al., 1997., Soto., 2011).

El metabolismo del rumen depende de la ingesta de nutrientes, como carbohidratos, proteínas, minerales y vitaminas. Las fuentes de carbohidratos incluyen azúcares solubles, almidón, pectina, celulosa y hemicelosa, mientras que las fuentes de proteína consisten en Nitrógeno No Proteico (NPN), proteína soluble, proteína de ingesta degradable y proteína de ingesta no degradable. (Galindo et al., 2017). Desarrollo ruminal: Tras el nacimiento, el rumen es apenas una bolsa afuncional, ya que la mayor parte de la digestión del alimento (leche) durante las primeras semanas de vida se lleva a cabo en el abomaso (Yvon et al., 1985., Palma., 2016). El desarrollo temporal del rumen es un proceso en el que se produce tanto el crecimiento como la diferenciación de las células, y por tanto la obtención de una función fisiológica por parte de estas. El modo en que se produzca este desarrollo determinará, en cierta medida, el patrón de nutrientes que llegará al intestino y, por consiguiente, al resto de tejidos del hospedador (Baldwin et al., 2004., Palma., 2016). En el desarrollo del rumen se pueden diferenciar en tres procesos distintos que a continuación se describen:

Desarrollo anatómico

Se considera que esto ocurre cuando hay un incremento a nivel del tamaño del rumen y el crecimiento de las papilas (Baldwin y Connor, 2017). El rumen del neonato carece de papilas funcionales y estas no presentan queratina, la cual se va adquiriendo poco a poco conforme el rumen madura y el animal pasa a fase adulta (Gilliland et al., 1962., Palma., 2016). Sólo cuando el animal deja atrás la fase de pre-rumiante (3-4 semanas de vida) y comienza a ingerir alimento sólido, y la consecuente fermentación ruminal, el rumen comienza a experimentar el desarrollo que permitirá al animal convertirse en rumiante propiamente dicho (Lane et al., 2002, Baldwin et al., 2004., Palma, 2016).

Microbiota

En la actualidad, el término microbioma hace referencia, en un sentido más amplio, al conjunto de genomas microbianos que habitan un determinado ambiente, por ejemplo, el intestino grueso o el rumen, este concepto no solo hace referencia a las poblaciones microbianas, sino a todo el ecosistema microbiano, es decir, el conjunto de los microorganismos, el ambiente en el que viven y las interacciones que existen entre microorganismos y hospedador. El rumiante y su microbiota ruminal establecen un tipo de relación simbiótica mutualista en la que el animal hospedador aporta un hábitat adecuado y nutrientes que permiten el crecimiento de los microorganismos y estos, a su vez, proveen al animal de proteínas, vitaminas y ácidos grasos de cadena corta (Van Soest, 1994., Soto, 2011).

Por otra parte, los microorganismos ruminales establecen complejas relaciones entre sí, que permiten la degradación del alimento que llega al rumen y, en consecuencia, la utilización de los nutrientes que contiene (Mackie, 1997). Aparte de estas relaciones de cooperación, y al igual que en cualquier otro ecosistema, también en el rumen se establecen relaciones de competencia intra e inter-específica y de predación (Ley et al., 2006., Soto, 2011).

La microbiota del rumen dispone de estrategias que le permiten la colonización, supervivencia y crecimiento en el ambiente ruminal:

- Moléculas que permiten la unión, establecimiento y progreso del desarrollo de los sustratos, también pueden detener el crecimiento de organismos resistentes (bacteriocinas) o resistir al sistema inmunológico del animal que los alberga.
- Plasticidad genética para adaptarse a los cambios que puedan producirse en este hábitat.
- Altas tasas de multiplicación que permiten el mantenimiento de poblaciones microbianas estables (Ley et al., 2006., Soto, 2011).

La colonización del rumen del animal neonato por los microorganismos empieza en el momento del nacimiento, cuando éste pasa por el canal del parto. La colonización continúa posteriormente por el contacto directo del animal joven con los adultos o los pastos, comederos, abrevaderos, etc. contaminados con saliva y heces de los adultos (Dehority,

2003., Soto, 2011). La composición y evolución de la microbiota ruminal de un animal están determinadas por factores diversos tales como la edad, localización geográfica, interacción hospedador-microorganismos, dieta, frecuencia con que el animal se alimenta, etc. (Dehority y Orpin, 1997, Soto, 2011). Existe una gran cantidad de bacterias y se categorizan en base a los sustratos que usan y las sustancias terminales del proceso fermentativo. La relevancia nutricional de la bacteria implica que son la garantía de la mayor parte de las funciones celulíticas ruminal (Ramírez, 2017).

Las bacterias se clasifican con base a los sustratos utilizados y en los productos utilizados de la fermentación en:

Bacterias celulíticas:

Generan las enzimas celulosas que pueden hidrolizar la celulosa, además pueden usar el disacárido celobiosa y otros carbohidratos.

Bacterias hemicelulíticas:

La hemicelulosa contiene pentosas y hexosas y usualmente ácidos úronicos. La hemicelulosa es un importante constituyente de las plantas. Los microbios que son capaces de hidrolizar la celulosa generalmente también pueden hidrolizar la hemicelulosa. Sin embargo, algunas especies hemicelulíticas no pueden usar la celulosa.

Bacterias amilolíticas:

Sin excepción todas las bacterias celulíticas son capaces de hidrolizar el almidón. Sin embargo, algunos microbios no pueden utilizar el almidón.

Bacterias que usan azúcares:

La mayor parte de las bacterias que pueden hidrolizar los polisacáridos pueden usar monosacáridos y disacáridos.

Bacterias que usan ácidos:

Un gran número de bacterias usan lactato, no obstante, este ácido no está presente en cantidades apreciables en el rumen, excepto en condiciones anormales. Existen otras bacterias que hacen uso de succinato, malato y fumarato, así como acetato y formato, aunque es muy factible que no las utilicen como su fuente principal de energía.

Bacterias proteolíticas:

Unas pocas bacterias ruminales utilizan aminoácidos como recurso primario de energía.

Bacterias productoras de amonio:

Ciertas especies bacterianas generan NH₃ a partir de diferentes recursos.

Bacterias que producen metano.

Bacterias lipolíticas: Hay bacterias que usan el glicerol y lo metabolizan otras utilizan otras hidrogenan ácidos grasos insaturados y otras hidrolizan ácidos grasos de cadenas largas y cetonas. (Ramírez, 2017).

Protozoarios:

Representan parte de la fauna ruminal, se desarrollan preferentemente a nivel de pH superior a 6.0, aun cuando no están presentes no son necesarios para la fermentación ni la supervivencia del rumiante. Normalmente son adquiridos de forma directa por contacto con otros animales, la principal característica de los protozoarios es la de consumir moléculas de tamaño de las bacterias como cloroplastos, fibras y almidón (Ramírez, 2017).

Hongos:

Forman parte del 8% del volumen del rumen. Desarrollan una importante función celulítica, en especial cuando la ración pose características fibrosas. Se ha propuesto que los hongos ruminales pueden ser relevantes para la fermentación cuando la ingesta tiene alimentos de baja calidad nutritiva (Ramírez, 2017).

Fermentación ruminal

El rumen es una gran cámara de fermentación en la que tienen lugar diversas reacciones químicas catalizadas por enzimas microbianas. Los productos finales de la fermentación microbiana, que tiene lugar en el rumen, son principalmente ácidos grasos volátiles (AGVs), ácido láctico, masa microbiana, CO₂, CH₄, y NH₃. Los AGVs y el NH₃ son absorbidos por las paredes del rumen y el resto de los productos de la fermentación y parte de la masa microbiana pasan al abomaso, donde son digeridos por las enzimas del hospedador. Los microorganismos que llegan al abomaso, fundamentalmente bacterias y protozoos, constituyen la principal fuente de proteína para el animal. De hecho, más de un 70% de los aminoácidos duodenales, dependiendo del tipo de dieta, tienen un origen microbiano (Van Soest, 1994, Soto, 2011). Como resultado de las diversas fermentaciones microbianas, el pH ruminal puede descender considerablemente, impidiendo la actividad de diversas especies de microorganismos, especialmente aquellos que presentan actividad fibrolítica, para evitar esto, el sistema se tampona eficazmente mediante las sales presentes en la saliva y el bicarbonato disuelto en el líquido ruminal (Counotte et al., 1979., Soto, 2011).

Entre los procesos moduladores que ocurren en el rumen, también se encuentran la regulación de la temperatura, presión osmótica y capacidad tamponadora del pH, que conjuntamente contribuyen a mantener la homeostasis (Krause y Oetzel, 2006., Palma., 2016).

Presión osmótica

Warner (Warner, 1965., Soto, 2005), informó que el líquido ruminal es generalmente hipotónico al plasma sanguíneo antes de la alimentación, después de la alimentación se hace hipertónico por un período de varias horas. Encontrándose presiones osmóticas de 400 mosm.L⁻¹, una hora después de la alimentación (contra alrededor de 300 mosm.L⁻¹ para el

plasma) y acompañada de signos de hemoconcentración, indicando una transferencia de agua del cuerpo desde la sangre al rumen.

En experimentos destinados al estudio del papel de la osmolaridad como un factor en el control del consumo de alimentos por las ovejas, se encontró que ésta raramente llega hasta 400 mosm.L-1 con altos niveles en la ración de forrajes o ensilados de alfalfa, y que tales niveles hipertónicos aparecían en el rumen por corto tiempo, pero cuando en sistema de modelo experimental, la osmolaridad se elevó sobre 400 mosm.L-1, el consumo decreció marcadamente en las ovejas (Mc. Donald. 1975., Soto, 2005). Existen muy pocos trabajos sobre la presión osmótica en el contenido del rumen. Esto parece que se debe a que en condiciones fisiológicas normales existen mecanismos que mantienen la presión osmótica ruminal, dentro de cierto rango que resulta adecuado para la supervivencia de los microorganismos y el funcionamiento normal del rumen.

