



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

**OLOTE Y ASERRÍN DE PINO AMONIFICADOS COMO FUENTES DE
FIBRA EN BORREGOS DE ENGORDA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

ANTONIO HERNÁNDEZ LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. MARCOS PÉREZ SATO

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre 2019



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

**OLOTE Y ASERRÍN DE PINO AMONIFICADOS COMO FUENTES DE
FIBRA EN BORREGOS DE ENGORDA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

ANTONIO HERNÁNDEZ LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. MARCOS PÉREZ SATO

ASESORES

DR. EUTIQUIO SONI GUILLERMO

DR. NUMA POMPILIO CASTRO GONZÁLEZ

DR. EDGAR VALENCIA FRANCO

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre 2019

La presente tesis titulada: “**Olote y aserrín de pino amonificados como fuentes de fibra en borregos de engorda.**”, realizada por Antonio Hernández López, ha sido revisada y aprobada por el siguiente Consejo Particular, para obtener el título de:

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

Facultad de Ingeniería Agrohidráulica

Consejo Particular integrado por:

Firmas

Director: Dr. Marcos Pérez Sato

Handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. Pérez Sato', with a horizontal line underneath.

Asesor: Dr. Eutiquio Soní Guillermo

Handwritten signature in blue ink, appearing to read 'E. Soní Guillermo', with a horizontal line underneath.

Asesor: Dr. Numa Pompilio Castro González

Handwritten signature in blue ink, appearing to read 'N. Castro González', with a horizontal line underneath.

Asesor: Dr. Edgar Valencia Franco

Handwritten signature in blue ink, appearing to read 'E. Valencia Franco', with a horizontal line underneath.

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre 2019

El presente trabajo de investigación forma parte del Cuerpo Académico denominado: **“Producción Pecuaria Integral”** y de la Línea de Investigación: **Producción Integral de Rumiantes y No rumiantes**. Dicho trabajo fue financiado con recursos propios.

DEDICATORIAS

A mi mamá: Marife López Castelán gracias por ser la mejor mama, gracias a la educación, los regaños, los consejos y tu apoyo que me has dado todos estos años, hoy soy lo que soy. Cada día valoro mas, todos los sacrificios que has hecho por mí y por mis hermanos, gracias a eso me has dado lo mejor que me ha permitido llegar hasta donde estoy. Gracias a que me has dicho que todo se puede lograr, con trabajo, esfuerzo y sacrificio, es por eso que hoy te dedico este logro tan importante para mí, que es el haber terminado mi carrera, aunque no fue nada fácil, estoy seguro que te hará sentirte muy orgullosa de mí, así como yo lo estoy de ti por ser mi **MAMÁ**.

A mis hermanos: Raymundo, Juan, José Gabriel y Juan Manuel por el apoyo que me han brindado en todo momento, ustedes son otro motivo de inspiración más para poder conseguir lo que deseo.

A mis amigos: Doris González Jaimez, Roció Martínez Parra y Bernardo Hernández Piñan con quienes he tenido una buena amistad desde que los conocí hasta la fecha, razón por la cual los considero mis mejores amigos.

*Lo que hoy parece un sacrificio,
mañana terminara siendo el mayor éxito de tu vida.*

*El éxito en la vida no se mide por lo que has logrado,
sino por los obstáculos que has tenido que enfrentar en el camino*

Mahatma Gandhi

AGRADECIMIENTOS

Gracias a **dios** por darme la bendición de llegar hasta donde he llegado, iluminando mi camino con buena salud para disfrutar de la compañía de mis seres queridos y por darme la fuerza necesaria para poder superar cualquier obstáculo que se me presente en el camino manteniendo la fe y esperanza, sobre todo.

A la **Benemérita Universidad Autónoma de Puebla** y en especial al programa de **Ingeniería Agronómica y Zootecnia** perteneciente a la **Facultad de Ingeniería Agrohidráulica** por abrirme las puertas y brindarme las facilidades para poder alcanzar una meta trazada en mi vida, así mismo gracias a todos los maestros de la carrera que contribuyeron con mi formación profesional con sus conocimientos y consejos compartidos que me serán de gran utilidad en el futuro.

Al **Dr. Marcos Pérez Sato** gracias por la confianza, el apoyo y la disponibilidad para la realización de la presente tesis, así como por los conocimientos impartidos en clase y por su amistad.

Al **Dr. Eutiquio Soni Guillermo, Dr. Numa P. Castro González y Dr. Edgar Valencia Franco** por su apoyo en la revisión y redacción de la tesis, así como por sus conocimientos y consejos que contribuyeron con mi formación profesional.