Parthasaraty y colaboradores (Parthasaraty et al., 1996., Soto, 2005) plantean que, con una presión osmótica elevada en el rumen, el agua pasa de la sangre a esta cavidad; y a presión baja, el agua es absorbida. Dichos autores observaron que cuando varía una absorción neta de iones, aparentemente el agua seguía el gradiente osmótico entre plasma y el contenido ruminal; pero admitieron que el problema necesitaba nuevas investigaciones realizando la medida directa de los gradientes osmóticos y cambios de agua en presencia de solutos, que atraviesan la pared ruminal rápida o lentamente (Soto, 2005).

ph ruminal

La actividad microbiana que tiene lugar en los preestómagos de los rumiantes necesita un rango de pH óptimo para su máxima actividad (Warner., 1965., Britten, 1965., Martínez *et al* 1999., Soto, 2005). El mantenimiento del pH del rumen queda garantizado, principalmente, por la continua llegada de saliva rica en bicarbonatos; así se neutralizan los ácidos generados en los procesos de fermentación, constituyéndose un sistema buffer o tampón. Un pH alto (por encima del 7) queda asegurado por el contenido en bicarbonato o CO₂, mientras que la zona baja de pH queda garantizada por los ácidos grasos volátiles (Pearson y Smith., 1966., Mc Donald, 1975., Gütler, 1975., Kolb., 1975., Mohar., 1990., Soto., 2005).

Temperatura

Es isotermal es decir la del cuerpo de la cabra, es generada por los mecanismos fisicoquímicos del rumen y de la regula homeotérmica del animal (Ramírez, 2017).

Retículo

El retículo se distingue fácilmente por su singular estructura de panal, redondo, poco encorvado de abajo arriba y sembrado interiormente por multitud de células; está apoyado contra el diafragma a la encorvadura izquierda debajo de la inserción del esófago y sobre la prolongación abdominal del esternón conectándose con el rumen a través del pliegue retículo-rumen que los caracteriza en una única función, pero cada uno tiene actividades

desiguales. Dentro de sus funciones del retículo son trasladar el bolo alimenticio hacia el rumen o hacia el omaso y lleva a cabo la regurgitación de lo ingerido (Ramírez, 2017).

Omaso

Presenta numerosas láminas paralelas de tejido que contiene (Becker et al., 1963., Krehbiel, 2014). Estas hojas omasales (*Laminae omasi*) son de varios tamaños, y se sabe que el omaso es mucho más grande en los animales de pastoreo, y se considera que es el cuello de botella para el paso del alimento desde el retículo-rumen y se encuentra o localiza ligeramente a la derecha del retículo-rumen en la cavidad abdominal y se extiende caudalmente desde la séptima hasta la undécima costilla. El omaso conecta el orificio retículo-omasal con el orificio omasal-abomasal. La función del omaso no se comprende bien, pero se sabe que las *Laminae omasi* proporcionan una superficie absorbente para H₂O, Na⁺, K⁺ y algunos AGV (Engelhardt y Hauffe, 1975., Krehbiel, 2014). El quince por ciento del agua que entra en el omaso se absorbe allí, también atrapa y separa partículas, regulando así el paso de partículas que ingresan a este compartimiento (Krehbiel, 2014).

Abomaso

Se encuentra situado en la parte inferior derecha de la cavidad abdominal, en una posición ventral. Su estructura se asemeja a un saco alargado, con un extremo cerrado llamado fundus y otro extremo que se conecta con el intestino delgado a través del píloro. Su mucosa tiene características glandulares y en la región del fundus y presenta pliegues que contribuyen a incrementar su superficie (Ramírez, 2017).

También se menciona que la mucosa gástrica glandular está provista de células secretoras especializadas que producen moco, pepsinógeno y HCl, el *fundus* es la porción inicial que contiene glándulas gástricas (células parietales productoras de HCl), y la región pilórica contiene una mucosa glandular gruesa y las principales células secretoras de pepsina. La histología y fisiología del abomaso es similar a la del estómago de los no rumiantes. (Krehbiel, 2014).

Intestino delgado. Se divide en tres porciones: duodeno, yeyuno e íleon, tiene un grosor de 1 a 2 cm y una longitud entre 20 a 25 m también cuenta con una mucosa que segrega el jugo intestinal y absorbe las sustancias resultantes de la digestión en el estómago, mismas que son “atacadas” nuevamente por secreciones del hígado –bilis-, el páncreas y el propio intestino, por esta acción se convierten en sustancias que pueden ser absorbidas en esta parte del tracto. Los nutrientes no absorbidos pasan al intestino grueso, donde pueden ser sometidos, fundamentalmente en el ciego, a un proceso fermentativo similar al que ocurre en el rumen – retículo; los nutrientes no absorbidos en ninguna parte del tracto, unido a algunas secreciones del sistema digestivo, son expulsados al exterior a través del ano en forma de heces (Bidot et al., 2019).

Intestino grueso. Una de sus principales funciones es absorber agua y como función complementaria del retículo-rumen es producir y secretar ácidos grasos volátiles, (Shimada,

2007) dentro de sus características anatómicas el intestino grueso tiene entre 4 y 8 m de largo y está integrado por el colon, en su parte terminal posee unos anillos musculares que dan las deyecciones y confieren la forma redonda de las heces, en la unión con el intestino delgado, se ubica el ciego de unos 25 a 35 cm de longitud, posteriormente el colon termina en el recto y éste en el esfínter anal (Bidot et al., 2019).

ENSILADO

En México la alimentación de la cabra lechera se caracteriza por basarse en el pastoreo en las producciones extensivas y semiintensivas, en algunas producciones intensivas se emplea de igual manera praderas introducidas o mejoradas, esto trae como consecuencia una reducción en los costos de producción (Escareño et al., 2011, Kawas et al. 2010, Salinas-González et al., 2015) ya que se considera que el 80 % de los gastos de producción de un rebaño provienen de la alimentación (SAGARPA, 2007-2012; Salinas, 2018). Sin embargo el pastoreo por sí solo no puede satisfacer las necesidades nutricionales de la cabra (Morand-Fehr et al., 2007), por tal motivo se debe buscar mejorar la alimentación de la cabra bajo un esquema de aprovechamiento sustentable con alimentos balanceados y forraje de calidad, para lograr un aumento de la productividad, y mejorar en consecuencia la calidad de vida de las familias integrantes de este sistema de producción (Maldonado et al., 2017).

La preservación de los alimentos forrajeros se ha convertido en una opción relevante para complementar la alimentación de los rumiantes durante diversas épocas del año, cuando la disponibilidad de alimento se reduce debido a factores ambientales. (Kendall et al., 2009; Zebeli et al., 2012; Angulo *et al* 2018). Existen diversos métodos de conservación como son el henificado y ensilaje del forraje, a continuación, se describirá este último.

Ensilaje

Técnica de conservación de alimento que se lleva a cabo por medio de la anaerobiosis que produce una fermentación de ácido láctica a partir de los carbohidratos presentes en la materia vegetal (Kung *et al.*, 2018., Pérez, 2020), en la que bacterias epífitas fermentan los carbohidratos solubles en agua produciendo ácido láctico, ácido acético, etanol y otros productos menores (Bolsen et al., 1996., Castellón, 2021).

Debido a la producción de ácidos, el pH del material ensilado disminuye y se inhiben los microorganismos que pueden producir la pérdida de materia orgánica y nutrientes del sustrato ensilado (Oude et al., 2000., Castellón, 2021). Es de fácil implementación por parte de los productores y asegura la disponibilidad del recurso forrajero durante las épocas de escasas, se aplica para diversos cultivos forrajeros. (Titterton y Bareeba 2001, Cubero *et al* 2010), entre sus ventajas son aumento en la productividad por reservas de alimento que se generan, se mejora el uso excedente de producción, equilibra el contenido de nutrientes de la dieta y permite suplir nutrientes en períodos en que la ración estacional muestra deficiencias (FAO, 2021).

Condiciones para el ensilado

La calidad del ensilado se ve afectada por factores propios del forraje, como la composición química de los ingredientes a ensilar, haciendo referencia a la cantidad de azúcares fermentables y al contenido de humedad. Por otro lado, también existen factores ajenos al forraje, entre los cuales destacan los siguientes: Tamaño de la partícula, composición y cobertura del material ensilado. (Trejo, 2019).

Características del sustrato

Se puede ensilar cualquier forraje bajo ciertas condiciones, pero los cultivos por excelencia son el de maíz y sorgo, dado que los mismos poseen una gran cantidad de azúcares y producen los mayores rendimientos por ha. Pueden utilizarse gramíneas como son el maíz, sorgo, trigo, avena cebada, triticale, etc. y leguminosas, entre ellas la alfalfa, frijol, garbanzo, lentejas, etc., así como la mezcla de estas, o con subproductos (pulpa de cítricos, hortalizas) (Trejo, 2019) se emplean pastos de corte como *King grass*, Camerún, Tanzania, Mombasa y Caña entre otros. (FAO, 2005).

Las características ideales de un sustrato para lograr un ensilado efectivo son: humedad relativamente baja, alto contenido de carbohidratos accesibles (solubles en agua) y baja capacidad de amortiguación (Teixeira Franco et al., 2016, Castellón, 2021). Además, la microflora epífita del sustrato desempeña un papel crucial en el curso del ensilado, de tal modo que, si las bacterias ácido lácticas están presentes en una cantidad suficiente y en un rango adecuado de contenido de humedad, fermentarán los carbohidratos solubles, acidificando el medio y estabilizando el ensilado si el sustrato posee una baja capacidad de amortiguamiento (Rooke y Hatfield, 2003, Castellón, 2021)

Tamaño de la partícula

Se menciona que la reducción del tamaño de partícula puede conducir a una fermentación láctica más rápida y por lo tanto a una rápida estabilización del ensilado y a menores pérdidas de materia orgánica (Teixeira Franco et al., 2016, Castellón, 2021) El objetivo principal de la reducción del tamaño de la partícula es aumentar la superficie accesible para las enzimas hidrolíticas (Kalač, 2012, Herrmann et al., 2011, Castellón, 2021) demostraron que, en general, reducir el tamaño de la partícula mejora la condición de fermentación mediante la liberación adicional de sustratos fácilmente fermentables, lo que conduce a una fermentación láctica más intensa y reduce las pérdidas de materia orgánica. Además, en el ensilado con partículas de pequeño tamaño reducen el riesgo de deterioro aerobio al permitir mayores densidades y limitar la cantidad de oxígeno atrapado en el ensilado (Rooke y Hatfield, 2003, Castellón, 2021).

Temperatura

En términos generales, el ensilado se prefiere una temperatura moderada de 20 a 30 °C. a temperaturas mayores a 37 °C se han reportado efectos perjudiciales de la temperatura sobre la estabilidad aerobia de los ensilados y también se afecta la calidad del ensilado debido a una fermentación más extendida (Weinberg et al.,2001; Kim y Adesogan,2006, Castellón, 2021) y una mayor fermentación por parte de los clostridios (McDonald et al.,1991, Castellón, 2021). Temperaturas por debajo de 20 °C, la fermentación láctica puede no ser tan eficiente si no se dispone de suficiente sustrato fácilmente fermentable, por lo que, es necesario mantener un cierto nivel de temperatura para superar la barrera inicial de hidrólisis y que las bacterias ácido lácticas puedan disponer de material orgánico soluble (Teixeira Franco et al., 2016, Castellón, 2021).

Densidad

La densidad se asocia con la porosidad y el flujo de oxígeno en el ensilado (Weinberg y Ashbell, 2003, Castellón, 2021) de manera tal que, a mayor densidad la porosidad disminuye y por tanto el flujo de oxígeno en el ensilado es más lento, reduciendo así la pérdida debida al deterioro aerobio (Muck *et al.*, 1988, Castellón, 2021) Para limitar el ingreso de oxígeno al ensilado, la densidad es un parámetro considerado crucial (Castellón, 2021).

Humedad

Rooke y Hatfield, (2003) mencionan que las bacterias ácido lácticas son capaces de fermentar la biomasa en un amplio rango de concentración de sólidos totales, (Castellón, 2021).Teixeira Franco *et al.*, (2016) refieren que en un estudio con ensilajes de maíz y consuelda de cultivo integral la conservación del ensilaje fue particularmente exitosa, ya que se verificó un aumento en la producción de ácido láctico para cultivos con menor nivel de humedad. Por lo tanto, se esperarían cosechas mejor conservadas a partir de sólidos totales más altos, ya que se producirían menores pérdidas de materia orgánica por la limitación de crecimiento microbiano (Castellón, 2021).

pH

El comportamiento del pH durante el ensilado se ve afectado por la capacidad amortiguadora del sustrato, de modo que, en sustratos con alta capacidad amortiguadora requerirá más ácido para reducir su pH (Kung, 2018). Un ensilado que alcanza un pH suficientemente bajo para evitar fermentaciones secundarias con producción de ácido butírico y otros ácidos grasos volátiles se define como un ensilado estable (Pahlow et al., 2003). En términos de la efectividad del ensilado, una rápida disminución del pH es deseable, ya que a valores de pH bajos y si se mantienen las condiciones anaerobias, el crecimiento de todos los microorganismos incluidas las bacterias del ácido láctico se ven inhibidas y el ensilado tarda menos en alcanzar la fase estable (McAllister y Hristov, 2000, Castellón, 2021).

Aditivos

El uso de aditivos en los ensilajes asegura una rápida estabilización del material, como resultado de un adecuado nivel de ácido láctico. En todos los casos, se agregan los aditivos mientras se confecciona el ensilaje. Los aditivos se pueden clasificar en productos y/o sustancias que estimulan la fermentación láctica aumentando el sustrato fermentescible o creando condiciones adecuadas (bajo pH) para lograr una rápida estabilización y, por ende, menores pérdidas (Trejo, 2019), entre los aditivos que se encuentran son:

Fuentes ricas en carbohidratos

Para que la fermentación se lleve a cabo, es necesario que el forraje tenga un contenido de humedad adecuado y carbohidratos solubles en agua (Bautista, T. et al., 2009, Pérez, 2020). Por ello, es necesario utilizar fuentes de carbohidratos exógenas como la melaza, suero de leche y granos de cereal, entre otros. (Pérez, 2020). En cultivos o sustratos de leguminosas son particularmente empleados; la melaza (2% de la materia seca de forraje) y los granos de cereales (maíz, sorgo, avena, trigo, entre otros), la cantidad de grano a usar dependen del tipo de cultivo a ensilar y del tipo de cereal, variando entre 30 a 55 kg de grano por tonelada de forraje verde. Los ensilajes de maíz y sorgo contienen suficiente cantidad de azúcares solubles y normalmente no requieren aditivos al menos que se corten en un estado de madurez tardío y se requiera acelerar el proceso de fermentación (Trejo, 2019).

Inoculación de microorganismos

Los microorganismos más usados y estudiados como aditivos en ensilados son principalmente bacterias, hongos y sus enzimas; que metabolizan los carbohidratos solubles presentes en el sustrato y generan las condiciones idóneas en el medio para favorecer su supervivencia (Oliveira et al., 2017, Pérez, 2020). En el mercado hay una variedad de productos para usarse como aditivos; sin embargo, los microorganismos más demandados son *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Sacharomyces*, *Aspergillus* ya que mejoran la acidez del medio e incrementan la producción de ácidos orgánicos como son el láctico y acético (Jiao et al., 2017, Pérez, 2020) que son determinantes para la calidad del ensilado. El uso de microorganismos como aditivos en ensilados se emplean con la finalidad de mejorar la conservación, y que favorecen las características de fermentación de los ensilados, así como su calidad nutricional. Además, se ha observado que se mejora el comportamiento productivo y se favorece la salud ruminal de los animales alimentados con ensilados tratados con aditivos, ya que se previenen enfermedades como la acidosis ruminal aguda (Muck et al., 2018, Pérez, 2020). Se menciona que la adición de ácido acético (vinagre al 1% adicionado al forraje verde), de pulque o aguamiel (1 L por ton de MV, el cual es un aditivo natural con bacterias ácido lácticas presentes en la región), son ideales para utilizarse como aditivo, y también el uso de enzimas comerciales como; xilanasas y celulasas. (Trejo, 2019).

Proceso del ensilado

El proceso de ensilado como proceso biológico es bastante dinámico, con varias etapas sucesivas que se desarrollan en entornos y con microorganismos competitivos (Teixeira Franco *et al.*, 2016). Diversos factores pueden afectar las rutas de fermentación que tienen lugar durante el ensilado, y que pueden ser optimizados a fin de obtener un ensilado de calidad que pueda proporcionar el máximo rendimiento energético de los sustratos (Castellón, 2020).

El proceso consiste en 4 pasos que a continuación se describen:

Cosecha del sustrato

Se caracteriza por ser la etapa del proceso donde se cosecha el forraje o sustrato a ensilar, por ejemplo el maíz y el sorgo se cosechan en fresco cuando el grano se encuentra en estado lechoso-masoso y la planta ha almacenado la mayor cantidad de nutrientes y humedad adecuada para favorecer la fermentación, en la figura 2 se observa el estado de la mazorca de maíz forrajero para ensilar. (Trejo, 2019).

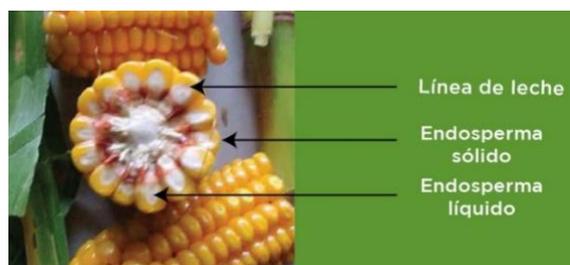


Figura 2: Estado ideal de maíz forrajero para ensilar (<https://www.qseeds.com.ar/silaje-de-maiz-momento-optimo-de-picado.html>).

Picado o corte del sustrato

El forraje se pica en trozos pequeños (2 – 5 cm) para evitar espacios de aire que perjudiquen el ambiente anaeróbico y facilitar la fermentación, en la figura 3 se observa el proceso de picado con una maquina ensiladora. (Trejo, 2019).



Figura 3: Picado de maíz con maquina ensiladora (<https://infopastosyforrajes.com/metodos-de-conservacion/proceso-de-ensilaje/>).

Llenado y Apisonado

El material picado se coloca en la estructura en donde se llevara a cabo el proceso de fermentación (silo), donde va a ser compactando con un tractor que pasa por encima varias veces para evitar las cámaras de aire en el interior (las llantas deben de estar limpias para evitar contaminación con tierra y una mala fermentación) (Trejo, 2019), se puede apreciar en la figura 4.



Figura 4 Compactación del sustrato (Trejo, 2019)

Tapado

El material se tapa con plástico (polietileno) para evitar la entrada de aire y agua. Se le coloca peso en la superficie que puede ser con neumáticos, piedras o tierra. (Trejo, 2019), como se observa en la figura 5.