A **Almadelia Cerezo Cano**, gracias por darme tu amistad, tu apoyo y tus buenos consejos, que me brindaste durante la última etapa de tu estancia en la universidad, que me han servido para poder terminar la carrera y que los seguiré teniendo presentes. Gracias por todo Almita.

A **Cinthy H. Rivera** por darme tu amistad y tu apoyo incondicional que me diste durante todos los años que estuve en la universidad. Así mismo gracias por permitirme conocerte y estar cerca de ti y de tu pequeña hija **Emma H. Rivera**, con quienes he pasado momentos muy bonitos, asimismo gracias por abrirme las puertas de tu casa donde conocí a tu mamá Rosa, tu tía Tere y tu prima Regina. **“Simplemente gracias” Señorita Cinthya H. Rivera...**

A mis amigos y compañeros de la generación 2014: C. Edgar Salvador Asención, Edgar A. Hernández Hernández, Rigoberto Rosas Olivares, Marco Tulio Fuentes de María Torres, S. Samuel Silva Morales, Sadith Bonilla Bonilla, Laura Cecilia Herrera Rodríguez, Anahy Galindo Reyes, Daheli A. Ocelot Alvarado, Miguel Carmona Gómez, Víctor M. Llamas Rodríguez, María de los Ángeles Huerta Castro, Luz E. Hernández Parra y Rene Pimentel González.

A doña Gina, a Martita, a Gis y a todos aquellos que me dieron su amistad en la universidad.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. HIPÓTESIS	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1 Situación actual de la ovinocultura en México	5
4.2 Inventario nacional de ovinos	5
4.3 Consumo de carne de ovino	6
4.4 Sistemas de producción de ovinos	6
4.4.1 Sistema de producción extensivo	6
4.4.2 Sistema de producción semi-estabulado	7
4.4.3 Sistema de producción estabulado	7
4.5 Razas de ovinos presentes en México	8
4.6 Características de los ovinos Black Belly	8
4.7 Alimentación de los ovinos	9
4.7.1 Engorda de ovinos en confinamiento	9
4.8 Importancia de la fibra para los rumiantes	9
4.9 Fuentes de fibra convencionales	10
4.10 Producción de esquilmos agrícolas en México	10
4.11 Fuentes alternas de fibra	11
4.12 Métodos para el tratamiento de los forrajes	11
4.12.1 Método físico	12
4.12.2 Método químico	13
4.12.3 Método biológico	14
4.13 Amonificación	14

4.13.1	Proceso de amonificación	15
4.13.2	Factores que influyen en el proceso de la amonificación.....	15
4.13.3	Duración del tratamiento.....	15
4.13.4	Efecto de la humedad.....	16
4.13.5	Efecto de la temperatura.....	16
4.14	Residuos de la industria forestal	16
4.14.1	Uso del aserrín en la alimentación de rumiantes.....	17
4.15	Olote de maíz	18
V.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
5.1	Localización	20
5.1.1	Clima	20
5.2	Proceso de amonificación	21
5.3	Dietas y tratamientos.....	21
5.4	Animales, alojamiento y alimentación.....	22
5.5	Variables evaluadas.....	23
5.5.1	Consumo de materia seca (CMS).....	23
5.5.2	Ganancia diaria de peso (GDP).....	23
5.5.3	Conversión alimenticia (CA)	23
5.5.4	pH ruminal	23
5.6	Diseño experimental y análisis estadístico.....	24
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
6.1	Consumo de materia seca (CMS).....	25
6.2	Ganancia diaria de peso (GDP).....	26
6.3	Conversión alimenticia (CA)	28
6.4	pH ruminal	29
VII.	CONCLUSIÓN.....	32
VIII.	LITERATURA CITADA	33

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Ingredientes y composición de las dietas experimentales (g kg MS ⁻¹).....	22
Cuadro 2. Consumo de materia seca (kg MS d ⁻¹) de borregos en engorda alimentados con rastrojo de maíz, olote y aserrín de pino sin y con amonificar.	26
Cuadro 3. Ganancia diaria de peso (g animal d ⁻¹) de borregos en engorda alimentados con rastrojo de maíz, olote y aserrín de pino sin y con amonificar.	28
Cuadro 4. Conversión alimenticia de borregos en engorda alimentados con rastrojo de maíz, olote y aserrín de pino sin y con amonificar.	29
Cuadro 5. pH ruminal de borregos en engorda alimentados con rastrojo de maíz, olote y aserrín de pino sin y con amonificar.	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Localización geográfica del municipio de Tlatlauquitepec, Puebla.	20