Figura 5: Tapado y tiempo de fermentación (Trejo, 2019)

Las fases de transformación bioquímica una vez terminado el proceso de compactación y tapado del silo son:

Fase 1

Llamada “anaerobia inicial” dura pocas horas en las que el O₂ atrapado en el sustrato mantiene la respiración de los microorganismos y se acompaña de la generación de calor, dióxido de carbono y agua. Otras enzimas vegetales permanecen activas. Las proteasas inician la descomposición de proteínas en aminoácidos, y las carbohidrasas aumentan la cantidad de carbohidratos solubles disponibles para la fermentación. Los microorganismos aerobios obligados y facultativos como mohos, levaduras y algunas bacterias permanecen activos, siempre que el pH se mantenga cercano al valor de pH del sustrato fresco (Oude *et al.*, 2000, Castellón, 2020). Esta etapa se puede acortar mediante una trituración fina y buena compactación del sustrato (McDonald *et al.*, 1991, Castellón, 2020).

Fase 2

Fermentación principal comienza una vez que se ha agotado el O₂ y dura dependiendo de las propiedades del sustrato y las condiciones de ensilado. Los microorganismos anaerobios facultativos y obligados, como las enterobacterias, clostridios, ciertos bacilos y levaduras compiten con las bacterias ácido lácticas por los nutrientes que se liberan cada vez más de las células y tejidos del sustrato. Los signos externos de fermentación son la producción de biogás, efluentes líquidos y la reducción de la masa del ensilado. En un ensilado exitoso los cambios microbianos durante esta fase son principalmente la desaparición de enterobacterias y el desarrollo de una población de bacterias ácido lácticas dominantes. La velocidad de este cambio está estrechamente relacionada con la producción de ácido láctico y la rapidez en la disminución del pH hasta valores en un rango de 3.5 a 5.0 (Oude *et al.*, 2000, Castellón, 2020).

Fase 3

Fase de fermentación estable, esta etapa comienza con la disminución de la intensidad de la fermentación. Solo las enzimas tolerantes a los ácidos continúan activas, causando una lenta hidrólisis de carbohidratos estructurales y de almacenamiento. Esto proporciona el suministro continuo de carbohidratos solubles que compensan su inevitable reducción durante los períodos prolongados de almacenamiento. La población de bacterias ácido lácticas, generalmente experimenta una reducción logarítmica debido a la inhibición del bajo pH y los productos de fermentación. Varias especies de levaduras altamente tolerantes a los ácidos sobreviven este período en un estado casi inactivo, junto con los bacilos y clostridios, que entran en un estado de latencia formando endosporas. (Castellón, 2020).

Fase 4

La fase aerobia final que se caracteriza por la movilización y transporte del ensilado en donde durante el movimiento del ensilado, el O₂ puede acceder en cantidades suficientes para iniciar el crecimiento de microorganismos indeseables. En particular, estos incluyen las levaduras y las esporas o conidios de ciertos mohos, así como las bacterias del ácido acético, que a menudo son responsables del inicio de la inestabilidad aerobia. Estos microorganismos comienzan a multiplicarse en presencia de aire y contribuyen al calentamiento, y a los principales cambios químicos del ensilado, indicados por una reducción del ácido láctico y un aumento del pH (Castellón, 2020).

Importancia nutricional del ensilado

El valor nutritivo de los ensilajes está determinado por los componentes: la cantidad, estado y textura del grano en la planta al momento de ensilar y el contenido y digestibilidad de la pared celular de la fracción vegetativa. A medida que avanza la madurez de la planta, aumenta el contenido de grano y disminuye la calidad de la fracción vegetativa, por lo que resulta de suma importancia combinar alta producción de grano sin perder demasiada calidad de la fracción fibrosa. En el ensilaje de sorgo granífero, el grano puede constituir hasta un 51% de la masa total, lo que significa que la composición del grano desempeña un papel crucial en la calidad general del ensilaje, por lo tanto, se aplican las mismas consideraciones que se tienen en cuenta al alimentar con granos, ya que esto afecta directamente el resultado final (Romero et al., 2004, Depetris, 2014).

Respecto a la calidad de la fracción vegetativa, la cosecha temprana del cultivo permitiría optimizarla (Russell, 1986, Depetris, 2014). Sin embargo, no es recomendable llevar a cabo esta práctica, ya que en etapas tempranas del sorgo (cuando el grano aún está en su fase lechosa), a diferencia del maíz, se observan niveles de materia seca inferiores al 30%, lo que puede llevar a una excesiva pérdida de nutrientes, altas concentraciones de ácido acético y etanol, y una preservación deficiente del forraje. (Siciliano-Jones y St. Pierre, 1997, Depetris, 2014)

Por tal motivo, el aporte energético de la porción fibrosa dependerá de cuanto de ésta, se alcance a degradar en rumen por acción microbiana, proceso que está influido por la tasa de pasaje del alimento (Siciliano-Jones y St. Pierre, 1997, Depetris, 2014) y la tasa de digestión de la misma. La calidad del ensilaje de maíz se encuentra asociada con la concentración de nutrientes, la digestibilidad y la velocidad de descomposición de la estructura celular (fibra detergente neutra), así como con el contenido de grano presente al momento de realizar el ensilado (Depetris, 2014).

Tipos de ensilado

Ensilado de maíz:

El maíz es altamente valorado como el principal cultivo utilizado en la producción animal para ensilaje. Se recomienda que el contenido de materia seca del maíz se encuentre entre el 30% y 35%, ya que esto influye tanto en la productividad como en la calidad del forraje obtenido. A medida que el maíz madura, es inevitable que la digestibilidad de la fracción vegetativa y la pared celular disminuya. Sin embargo, esta disminución se compensa con el aumento de almidón en la parte de la espiga, lo cual justifica la espera hasta este momento. El maíz presenta una excelente aptitud para el ensilaje debido a su abundante contenido de carbohidratos, los cuales son convertidos en ácido láctico durante el proceso, además, posee un bajo poder tampón que permite una rápida disminución del pH, y al momento del ensilado, el contenido de materia seca es significativamente alto (FEDNA, 2022).

Los ensilados de maíz deben poseer un pH bajo, cercano o debajo de 4 y los concentrados de nitrógeno amoniacal y en nitrógeno soluble deben ser inferiores al 10% y al 50% del nitrógeno total respectivamente (FEDNA, 2022).

En términos de su composición nutricional, el ensilaje de maíz se destaca por ser una fuente de energía altamente valiosa, pero con un contenido proteico y mineral relativamente bajo. Sin embargo, es importante destacar que la calidad de los ensilados de maíz ha experimentado mejoras en los últimos años, observándose un incremento en el contenido de almidón y una reducción en el contenido de cenizas (FEDNA, 2022).

Ensilado de sorgo

Tiene una buena aptitud, aunque tiene una capacidad tampón algo más elevada, que la que tiene el maíz; sin embargo, es posible alcanzar de manera rápida, pH próximo a 4 y conseguir que su contenido en nitrógeno amoniacal sea inferior al 10% de nitrógeno total y el del nitrógeno soluble esté por debajo del 50% del nitrógeno total (FEDNA, 2022).

Al considerar el ensilado de sorgo, se destaca su valor energético, el cual representa aproximadamente el 75% al 80% del valor encontrado en un ensilado de maíz de alta calidad. Aunque el contenido proteico del sorgo no difiere significativamente del maíz, sí presenta una concentración mayor de fibra y cenizas. Este mayor contenido de carbohidratos estructurales es responsable de la digestibilidad ligeramente más baja del sorgo ensilado, que se sitúa entre un 80% y un 85% en comparación con el ensilado de maíz. El momento óptimo para la cosecha del sorgo destinado al proceso de ensilado ocurre cuando la planta en su totalidad alcanza un nivel de materia seca que oscila entre el 28% y el 30%, este indicador es un reflejo de que los granos han adquirido una consistencia pastosa deseable. (FEDNA, 2022).

Ensilados de cereales

Como en el caso del maíz el ensilaje de cereales no es conflictivo si se hace cuando el grano se encuentra en el estado de grano pastoso, con unas pérdidas de materia seca que se situarán alrededor del 10% (FEDNA, 2022). La idoneidad del ensilaje de cereales no maduros es favorable por las mismas causas mencionadas para el maíz: presencia abundante de carbohidratos susceptibles de convertirse en ácido láctico, capacidad tampón reducida y concentración elevada de materia seca: Al ensilar los ensilados de cereales inmaduros deben poseer un pH cercano a 4 el contenido de nitrógeno amoniacal debe ser inferior al 10% del nitrógeno total y el nitrógeno soluble por debajo del 50% de nitrógeno total.

Desde el punto de vista nutritivo estos ensilados constituyen un alimento de valor energético muy por debajo del que posee un ensilado de maíz; sin embargo, poseen un mayor contenido proteico y en minerales aunque siguen siendo bajos en contenido de almidón respecto al maíz y por el contrario el contenido en carbohidratos estructurales es más elevado (FEDNA, 2022).

ESTUDIOS RECIENTES

Actualmente se informa que el 80 % de los costos de producción de un rebaño provienen de la alimentación (SAGARPA, 2007-2012; Salinas, 2018), y por lo tanto la conservación de forrajes se ha convertido en una alternativa importante para la suplementación de rumiantes en diferentes épocas del año en donde la disponibilidad de alimento disminuye por factores ambientales, (Kendall et al., 2009; Zebeli et al., 2012; Angulo et al., 2018), el ensilado de maíz representa una opción para la alimentación del ganado caprino, favoreciendo y mejorando la calidad de vida de las familias rurales al aumentar la producción del rebaño, y disminuir el empleo de alimentos concentrados, provocando con esto una disminución en los costos de producción (Barrón et al., 2019).

Además si la calidad del forraje es mala, se necesita suministrar una gran cantidad de concentrado en la dieta, lo que aumenta no solo los costos de alimentación sino también el riesgo de trastornos metabólicos (Rapetti y Bava, 2008, Snežana et al., 2019). Los alimentos concentrados en las granjas de cabras lecheras a menudo determinan la mayor parte del costo de producción de leche (Delaney et al., 2008, Snežana et al., 2019). Desde el punto de vista nutritivo el ensilaje de maíz es un alimento de un elevado valor energético, bajo valor proteico, bajo contenido de minerales (FEDNA, 2022). Por ello es una excelente opción para suplementar la alimentación ganado caprino, pues una nutrición adecuada es la base de sistemas de producción exitosos y está vinculado con el aumento de la producción de leche, por ello los productores requieren insumos tecnológicos en nutrición y alimentación para mejorar la eficiencia de la producción (Lee et al., 2007, Snežana et al., 2019), por consecuente la revisión de estudios recientes sobre los beneficios del ensilado de maíz es de gran relevancia para la caprinocultura.

En Durango, el maíz se destaca como el cultivo forrajero principal, utilizado de diversas maneras, tales como forraje fresco, ensilado, henificado y aprovechando los residuos de la cosecha del maíz, como el rastrojo de maíz, las mazorcas y el grano, los cuales pueden ser molidos para obtener suplementos alimenticios durante la época de estiaje (SIAP, 2011, Araiza et al., 2013). El maíz es valioso como forraje para ensilar debido a su alta productividad, contenido energético, facilidad de recolección, conservación y aprovechamiento por parte de los animales, a pesar de su deficiencia en materia prima nitrogenada y ciertos minerales (Alaniz, 2008, Araiza et al., 2013). Para mejorar el valor nutricional del ensilado de maíz, se puede recurrir a aditivos y materiales que contengan carbohidratos solubles, lo que favorecerá una fermentación rápida y eficiente en el silo (Kung, 1997, Araiza et al., 2013).

En una investigación Araiza y colaboradores evaluaron el efecto de la adición de manzana de desecho y melaza en ensilados de maíz sobre las características nutricionales y de digestibilidad *in vitro* e *in situ*, y concluyeron que la adición de manzana en ensilado de maíz forrajero, en combinación con melaza, favoreció la fermentación anaeróbica de los ensilajes, reduciendo el pH e incrementando la cantidad de energía disponible en el ensilado,

se mantuvo sin cambios en el déficit proteico, el empleo de manzana de desecho en los ensilados de maíz incrementa la digestibilidad in vitro y degradabilidad efectiva de dichos ensilados (Araiza et al., 2013).

Podemos reconocer la versatilidad del ensilado de maíz, pues proporciona diversas opciones para el productor, ya que se puede combinar con otros residuos de la industria agrícola, y cubre las necesidades complementarias en la alimentación del ganado caprino, reduciendo los costos de producción, mejorando la economía familiar y el desarrollo de la caprinocultura en México.

Investigaciones recientes utilizan el ensilado de maíz como referente de comparación con otros tipos de ensilaje, como en el estudio de Duarte et al., 2022 en donde se evaluaron las respuestas termorreguladoras de cabras alimentadas con caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) en lugar de ensilaje de maíz (*Zea mays L.*) y concluyeron que las cabras Saanen lactantes, con producción de hasta 2,03 kg/día de leche, tienen respuestas termorreguladoras (Temperatura rectal y Humedad relativa) parcialmente influenciadas (aumento) por la caña de azúcar, en reemplazo del ensilaje de maíz en la dieta.

En esta investigación se planteó, (Moraes et al., 2004) la posibilidad de variaciones en la producción de calor dependiendo de la cantidad, calidad y tipo de alimento consumido por el animal, considerando esto una condición que puede influir en la termorregulación y respuestas del animal a través del incremento calórico, y para que no se produzcan pérdidas de producción es importante que los animales están en un ambiente con un rango de temperatura ideal que permita su confort térmico, dentro de este rango los animales son capaces de mantener su temperatura interna relativamente estable, también existe el gasto de energía necesario para llevar a cabo la termogénesis y termólisis, (siendo una esto una condición obligatoria para la termorregulación); sin embargo, si la energía que se emplea normalmente para la producción y la reproducción se utiliza para resistir el estrés térmico se desencadena en una disminución de la productividad animal.

En este estudio el aumento de la Frecuencia cardiaca (FC) puede explicarse por la necesidad del animal de volver a masticar, aunado al intento de aprovechar mejor los nutrientes y que la sustitución del ensilaje de maíz por la caña de azúcar promovió un mayor tiempo de rumia de los animales, lo que posiblemente influyó en el aumento de la FC, podemos decir que ensilado de maíz es un referente para la evaluación de otros ensilados por su alta capacidad nutricional y características organolépticas que permiten una mejor aceptación del ganado caprino (Duarte et al., 2022).

Mejía et al., 2022 utilizaron 10 cabras Alpinas (49 ± 2.5 kg PV, 194 ± 18 días en lactación) las cuales fueron alimentadas con dietas completamente mezcladas con 25% de ensilado de canola (EC) más 25% ensilado de maíz (EM) (dieta experimental) y con 50% de Ensilado de Maíz (dieta control), y se concluyó que la sustitución parcial de EM por EC en raciones completamente mezcladas incrementa la producción de leche, sin modificar el contenido nutrimental y el total de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y polinsaturados en la leche de cabras Alpinas. Esta investigación permite considerar el EC y

el EM en la dieta de cabras lecheras, dando la posibilidad de adaptar la alimentación del ganado dependiendo la zona geográfica y la disponibilidad de maíz.

Es fundamental generar investigaciones que proporcionen datos e información que permitan precisar la utilización de desechos agrícolas en la elaboración de dietas para rumiantes combinadas con ensilado de maíz, como en el estudio de Espinoza 2020, donde se determinó la degradabilidad ruminal *in situ* del ensilaje de maíz forrajero con niveles de inclusión de cáscara de plátano encontrando que las inclusiones de 25% de cáscara de plátano en la elaboración de ensilajes de maíz forrajero tienen valores aceptables degradables en el rumen, siendo una opción favorable para la alimentación de rumiantes, por su capacidad de suministrar nutrientes degradables a los microorganismos ruminales y al propio animal. Alternativamente estos residuos, pueden ser una fuente potencial de alimentación a los animales en épocas de escases de forraje.

Otra investigación evaluó el efecto de la proporción de mazorcas y tiempo de sellado sobre la calidad composicional del ensilaje de tres cultivares de maíz (*Zea mays*) en el trópico alto colombiano, (cosechados en estado de grano lechoso-pastoso), y encontraron que al utilizar ensilaje de maíz con una proporción de mazorca mayor a 66 % y sellar rápido la biomasa, mejoró las condiciones de fermentación y calidad composicional (Mancipe, et al., 2022).

En el mismo estudio, se menciona que debido a su alta producción de biomasa, perfil nutricional y calidad de fibra, así como su comportamiento durante el proceso de ensilaje (Khan et al., 2015, Mancipe, et al., 2022), producir ensilaje de maíz de alta calidad y rendimiento reduciría los costos de producción y aumentaría la producción de leche (Ferreira & Brown, 2016, Mancipe, et al., 2022). De hecho, la proporción de grano en la planta de maíz tiene un impacto significativo en la calidad nutricional y la producción de ensilaje, donde plantas con mazorcas de mayor tamaño resultan en una mayor producción de biomasa, porcentaje de materia seca y concentración de energía (Ferreira & Brown, 2016, Mancipe, et al., 2022). Esta investigación aporta datos relevantes, y eficaces para tomar decisiones más asertivas en la elaboración del ensilado, además observamos que *Zea mays* como sustrato para la elaboración de ensilado tiene características que favorecen el desarrollo y proceso del mismo y en consecuencia tiene efectos positivos en el rebaño, (Mancipe, et al., 2022).

Por ultimo otro estudio observo que la calidad de la leche, los efectos sensoriales y emocionales del queso están influenciados por el tipo de la alimentación. En el estudio de Meráz et al., 2014, evaluaron la producción y calidad de la leche en cabras alimentadas con diferentes porcentajes de ensilado de maíz en la dieta en cabras, se utilizaron tres tratamientos (T1= 10 % ensilado de maíz + 40 % heno de alfalfa + 50 % de pastoreo en pradera mixta; T2= 20 % ensilado de maíz + 30 % heno de alfalfa + 50 % de pastoreo en pradera mixta; T3= 30 % ensilado de maíz + 20 % heno de alfalfa + 50 % de pastoreo en pradera mixta), y encontraron que hubo diferencias significativas en la producción de leche disminuyendo a medida que se incrementó la cantidad de ensilado en la dieta, al mismo tiempo encontró que en el porcentaje de grasa en la leche existió mayor producción de grasa cuando se

proporcionó 30% de ensilado, y no se encontraron diferencias estadísticas para el porcentaje de proteína, lactosa y sólidos no grasos en leche entre tratamientos.

Santos *et al* 2023, determinaron el impacto del tipo de alimentación de ganado bovino (*Bos taurus L.*) en las propiedades sensoriales, las emociones y la preferencia del consumidor de queso fresco, el experimento consistió en elaborar seis quesos que corresponden a cada tipo de alimentación implementado en el ganado bovino del proyecto de investigación: Queso 1 (ensilado de maíz molido), Queso 2 (*Brachiaria decumbens* y pollinaza), Queso 3 (*B. humidicola* seco con melaza) Queso 4 (*B. decumbens* y pienso), Queso 5 (*B. decumbens*), y Queso 6 (*B. brizantha*), y posteriormente se presentaron a los consumidores, concluyendo que las emociones positivas como; “bien”, “entusiasta” y “calmado” fueron evocadas por los quesos 1, 2 y 6 y que el tipo de alimentación con ensilado de maíz genera quesos con mayores intensidades de olor a leche.

Podemos decir que es de suma importancia seguir investigando y documentando más sobre los efectos del ensilado de maíz, en la producción, calidad y preferencia de los consumidores con relación al aspecto sensorial y atributos en los estímulos emocionales y es por ello, que los productores pueden tener mayores respuestas en la preferencia o el rechazo de los consumidores de quesos frescos.