RESUMEN

En la engorda de borregos, la fibra puede constituir hasta el 40 % de la dieta, sin embargo, las fuentes comunes como el rastrojo de maíz, no están disponibles todo el año. Con la finalidad de utilizar fuentes alternas de fibra, el objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto de la inclusión de olote de maíz y aserrín de pino, amonificados y sin amonificar como fuentes de fibra, sobre los parámetros productivos: ganancia diaria de peso (GDP), consumo de materia seca (CMS), conversión alimenticia (CA) y pH ruminal. Se utilizaron 30 ovinos machos (Black Belly) con un peso vivo inicial de 22 ± 3 kg, los cuales fueron distribuidos en un diseño completamente al azar, con cinco repeticiones por tratamiento, los datos se analizaron con una prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Los tratamientos experimentales evaluados fueron: T1 (testigo) = 15 % rastrojo de maíz sin amonificar (RSA), T2 = 15 % rastrojo de maíz amonificado (RA), T3 = 15 % olote sin amonificar (OSA), T4 = 15 % olote amonificado (OA), T5 = 15 % aserrín de pino sin amonificar (ASA) y T6 = 15 % aserrín de pino amonificado (AA). La fase experimental tuvo una duración de 60 días con un periodo de adaptación previo de 10 días. De acuerdo con los resultados obtenidos, no se encontraron diferencias significativas ($P \geq 0.05$) para las variables productivas ganancia diaria de peso, consumo de materia seca, conversión alimenticia y pH ruminal. Por lo tanto, el olote de maíz y el aserrín de pino amonificados y sin amonificar, representan una alternativa para sustituir al rastrojo de maíz hasta en un 15 % como fuente de fibra, sin afectar los parámetros productivos.

Palabras clave: *Ovis aries*, fibra, amonificación, olote de maíz, aserrín de pino.

ABSTRACT

In the fattening of sheep, fiber can constitute up to 40 % of the diet, however, common sources such as corn stubble are not available year round. In order to use alternate sources of fiber, the objective of the present research work was to evaluate the effect of the inclusion of corn cob and pine sawdust, ammonified and without ammonification as sources of fiber, on the productive parameters: daily weight gain (DWG), dry matter consumption (DMC), food conversion (FC) and ruminal pH. Thirty male sheep (Black Belly) with an initial live weight of 22 ± 3 kg were used, which were distributed in a completely randomized design, with five repetitions per treatment, the data were analyzed with a Tukey test ($P \leq 0.05$). The experimental treatments evaluated were: T1 (control) = 15 % corn stubble without ammonification (RSA), T2 = 15 % ammonified corn stubble (RA), T3 = 15 % corn cob without ammonification (OSA), T4 = 15 % ammonified corn cob, T5 = 15 % pine sawdust without ammonification and T6 = 15% ammonified pine sawdust (AA). The experimental phase lasted 60 days with a prior adaptation period of 10 days. According to the results obtained, no significant differences ($P \geq 0.05$) were found for the productive variables daily weight gain, dry matter consumption, food conversion and ruminal pH. Therefore, the corn cob and pine sawdust ammonified and without ammonification, they represent an alternative to replace the corn stubble by up to 15% as a source of fiber, without affecting the productive parameters.

Key words: *Ovis aries*, fiber, ammonification, corn cob, pine sawdust.

I. INTRODUCCIÓN

En la formulación de dietas concentradas para la engorda de corderos, los materiales fibrosos pueden llegar a constituir hasta el 40 % de la dieta, contribuyendo a mantener el funcionamiento normal del rumen (Church, 1988). La principal fuente de fibra para los rumiantes son los esquilmos agrícolas, principalmente los generados por los cereales como el maíz, sorgo, trigo y cebada (SAGARPA, 2015), por lo que es común su uso en la alimentación del ganado (Macedo, 2000; Reyes *et al.*, 2013), a pesar de tener un bajo contenido nutricional y baja digestibilidad, debido a su forma y composición química se ha sugerido aplicar procesos o tratamientos físicos, químicos y biológicos a los esquilmos para mejorar su valor nutricional y digestibilidad, de lo contrario la eficiencia en su utilización es menor del 50 % (Fuentes *et al.*, 2001).