Finalmente podemos deducir que el ensilado de maíz es un referente para la evaluación de otros ensilados por su capacidad nutricional como suplemento y características organolépticas que permiten una mejor aceptación del ganado caprino, alternativamente se puede combinar con residuos de la industria agrícola y ser una fuente potencial de alimentación a los animales en épocas de escases de forraje, por la distribución y disponibilidad mundial del maíz es considerada actualmente una alternativa en la alimentación del ganado caprino con una orientación y perspectiva sostenible, y por ultimo tiene efectos en la calidad y producción de la leche caprina.

CONCLUSIONES

- El ensilado de maíz disminuye los costos de alimentación y permite la disponibilidad de alimento durante todo el año para el rebaño caprino, mejora la situación económica y promueve el desarrollo de la caprinocultura en el país.
- La utilización de maíz (*Zea mays*) como sustrato es eficiente para el ensilado por su conformación, concentración de almidones y nutrientes presentes en el grano, comparado con otros tipos de sustratos.
- Las investigaciones recientes sobre el ensilado de maíz informan y respaldan que alternativamente se puede combinar con residuos de la industria agrícola y ser una fuente potencial de alimentación a los animales en épocas de escasas de forraje.

REFERENCIAS

- Alaniz V.O. (2008). Adición de residuo de la industria cervecera al ensilaje de maíz como alternativa de forraje para ganado. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo Regional Durango. Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental, p. 1-35.
- Alarcón M. (2001). *Estudio económico de la caprinocultura en México: Una aproximación socioeconómica* [Tesis de maestría en ciencias, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://132.248.9.195/pdtestdf/0300723/0300723.pdf>
- Améndola Ricardo., Epigmenio Castillo., Pedro Martínez. (2006). Country pasture and forage resource profiles: México. Rome, Italy, FAO.
- Angulo A. Roberto., Rosero Noguera Ricardo. (2018). Producción de forraje y calidad nutricional de pasto Marvel (*Dichanthium annulatum-Forssk-Stapf*) para la producción de heno en La Dorada (Caldas). *Revista de Producción Animal*, 30 (2), 12-17.
- Araiza Rosales E., Delgado Licon E., Carrete Carreón F. O., Medrano Roldán H., Solís Soto A., Murillo Ortiz M., Y Haubi Segura C. (2013). In situ ruminal degradability and in vitro digestibility of silages of maize and apple waste added with molasses. *Avances en Investigación Agropecuaria*. ISSN 0188789-0 17(2): 79-96
- Aréchiga, C. F., Aguilera, J. I., Rincón, R. M., Méndez de Lara, S., Bañuelos, V. R., Meza Herrera, C. A. (2008). Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9(1), 1-1.
- Armando Shimada Miyasaka. (2007). *Nutrición animal editorial trillas primera edición*. pag 100-102.
- Baldwin R. L., & Connor, E. E. (2017). Rumen Function and Development. *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*, 33(3), 427–439.
- Baldwin Vi R. L., Mcleod K. R., Klotz J. L., Heitmann R. N. (2004). Rumen Development, Intestinal Growth and Hepatic Metabolism in. *the Pre and Postweaning Ruminant. J. Dairy Sci.*, 87(13_suppl), E55-65.
- BANCO NACIONAL DE MÉXICO (BANAMEX). (2000). Examen de la situación económica de México. Ed. Banco de México. México, D. F. 25 p.
- Barrera Perales., Octavio Tadeo., Sagarnaga Villegas., Leticia Myriam., Salas González., José María., Leos Rodríguez., Juan Antonio., Santos Lavalle Rodolfo. (2018).

Viabilidad económica y financiera de la ganadería caprina extensiva en San Luis Potosí, México. *Mundo agrario*, 19(40), 77.e1-77.e2

- Barrón M.C., Cobos H., Enriquez J.L., Robles L.E., Roskopf S., Gonzalez M. (2019). Uso de ensilado de maíz en alimentación ovina. Borrego y Cabra internacional, *TVAGRO centroamerica*. No.1
- Bautista T., U. G. *et al.* (2009).Effect of Sugarcane Molasses and Whey on Silage Quality of Maize. *Asian Journal of Crop Science*. 1(1), pp. 34–39.
- Becker R. B., Marshall S. P., Dix Arnold P. T. (1963). Anatomy, development, and functions of the bovine omasum. *J. Dairy Sci.* 46:835–839.
- Bidot Adela Fernández., Paretas Fernández Juan José. (2018). Producción de ganado caprino en Cuba *Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical*, - 340 páginas.
- Birkelo C., Johnson D., Phetteplace H. (1991). Maintenance requirements of beef cattle as affected by season on different planes of nutrition. *J. Anim Sci.* 69:1214-1222.
- Bolsen,K. K., Ashbell G., Weinberg Z. G. (1996). Silage fermentation and silage additives- Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 9(5), 483-493. DOI:10.5713/ajas.1996.483
- Britten R F. (1965).*The concentration of small molecules within the microbial cell. En: Function and structure in microorganism*. 15th Simposium of the Society for General Microbiology. Cambridge University Press: 57.
- Castellón Zelaya Mario Francisco. (2021). *Ensilado de residuos sólidos orgánicos urbanos para la producción de biogás* tesis de posgrado. [Doctorado en Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://132.248.9.195/ptd2021/septiembre/0814913/Index.html>
- Counotte, G. H. M., Van't Klooster, A. T., Van Der Kuilen, J. & Prins, R. A. (1979). An analysis of the buffer system in the rumen of dairy cattle. *Journal of Animal Science*. 49(6): 1536-1544.
- Cubero J.F., Rojas A., R. Wingching., (2010). Uso del inóculo microbial elaborado en finca en ensilaje de maíz (zea mays). *Valor nutricional y fermentativo agronomía costarricense* 34(2): 237-250. ISSN:0377-9424
- Dehority, B. A. & Orpin, C. G. (1997). Development of, and natural fluctuations in, rumen microbial population. In: *The Rumen Microbial Ecosystem*, 196-245 (Eds P. N. Hobson and C. S. Stewart). Londres, Reino Unido: Chapman and Hall.

- Dehority, B. A. (2003). Rumen Microbiology. Nottingham: *Nottingham University Press*. ISBN: 1-897676-99-9
- Delaney, C., Johnson, D., Waldron, M. (2008). *Effects of concentrate supplementation on milk yield and MUN concentration on commercial dairy goat farms*. En Proceedings of the 9th International Conference on Goats: Sustainable goat production: Challenges and opportunities of small and large enterprises (pp. 373). Queretaro, Mexico.
- Depetris, G. (2014). Uso del ensilaje de planta entera en la alimentación de vacunos para carne en pastoreo y feedlot. *Nutrición Animal Aplicada* pp 64.
- Duarte Cabral Ana María., De Albuquerque Brasil Lucia Helena., Mendes Marques Diogo Henrique., Marcílio Azevedo Ramos de Carvalho., Francisco Fernando Gomes Barreto., Lúgia Maria De Lima Santos. (2022). Thermoregulatory responses of Saanen goats fed increasing levels of sugarcane in place of corn silage. *Department of Animal Science, Federal Rural University of Pernambuco*, 52171-900 Recife, Brazil.
- Engelhardt, W. V., R. Hauffe. (1975). Role of the omasum in absorption and secretion of water and electrolytes in sheep and goats, In: *Digestion and Metabolism in the Ruminant*. McDonald IW., Warner ACI., *Proc. IV Simposio Internacional. On Ruminant Physiol. Unidad de Publicaciones de la Universidad de Nueva Inglaterra*, Armidale, NSW, Australia.
- Escareño L. Wurzinger, M. Pastor, F., Salinas, H., Solkner, J. & Iñiguez, L. (2011). La cabra y los sistemas de producción caprina de los pequeños productores de la Comarca Lagunera, en el norte de México. *Revista Chapingo-Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17:235-246.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2021). Conservación de heno y paja 2003. Recuperado de <http://www.fao.org/3/x7660s/x7660s00.htm> . (Citado en abril de 2021).
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2005). Ensilaje: Estrategia De Conservación De Forrajes Para La Época Seca. Recuperado de https://www.fao.org/fileadmin/templates/lead/pdf/07_article02_es.pdf
- Faubladier C., Julliard V., Danel J., & Philippeau C. (2013). Bacterial carbohydrate degrading capacity in foal faeces: Changes from birth to pre-weaning and the impact of maternal supplementation with fermented feed products. *British Journal of Nutrition*, 110(6), 1040–1052.

FEDNA. (2003). Tablas de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. 3ª edición. Recuperado de <http://www.fundacionfedna.org/forrajes/ensilado-de-ma%C3%ADz> . (2020).

FEDNA. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (sf). Tablas FEDNA composición de alimentos valor nutritivo. Forrajes. Ensilado de Maíz. Recuperado de <http://fundacionfedna.org/forrajes/ensilado-de-ma%C3%ADz> . (Citado en octubre de 2022).

FEDNA. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (sf). Tablas FEDNA composición de alimentos valor nutritivo. Forrajes. Ensilado de Sorgo. Recuperado de <http://fundacionfedna.org/forrajes/ensilado-de-sorgo> . (Citado en octubre de 2022).

FEDNA. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (sf). Tablas FEDNA composición de alimentos valor nutritivo. Forrajes. Ensilado de Avena. Recuperado de <http://fundacionfedna.org/forrajes/ensilado-de-avena> . (Citado en octubre de 2022).

Ferreira, G., & Brown, A. N. (2016). *Environmental factors affecting corn quality for silage*. En T. Da Silva, & E. M. Santos (Eds.), *Advances in silage production and utilization* (pp. 39–51).

FIGURA 1: Pramod Kumar Rout, A. K. (2020). *Goat production and supply chain management in the tropics*. Boston, USA: CABI.

FIGURA 2: *Estado ideal de maíz forrajero para ensilar*. Qseeds Novedades *Silaje de maíz: momento óptimo de picado* [Página de internet] [Citado en Mayo 2023]. <https://www.qseeds.com.ar/silaje-de-maiz-momento-optimo-de-picado.html>

FIGURA 3: *Picado de maíz con maquina ensiladora. Métodos de conservación* proceso de ensilaje. [Página de internet] [Citado en Mayo 2023]. <https://infopastosyforrajes.com/metodos-de-conservacion/proceso-de-ensilaje/>

Fonty G., Gouet P., Jouany J.-P., Senaud J. (1987). Establishment of the Microflora and Anaerobic Fungi in the Rumen of Lambs. *Microbiology*, 133(7), 1835–1843.

Fouts D. E., Szpakowski S., Purushe J., Torralba M., Waterman R. C., Macneil M. D., Alexander L. J., Nelson K. E. (2012). Next Generation Sequencing to Define Prokaryotic and Fungal Diversity in the Bovine Rumen. *PONE*, 7(11).

Galindo Juana., Elías A., Muñoz E., Marrero Yoandra., González Niurca., Sosa Areadne. (2017). Activadores ruminales, aspectos generales y sus ventajas en la alimentación de animales rumiantes. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(1), 11-23.

- García Luis Arturo. (1996). La caprinocultura en la Mixteca Oaxaqueña. Orígenes. Ciencia. *Fac.de Ciencias UNAM. Núm. 44.* Octubre-Diciembre.p.p. 28-27.
- Gilliland R. L., Bush L. J., Friend J. D. (1962). Relation of Ration Composition to Rumen Development in Early-Weaned Dairy Calves with Observations on Ruminant. *J. Dairy Sci.*, 45: 1211.
- Guerra Italo, E. (2020). Efecto de inclusión de cáscara de plátano en la degradabilidad in situ de ensilaje de maíz forrajero. *Ingeniería E Innovación*, 8(1). <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/rii/article/view/2327>
- Guerrero C. La Caprinocultura en México, una estrategia de desarrollo. 1 de Julio, *Rudics*, (2010). Vol. 1, Núm. 1.
- Gürtler H. (1975). *Fisiología de la digestión y de la absorción. Fisiología Veterinaria.* Volumen 1. 2da. Edición española de la 3ra. Edición alemana. España: Editorial Acribia: 294-311.
- Herrmann, A. (2012). Biogas production from maize: current state, challenges, and prospects. 2. Agronomic and environmental aspects. *Bioenergy Research*, 6, 372-387.
- Ian Xz Paengkoum., P. Paengkoum S., Chumpawadee S., Ban C., Thongpea S. (2019). Ensilaje de rastrojo de maíz morado (*Zea mays* L.) con abundantes antocianinas que transfieren la composición de antocianinas a la leche y aumentan el estado antioxidante de las cabras lecheras lactantes. *Journal of Dairy Science*, v. 102, n. 1, 413–418.
- INEGI. (2016). Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Encuesta Nacional de Acceso a la Información Pública y Protección de Datos Personales 2016. [Actualizado 2018]. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/223/datafile/F25/V3358> . (Citado en junio de 2023).
- Jiao P. X., *et al.* (2017). Impact of strain and dose of lactic acid bacteria on in vitro ruminal fermentation with varying media pH levels and feed substrates', *Animal Feed Science and Technology*. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2016.11.005.
- Kalač P., (2012). The required characteristics of ensiled crops used as a feedstock for biogas production: a review. *J. Agrobiol.* 28, 85–96.
- Kawas J.R., Andrade Montemayor H., Lu C.D. (2010). Strategic nutrient supplementation of free-ranging goats. *Small Ruminant Research*, 89:234-243.

- Kendall C. Leonardi., C. Hoffman P. C., Combs D. K. (2009). Intake and Milk Production of Cows Fed Diets that Differed in Dietary Neutral Detergent Fiber and Neutral Detergent Fiber Digestibility. *Journal of dairy science*, 92 (1), 313-323.
- Khan N. A., Yu P., Ali M., Cone J. W., Hendriks W. H. (2015). Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of Science and Food Agriculture*, 95(2), 238–252.
- Kim S. C., Adesogan, A. T. (2006). Influence of ensiling temperature, simulated rainfall, and delayed sealing on fermentation characteristics and aerobic stability of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 89(8), 3122-3132.
- Kolb E. (1975). *Fisiología de los líquidos corporales. Fisiología Veterinaria.* (Volumen 1. 2da. edición española de la 3ra. Edición alemana. España: 420-445). Editorial Acribia.
- Krause K. M., Oetzel G. R. (2006). Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 126(3–4), 215–236.
- Krehbiel Cr. (2014). Invited review: Applied nutrition of ruminants: Fermentation and digestive physiology. *The Professional Animal Scientist*. 30(1):129-139. ISSN: 1080-7446.
- Kun, L. (1997). A review on silage additives and enzymes. *Department of Animal and Food of Sciences University of Delaware Newark, D. E.* (19):717-1303.
- Kung L. (2018). Silage fermentation and additives. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 26, 3-4.
- Kung L. et al. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages, *Journal of Dairy Science*. doi: 10.3168/jds.2017-13909.
- Lane M. A., Baldwin Vi. R. L., Jesse, B. W. (2002). Developmental changes in ketogenic enzyme gene expression during sheep rumen development. *Journal of Animal Science*, 80(6), 1538–1544.
- Lee M. C., Hwang S., Y, Chiou P. W. S. (2007): Application of rumen undegradable protein on early lactating dairy goats. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 14, 11, 1549-1554.
- Lethbridge Alberta McDonald P., Henderson A.R., Heron S.J.E. (1991). The Biochemistry of silage. 2nd ed. *Chalcombe Publications*, Marlow, UK

- Ley R. E., Peterson D.A., Gordon J. I. (2006). Ecological and evolutionary forces shaping microbial diversity in the human intestine. *Cell.*:837-848.
- Mackie R. I. (1997). Gut environment and evolution of mutualistic fermentative digestion. In: *Gastrointestinal Microbiology v1: Gastrointestinal ecosystems and fermentations*, (Vol. 1,13-35 Eds. R. I. Mackie and B. A. White). *Nueva York, EEUU*: Chapman and Hall.
- Maldonado Jaquez J. A., Granados Rivera L. D., Hernández Mendo O., Pastor Lopez F. J., Isidro Requejo L., Maconetzin Salinas González H., Torres Hernández G. (2017). Uso de un alimento integral como complemento a cabras locales en pastoreo: respuesta en producción y composición química de la leche. *Nova scientia*, 9(18), 55-75.
- Mancipe Muñoz Edgar A., Castillo Sierra Javier., Vargas Martínez Juan De J., Avellaneda Avellaneda Yesid. (2022). Calidad composicional del ensilaje de tres cultivares de Maíz (*Zea mays*) del trópico alto colombiano. *Agronomía Mesoamericana* , 33 (2), 46412.
- Martínez González, E., Manrubbio Muñoz Rodríguez, V., Santoyo Cortés, V., Gómez Pérez, D., Reyes Altamirano Cárdenas, R. (2013). *Lecciones de la promoción de proyectos caprinos a través del Programa Estratégico de Seguridad Alimentaria en Guerrero, México*. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 10(2), 177-193.
- Martínez P., Galindo J., Aranda N. (1999). Determinación de la actividad proteolítica en rumen mediante un nuevo método colorimétrico. *Rev. cubana Cienc. agric.*; 33: 83-91.
- Mayen M. (1989). *Explotación Caprina*. Ed. Trillas. México. p.p. 9 -15.
- Mcallister, T. A., Hristov, A.N. (2000). The fundamentals of making good quality silage. *Advances in Dairy Technology: Proceedings of the Western Canadian Dairy Seminar*. 12, 381-399.
- McDonald P., Henderson A.R., Heron S.J.E. (1991). *The Biochemistry of silage*. 2nd ed. *Chalcombe Publications*, Marlow, UK.
- McDonald. (1975). *Nutrición Animal*. 2da. Edición. España: Editorial Acribia,: 134.
- Mejía Uribe Luis Alberto., Ignacio Arturo Domínguez Vara., Fuensanta Hernández Ruipérez., Ernesto Morales Almaráz. (2022). Production and Milk Fatty Acids Profile of Dairy Goats Fed with Canola Silage (*Brassica napus*) instead of corn silage (*Zea mays*) in total mixed RATIONS. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 25: #059.

- Meraz Re., Rodríguez G.J.A., Gaspar S.D., Villagrán V.B., Domínguez H.Y.M., Pulido A.A., Ángeles C.S. (2014). Producción y calidad de leche de cabras alimentadas con diferentes porcentajes de ensilado de maíz en la dieta. Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano. FMVZ- UNAM. Tequisquiapan, Querétaro. 76790 Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica. FMVZ-UNAM, Cd. *Universitaria, México*.
- Mohar F. (1990). *Bioquímica Animal*. Ministerio de Educación Superior, Ciudad de La Habana: Ediciones ENPES,: 352-370.
- Moraes D., Bento C.A.P., Souza Júnior S.C., Vasconcelos A.D., Souza W.D. (2004). Effect of time of year on thermoregulatory characteristics of goats, sheep and cattle in the semiarid region. In: Proceedings of the III *Northeastern Congress of Animal Production, Campina Grande, Paraíba, Brazil, November to December*.
- Morand Fehr P., Fedele V., Decandia M., Le Frileux Y. (2007). Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68:20-34.
- Muck, R. E. (1988). Factors influencing silage quality and their implications for management. *Journal of Dairy Science*, 71, 2992-3002.
- Muck, R. E. et al. (2018). Silage review: Recent advances and future uses of silage additives, *Journal of Dairy Science. American Dairy Science Association*, 101(5), pp. 3980–4000. doi: 10.3168/jds.2017-13839
- Oliveira A. S., et al. (2017). Meta-analysis of effects of inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy cows', *Journal of Dairy Science. American Dairy Science Association*, 100(6), pp. 4587–4603. doi: 10.3168/jds.2016-11815.
- Orona Castillo I., Sangerman Jarquín D. M., Antonio González, J., Salazar Sosa E., García Hernández J. L., Navarrobravo A., Schwentesius De Rindermann R. (2013). Proyección económica de unidades representativas de producción en caprinos en la Comarca Lagunera, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4, 625–636.
- Oude S., Dreihuis F., Gottschal J.C., Spoelstra S.F. (2000). Silage fermentation processes and their manipulation. In: Mannetje, L't (Ed.), *Silage Making in the Tropics with Particular Emphasis on Smallholders. Proceedings of the FAO Electronic Conference on Tropical Silage*, 1 September–15 December, Rome, Italy
- Pahlow G., Muck R., Dreihuis F., Oude S., Spoelstra S. (2003). Microbiology of ensiling. *American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America*, Madison, USA.