La amonificación es una técnica (físico-química) que permite mejorar el valor nutricional y digestibilidad de los forrajes, además permite incrementar los niveles de proteína con nitrógeno proveniente de la urea cuando se usa como fuente de amoníaco (Pérez, 2015; Reyes, 2018; Montenegro *et al.*, 2018). Además de ser un procedimiento práctico y efectivo, es accesible para los pequeños productores, debido al bajo costo de la urea por lo que es común su uso en la fertilización de los cultivos (Oji *et al.*, 2007) así como fuente de nitrógeno no proteico en dietas concentradas para la alimentación de rumiantes (Castañeda-Serrano *et al.*, 2013).

En México, la producción de esquilmos está relacionada directamente con la producción de granos, debido a los bajos rendimientos productivos y económicos que estos generan, ha generado un proceso de transición de la agricultura hacia una mayor contribución en la producción ganadera, ocasionando que el abasto de los subproductos agrícolas como el rastrojo de maíz, paja de avena, de trigo y de cebada sea insuficiente, teniendo un incremento considerable su costo, además no están disponibles durante todo el año (Guerra-Medina *et al.*, 2010). Razón por la cual se han evaluado fuentes alternas de fibra, con mayor disponibilidad, menor costo, capaces de sustituir a las fuentes convencionales en la alimentación de los rumiantes como las vainas de arroz (White y Reynolds, 1969), papel (Hansen *et al.*, 1969), periódico (Daniels *et al.*, 1970), envases de polietilentereftalato (PET) molidos (Cobos *et al.*, 2011) y aserrín (El-Sabban *et al.*, 1972; Slyter y Kamstra 1974; Guerra-Medina *et al.*, 2014).

En el caso del aserrín, es el residuo que más destaca dentro de la industria del aserrío, en México anualmente se procesan más de 8 millones de metros cúbicos de madera, de los cuales 70 % se

destina al aserrío, generando alrededor de 2.8 millones de metros cúbicos de aserrín (SEMARNAP, 2008). Aunque este subproducto forestal tiene algunos usos, actualmente no hay alternativas para su uso a gran escala, por lo tanto para reducir su acumulación dentro de los aserraderos normalmente se regala y/o vende a precios mínimos (Fregoso-Madueño *et al.*, 2017).

Por otro lado el olote de maíz, es un subproducto agrícola que se genera en grandes cantidades durante el proceso de separación del grano de la mazorca y se estima que por cada tonelada de maíz se obtienen 170 kg de olote (CIMMYT, 1995). Entre los usos que han sido reportados por la literatura se encuentra su aplicación como forraje para rumiantes, sin embargo, hay pocos estudios donde se haya evaluado como fuente alterna de fibra para rumiantes.

Por lo anterior la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la inclusión de olote de maíz y aserrín de pino amonificados y sin amonificar como fuentes de fibra en dietas para la alimentación de borregos en engorda.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la inclusión de olote de maíz y aserrín de pino amonificados y sin amonificar, como fuentes de fibra en dietas para la alimentación de borregos en engorda.

2.2 Objetivos específicos

Determinar los parámetros productivos de los borregos alimentados con olote de maíz y aserrín de pino amonificados y sin amonificar.

Determinar el efecto de la inclusión de olote de maíz y aserrín de pino amonificados y sin amonificar en el mantenimiento de las condiciones de pH del rumen.

III. HIPÓTESIS

La inclusión olote de maíz y aserrín de pino amonificados en dietas para la alimentación de borregos en engorda, representarán una alternativa para sustituir al rastrojo de maíz como fuente de fibra, sin afectar los parámetros productivos.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Situación actual de la ovinocultura en México

En México, la producción de ovinos se realiza en casi todo el territorio nacional, representado una fuente de trabajo para muchas familias, se lleva a cabo en diferentes sistemas de producción cuyas diferencias son el tipo de raza y/o cruzamiento utilizados, la alimentación, la edad y el peso de los animales que demanda el mercado (Gómez, 2009).

La ovinocultura en los últimos años ha tenido un crecimiento continuo en el país, a pesar de ir avanzando en mejorar la productividad de los ovinos, aún no ha sido suficiente, puesto que solo se produce el 70 % de la carne que se consume a nivel nacional, debido al insuficiente número de vientres y a la baja eficiencia productiva de las unidades de producción (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Información (INEGI), 2006). Por lo que el déficit de carne es cubierto con las importaciones de ganado en pie, generalmente son ovinos de desecho, procedentes principalmente de Estados Unidos, así como de la importación de carne fresca, refrigerada o congelada procedentes de Nueva Zelanda y Australia (Castro y Guerrero, 2010).