- Palma Hidalgo Juan Manuel. (2016). *Intervenciones nutricionales en edades tempranas para optimizar la función de la microbiota normal, la salud digestiva y la productividad animal*. [Tesis doctoral]. Universidad de Granada. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/73621>
- Parthasaraty D., Phillipson A. T. (1996) In: Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants. *J. Physiol.*, 121: 147.
- Pearson R. M., Smith J. A. B. (1996). The utilization of urea in the bovine rumen. 2. The convection of urea to ammonia. *Biochem. J.* 1966, 37: 148.
- Pérez Pérez Manuel. (2020). *Efecto de microorganismos efectivos en ensilados de rastrojo de maíz con lactosuero, melaza y urea: fermentación ruminal y digestibilidad in vitro e in vivo en ovinos*. [Tesis de Licenciatura. Médico Veterinario Zootecnista. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://132.248.9.195/ptd2021/abril/0811463/Index.html>
- Pittroff W. (2004). Perspectives for goat production. In: *Memorias de la XIX Reunión Nacional sobre Caprinocultura*. Acapulco, Guerrero. México. México, D. F. 28-43 pp.
- Pramod Kumar Rout, A. K. (2020). *Goat production and supply chain management in the tropics*. Boston, USA: *CABI*.
- Ramírez Lozano Roque Gonzalo. (2017). *Principios De Nutrición De Rumiantes*. EE. UU.: Palibro. (Primera Edición).
- Rapetti L., Bava L. (2008): Feeding Management of Dairy Goats in Intensive Systems. In: *Dairy goats feeding and nutrition*. Edited by Antonello Cannas and Giuseppe Pulina. *CAB International, Wallingford, UK*, 221-238.
- Rey M., Enjalbert F., Monteils V. (2012). Establishment of ruminal enzyme activities and fermentation capacity in dairy calves from birth through weaning. *Journal of Dairy Science*, 95(3), 1500–1512
- Reynolds C. K., Düst B., Lupoli B., Humphries D. J., Beever D. E. (2004). Visceral Tissue Mass and Rumen Volume in Dairy Cows During the Transition from Late Gestation to Early Lactation. *Journal of Dairy Science*, 87(4), 961–971.
- Romero L.A., Comerón E.A., Bruno O.A., Gagliotti M.C., Quiano O.R. (2004). *El ensilaje de sorgo granífero en la alimentación de vacas lecheras*. Proyecto regional de lechería. Campaña forrajes conservados 2003-2004. INTA Rafaela. Publicado en

internet, disponible en <http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/cfc/doc8.pdf>. Activo marzo 2015.

Rooke J. A., Hatfield R. D. (2003). Biochemistry of ensiling. Silage *Science and Technology*, 42, 95-139.

Russell J.R. (1986). Influence of harvest date on the nutritive value and ensiling characteristics of maize stover. *Anim. Feed Sci. Technol.* 14:11-27.

S. Yildiz., S. Erdoğan (2018). Using of sunflower silage instead of corn silage in the diets of goat. *Indian J. Anim. Res.*, 52(10) 2018: 1446-1451

SADER. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural [Página de internet] *La Caprinocultura en México*; [Actualizado 2017] [Citado octubre 2022]. Disponible en la URL: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/la-caprinocultura-en-mexico>

SAGARPA. (2007-2012). Publicaciones SAGARPA, Programa Nacional Pecuario 2007 - 2012. Recuperado el 08 de 10 de 2015, de <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Programa%20Nacional%20Pecuario/Attachments/1/PNP260907.pdf>

Salinas Gonzalez H., Meza Herrera C. A., Esareño Sanchez Lm., EchavarríaCháirez F.G., Maldonado Jáquez J.A., Pastor López F.J. (2015). Sistemas de producción caprinos carne-leche: Tendencias Productivas en México y el mundo. En, Enfermedades de las cabras, compilado por Díaz Aparicio E., Tórtora Pérez J.L., Palomares Resendiz E.G., Guitierrez Hernandez J.L., 3-22. *Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias*.

Salinas Jiménez J. (2018). *Investigación gestión y optimización de la producción animal para la caprinocultura en México*. [Tesis de Licenciatura, Ingeniero Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México] <http://132.248.9.195/ptd2018/febrero/0770904/0770904.pdf> .

Santos García J. A., Juárez Cruz D. I., Sosa Gutiérrez D. S., Herrera Corredor J. A., Cabal Prieto A., Castillo Zamudio R. I., De Jesús Ramírez-Rivera E. (2023). Efecto de la alimentación bovina en aspectos sensoriales y emociones del consumidor de queso fresco. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 9(1).

SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2021). Manual de buenas prácticas pecuarias de producción de leche caprina. 2011. Recuperado de <http://publico.senasica.gob.mx/?doc=21454>. (Citado en febrero 2021).

- SIAP. (2011). Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. México. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/>. (Consultado en marzo de 2011).
- SIAP. Secretaría de Información Agrícola y Pesquera. (Actualizado en 2016). Los Caprinos o Chivos. Recuperado de <https://www.gob.mx/siap/articulos/caprinos-o-chivos>. (Citado en octubre 2022).
- SIAP. Secretaría de Información Agrícola y Pesquera. (Actualizado en 2022). Población Ganadera, descargar Inventario 2021 Caprino. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/744952/Inventario_2021_caprino.pdf. (Citado en octubre 2022).
- SIAP-SAGARPA. (2016). *Carne y leche de cabra*. Productions.
- Siciliano Jones J. (1997). Using in situ data in ration formulation. F. A. R. M. E. Institute Inc., and Normand St. Pierre. *The Ohio State University*.
- Snežana Paskaš., Jelena Miočinović., Branislav Vejnović., Zsolt Becskei. (2019). The nutritional quality of feedstuffs used in dairy goat nutrition in Vojvodina. January 2019; *Biotechnology in Animal Husbandry* 35(2):163-178.
- Soto Martín Eva Cristina. (2011). *Evaluación de la fermentación y la microbiota ruminal, promovida por dietas convencionales y no convencionales en caprino y en sistemas in vitro*. [Tesis de Grado doctoral. Universidad de granada] <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=62745>
- Soto Pacheco, J. M. (2005). Hidróxido de Sodio en la digestibilidad y los indicadores bioquímicos ruminales. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*, 6(2),
- Teixeira Franco R., Buffière P., Bayard R. (2016). Ensiling for biogas production: Critical parameters. A review. *Biomass and Bioenergy*, 84, 94-104.
- Titterton, M., & Bareeba, F. (2001). *Ensilaje de gramíneas y leguminosas en los trópicos*, pp. 53-56. En L. Mannelje (Ed.), *Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos*. Serie estudios FAO. Producción y protección vegetal 161. FAO, Roma, 189 p.
- Toledo Víctor. (2003). Ecología, espiritualidad y conocimiento. México, *PNUMA y Universidad Iberoamericana*.
- Trejo González A.A., Martínez M.M. (2019). Producción caprina en México. Borrego y Cabra internacional, *TVAGRO centro América*. No.1

- Van Soest P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Ithaca, NY, EEUU: *Cornell University Press*.
- Vázquez García Verónica. (2015). Ganado menor y enfoque de género. Aportes teóricos y metodológicos. *agric. soc. desarro, Texcoco* , v. 12, n. 4, p. 515-531, dic.
- Warner A C I. (1965). Factors influencing numbers and kinds of microorganisms in the rumen. *In Physiology of Digestion in the Ruminant*. Dougherty. Ed. Butterworth, 346-359.
- Weinberg Z. G., Szakacs G., Ashbell G., Hen Y. (2001). The effect of temperature on the ensiling process of corn and wheat. *Journal of Applied Microbiology*, 90(4), 561-566.
- Weinberg Z.G., Ashbell, G. (2003). Engineering aspects of ensiling. *Biochemical Engineering Journal*, 13, 181-188.
- Yanti, C., & Henuk, Y. L. Ginting. (2019). *Contenido de fracción de fibra de forraje completo a base de ensilaje de maíz de desecho (Zea mays) en el proceso de fermentación con microorganismo local Probiótico MOIYL*. Serie de conferencias IOP: Ciencias de la tierra y el medio ambiente, 260(1), 012044.
- Yvon, M., Pélissier, J., Guilloteau, P., & Toullec, R. (1985). III. Amino acid compositions of the digesta leaving the abomasum. *Reproduction, Nutrition, Development*. 25(1B), 251-260.
- Zebeli Q., Aschenbach J. R., Tafaj M., Boguhn J., Ametaj B. N., Drochner, W. (2012) Role of Physically Effective Fiber and Estimation of Dietary Fiber Adequacy in High-Producing Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 95 (3), 1041-1056.