En México la ovinocultura, actualmente está orientada principalmente a la producción de carne, por lo que la producción de ovinos destinados para el abasto de carne, se realiza en confinamiento de los animales en áreas reducidas, con razas especializadas donde la alimentación es a base de dietas altas en granos y bajas en forrajes, con el propósito de obtener mayores ganancias de peso en un periodo de engorda más corto (Suárez, 2014).

4.2 Inventario nacional de ovinos

De acuerdo con información del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2017), la población de ganado ovino se ha incrementado de forma continua pasando de 7, 757,267 en el año 2008 a 8, 902,451 en el año 2017. La mayor población de ovinos se encuentra distribuida en la zona centro con 55 %, mientras que el resto se encuentra en la zona norte con 23 %, en la zona sur con 16 % y en el trópico con 6 %, en el caso de la zona centro, los estados con mayor participación nacional son México (16.28 %), Hidalgo (13,65 %), Veracruz (7.81 %), Oaxaca (5.86 %), Puebla (5.67 %), y Zacatecas (4.79 %).

4.3 Consumo de carne de ovino

En México, el 95 % del total de la carne de ovino se consume a través de los platillos típicos, conocidos como barbacoa y mixiotes, siendo las entidades del centro del país (Estado de México, Ciudad de México, Puebla, Hidalgo, Querétaro y Tlaxcala), donde se tiene un mayor consumo de estos dos platillos, mientras que el 5 % restante de la carne es consumida en otras regiones del país en platillos como: al pastor, cordero lechal, birria, sustituto de cabrito y en cortes (Partida *et al.*, 2013).

4.4 Sistemas de producción de ovinos

En México la producción de ovinos se desarrolla en diferentes regiones del país, sin embargo, los sistemas de producción de ovinos son muy heterogéneos, por lo que se pueden encontrar diferentes sistemas, los cuales se desarrollan bajo pastoreo y en estabulación de los animales, o mediante la combinación de estas dos modalidades, de acuerdo a su intensidad estos pueden ser extensivos, semi-intensivos e intensivos, que se diferencian uno de otro por el objetivo de la producción (pie de cría o para abasto de carne), tamaño de los rebaños, la inversión económica, el tiempo que permanecen los ovinos en el corral en el caso de los animales destinados para el abasto de carne, la forma de alimentar y el tipo de alimento que consumen entre otras (Vázquez *et al.*, 2018).

4.4.1 Sistema de producción extensivo

En el centro del país el sistema de producción de ovinos que predomina es el de tipo extensivo, es este tipo de unidades el objetivo de la producción es el ahorro y la capitalización de la unidad de producción, se utilizan cruza de ovinos de Suffolk, Criollos y otras razas, donde la alimentación del rebaño consiste prácticamente en el aprovechamiento de la vegetación natural y de los residuos de las cosecha de los cultivos de temporal, la mano de obra es de tipo familiar y se emplea en el manejo del rebaño y el principal producto comercializado son corderos para abasto y en menor proporción ganado para pie de cría (Vázquez *et al.*, 2009).

El tamaño de los rebaños es sumamente variable, por lo que es posible encontrar rebaños de 10 a más de 200 cabezas, mientras que el objetivo de este sistema es producir corderos para la venta, a un peso vivo entre 20 y 22 kg, por lo que los vientres son el componente biológico más importante del sistema y para el productor (Castro y Guerrero, 2010).

Según la forma de alimentar al rebaño de ovinos, este sistema de producción se puede dividir en dos subsistemas: pastoreo exclusivamente en agostadero donde los ovinos se alimentan solo de la vegetación disponible y rastrojo de maíz y por otro lado está el pastoreo en agostadero con suplementación en corral con granos y residuos agrícolas molidos, debido a la baja disponibilidad de vegetación en el agostadero. En ambos subsistemas se dispone de alimentos ricos en fibra y energía pero se carece de alimentos que proporcionen proteína, por lo que es común encontrar dietas desequilibradas en relación a las necesidades nutritivas de los ovinos (Galaviz *et al.*, 2011).

4.4.2 Sistema de producción semi-estabulado

Es una combinación entre el sistema extensivo y el intensivo, en el cual la producción se basa en el pastoreo de la vegetación natural o de praderas inducidas, con especies forrajeras de alto valor alimenticio y por la noche los animales son estabulados donde reciben pequeñas cantidades de concentrado, se realizan prácticas zoonosanitarias como es la desparasitación, la aplicación de vacunas, el tamaño de los rebaños es de 100 a 600 vientres y el objetivo de la producción es la cría de corderos para el abasto de carne y para la producción pie de cría (Castro y Guerrero, 2010).

4.4.3 Sistema de producción estabulado

En México hay pocos sistemas de producción estabulados y la mayoría se encuentran principalmente en la zona centro, estos sistemas se caracterizan por tener un alto grado de tecnificación, por lo que ya son considerados como empresas productivas. En este sistema se utilizan programas productivos considerando las diferentes etapas fisiológicas de los animales, el tamaño de los rebaños es de más de 600 vientres y los objetivos de este sistema son la cría de corderos para el rastro y para pie de cría, la alimentación es a base de dietas balanceadas y forrajes de alta calidad nutricional (Galaviz *et al.*, 2011).

Los corderos utilizados en las engordas son de un peso vivo entre 18 y 22 kg, los cuales alcanzan un peso entre 36 y 40 kg de peso vivo, teniendo rendimientos de la canal del 50 a 60 %. En este sistema se cuida la eficiencia productiva del rebaño, se hacen grandes inversiones económicas, se usan instalaciones y tecnología avanzada, apropiados para los ovinos y reciben asesoría técnica profesional. El objetivo es producir animales para abasto o para pie de cría, buscando en todo momento la rentabilidad del sistema (Martínez *et al.*, 2010).

4.5 Razas de ovinos presentes en México

En México la cría de ovinos ha formado parte de la cultura de los productores del campo, la industria ovina a lo largo de los años ha cambiado en función de la distribución de la tierra y de sus objetivos de producción, en la actualidad, la producción de ovinos está orientada principalmente a la producción de carne; razón por la cual, los criadores nacionales trabajan intensamente en el mejoramiento genético de las distintas razas para mejorar su potencial productivo, garantizando un buen desempeño y rentabilidad del ganado (Suárez, 2014).

De acuerdo Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos (AMCO, 2007) las principales razas explotadas en México de forma intensiva son: Rambouillet, Dorset, Hampshire, Suffolk, Katahdin, Pelibuey, Black Belly, Saint Croix y Dorper, que componen prácticamente el total del inventario nacional de ovinos. Además, existen pequeños núcleos de: Romanov, Texel, East Friesian, Damara, Charollais, Ile de France, Polypay, Columbia y el ovino criollo. Cabe destacar que en lo últimos años ha cambiado la composición genética del rebaño nacional, con una acentuada participación de los ovinos de pelo, mismos que representan el 80 % de los ovinos que se registran en el país.

4.6 Características de los ovinos Black Belly

La raza Black Belly, también conocida como panza negra, son ovinos de pelo de talla media, se caracterizan por ser animales muy rústicos, prolíficos, no estacionales, con excelente habilidad materna y abundante producción de leche que le permiten a las hembras criar dos o tres corderos con facilidad si cuentan con una adecuada alimentación. Su pelo puede ir desde el color negro, pasando por los tonos de café, hasta el blanco con amarillo. La coloración negra cubre abajo de la quijada, la barbilla, la garganta, el pecho, toda la panza, la parte interior de las

piernas y se extiende como una línea angosta a lo largo de la parte inferior de la cola hasta cerca de su punta. Las hembras adultas llegan a pesar entre 35 y 45 kg mientras que los machos adultos pueden alcanzar pesos entre 50 y 80 kg, las crías pueden tener pesos de 2.5 a 3 kg (AMCO, 2007).

4.7 Alimentación de los ovinos

El costo más grande asociado con la producción de ovinos es la alimentación, la dieta de un ovino se compone principalmente de pastos y granos de cereales de donde se obtienen proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales. La alimentación de un borrego varía dependiendo del tipo y la finalidad productiva de la explotación, ya que de ellos dependen factores y tipo de materias primas que se utilicen (SAGARPA, 2015).

4.7.1 Engorda de ovinos en confinamiento

La engorda de corderos en confinamiento se utilizan dietas elaboradas a base de alimentos energéticos y proteicos de alta digestibilidad, en combinación con sales minerales. La cantidad de alimento y nutrientes que reciben los corderos en engorda está en función de la raza, ganancia de peso, peso vivo y edad del cordero, para que los corderos tengan altas ganancias de peso deben consumir entre el 4 y 5 % de su peso vivo (Ortega y Bores, 2000).

4.8 Importancia de la fibra para los rumiantes

La fibra, como nutriente, contribuye al mantenimiento del funcionamiento ruminal (llenado ruminal y estímulo de contracciones ruminales) y de las condiciones ruminales (regulación del pH, a través de la secreción de saliva dependiente de la masticación y la rumia). Estas dos funciones dependen de la composición, la degradabilidad y la forma de presentación de la fibra, así como del tiempo de rumia. Por otro lado, la fibra supone un inconveniente, en el sentido que limita el contenido energético de las raciones (baja digestibilidad) y la ingestión. En la formulación correcta de raciones se debe buscar el equilibrio entre la ingestión máxima de materia seca y el mantenimiento de las funciones y condiciones normales del rumen aportando niveles mínimos de FDN y FDA (Church, 1988).

4.9 Fuentes de fibra convencionales

Las actividades agropecuarias y agroindustriales dan origen a una serie muy amplia de esquilmos y subproductos que se pueden emplear de diversas maneras para formular alimentos para los animales, los principales esquilmos derivan en su mayor parte de cultivos de cereales que son el principal alimento de los rumiantes, sobre todo en épocas de escasez de forraje verde (Reyes *et al.*, 2013).

El cultivo del maíz es el que contribuye con un mayor volumen de esquilmos agrícolas, por lo que 85 % del rastrojo de maíz producido en el país se utiliza para la alimentación de los rumiantes, de éste porcentaje, el 32 % se consume en pastoreo directo, además, existe un volumen importante de pajas de sorgo, trigo, frijol, arroz, cebada, soya, cáscara de algodón y subproductos de la industria azucarera como melaza, puntas de caña y bagazos que forman parte de los esquilmos de los cereales y son usados para para alimentación de los rumiantes (Macedo, 2000).

Al respecto, Fuentes *et al.* (2001) señalan que en México es común la utilización del rastrojo de maíz como alimento para rumiantes, a pesar de su escaso valor nutrimental, baja digestibilidad y alto contenido de fibra, debido a su estado de lignificación, aun cuando existen métodos para incrementar su eficiencia en la alimentación ganadera.

4.10 Producción de esquilmos agrícolas en México

Los esquilmos son subproductos derivados de las actividades agrícolas y son importantes por su uso como alimento en la ganadería en especial en áreas de temporal. En México se producen más de 70 millones de toneladas de residuos agrícolas, de los cuales 45 millones de toneladas son esquilmos agrícolas, los cuales se obtienen de los cereales, provenientes de diez cultivos; entre ellos, los principales son el maíz con una participación de alrededor de 25.5, sorgo 6.6, trigo 4.5 (millones de t) y cebada 640 mil t (SAGARPA, 2015).

Once estados aportan alrededor del 80 % de la producción total de esquilmos agrícolas en el país derivados de los cultivos de maíz, sorgo, trigo y cebada los cuales son Sinaloa con una participación de 17.3 %, Guanajuato (10.2 %), Jalisco (10 %), Tamaulipas (9.1 %), Michoacán (6.5 %), Sonora (6.1 %), Chiapas (4.7 %), Estado de México (4.4 %), Guerrero (4.3 %), Veracruz (3.9 %) y Chihuahua (3.8 %) (SAGARPA, 2015).

4.11 Fuentes alternas de fibra

En México la producción de esquilmos está relacionada directamente con la producción de granos, sin embargo, la baja productividad en la agricultura, lo cual resulta en menores rendimientos, altos costos de producción, baja rentabilidad, menores ingresos económicos para los productores y en consecuencia el deterioro de la calidad de vida del medio rural. Ha provocado en diversas regiones de México, un proceso de transición de la agricultura hacia una mayor contribución en la producción pecuaria con el fin de mejorar los ingresos económicos de los productores y por consiguiente su calidad de vida (Reyes *et al.*, 2013).

Este cambio, ha ocasionado que cada vez sean menos las superficies destinadas para la agricultura, por lo tanto, la producción de esquilmos ha disminuido, provocando que el abasto de los esquilmos agrícolas convencionales destinados para la ganadería, como el rastrojo de maíz, paja de avena, trigo, y de cebada, sea insuficiente, teniendo un incremento considerable en su costo; además, no están disponibles durante todo el año (Guerra-Medina *et al.*, 2010).

Por lo tanto, se ha recurrido al uso de fuentes alternas de fibra, que tengan mayor disponibilidad, menor costo y que puedan sustituir a las fuentes convencionales en la alimentación animal sin afectar las variables productivas, en este sentido White y Reynolds (1969); Hansen *et al.* (1969) y Daniels *et al.* (1970) siguieron la posibilidad de usar vainas de arroz, papel y periódico respectivamente, como fuentes alternas de fibra en bovinos, sin embargo, no se les ha dado seguimiento a estos estudios, así mismo, se ha hecho uso de los subproductos forestales como el aserrín, (El-Sabban *et al.*, 1972; Slyter y Kamstra, 1974; Guerra-Medina *et al.*, 2010). Concluyendo que, con el uso de estas fuentes de fibra alternas, se puede sustituir hasta un 15 % del rastrojo de maíz, sin afectar en consumo y la ganancia de peso.

4.12 Métodos para el tratamiento de los forrajes

Los esquilmos agrícolas son los desechos que se obtienen del proceso de producción de alimentos y fibras vegetales, constituyen parte importante en la alimentación para rumiantes en las condiciones tradicionales de explotación del ganado, principalmente, en las épocas donde hay baja disponibilidad de forrajes verdes en los agostaderos, o bien, para el ganado en confinamiento en cualquier época del año. Los residuos de los cereales se caracterizan por tener un escaso valor nutrimental, alto contenido de carbohidratos estructurales (fibra) y baja

digestibilidad, debido a su estado de lignificación, por lo que han limitado su uso en la ganadería, en promedio el aprovechamiento de estos residuos por parte del ganado, oscila alrededor del 45 % del total disponible, y mediante el tratamiento de los forrajes se puede incrementar entre un 10 y 25 % su aporte de nutrientes, la digestibilidad y el consumo en el ganado, dependiendo del esquilmo tratado (Fuentes *et al.*, 2001). Las técnicas o métodos para el tratamiento de los esquilmos se pueden dividir en tres categorías: físicos, químicos y biológicos. Aunque a veces estos tratamientos requieren de una combinación entre ellos para mejorar su efectividad (Morales, 2015).

De las técnicas que se han desarrollado hasta la fecha, las que han demostrado mejores resultados sobre las pajas y rastrojos es el método químico con el uso de sustancias ácidas y alcalinas, dentro de estas últimas, la utilización de sustancias alcalinas, pero el que más se ha popularizado en los últimos años y tiene mayores ventajas es el método de la amonificación ya que es más económico que aquellos que utilizan otras sustancias químicas, además de ser una fuente de nitrógeno no proteico para los rumiantes (Torres *et al.*, 2017).

4.12.1 Método físico

El tratamiento físico consiste en tratar mecánicamente a los forrajes, los más comunes son el molido y el picado. El tratamiento mecánico no mejora la digestibilidad, pero sí incrementa el consumo voluntario de los forrajes por parte de los animales. Con el picado de los forrajes de mala calidad se pretende disminuir las pérdidas de las proporciones menos palatables, debido a la selectividad de los animales (Church, 1988), mientras que en el molido se tiene por objeto reducir el tamaño de partícula de los esquilmos e incrementar la superficie de exposición de los forrajes a la acción de los microorganismos, sin embargo, se reduce el tiempo de exposición a la flora microbiana y se disminuye la digestibilidad (Van Soest, 1994). La molienda aumenta de 15 a 20 % el aprovechamiento de los forrajes, debido a la reducción de la selectividad de los animales (Reyes *et al.*, 2013).

4.12.2 Método químico

Tratamiento ácido

Es bien sabido que la hidrólisis ácida de la biomasa lignocelulosa puede resultar una mejora en la obtención de azúcares fermentables. Ácidos tales como ácido fosfórico (H_3PO_4), ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido clorhídrico (HCl) y ácido nítrico se han utilizado para el tratamiento de materiales lignocelulósicos, aunque estos dos últimos se usan en menor proporción. De este proceso, se obtiene una fracción líquida, rica en azúcares fermentables y una fracción sólida compuesta principalmente de celulosa y lignina. El tratamiento ácido, es eficiente en la disolución de la hemicelulosa, en especial el xilano. Sin embargo, este método, no resulta efectivo para la eliminación de la lignina. Aunque son poderosos agentes para hidrólisis de la celulosa, estos ácidos en altas concentraciones (30 – 70 %) y a temperaturas menores de $40^\circ C$ son tóxicos, corrosivos y peligrosos, por lo tanto requieren de procesos resistentes a la corrosión, lo que provoca un encarecimiento de los costos. Es por esto que el tratamiento con ácido diluido es más aplicado comúnmente a temperaturas entre $120-190^\circ C$ y concentraciones de ácido sulfúrico de 0.1-1 % (Torres *et al.*, 2017).

Tratamiento alcalino

El tratamiento alcalino es capaz de separar tanto la hemicelulosa como la lignina, sin tener grandes efectos sobre los demás componentes. Los reactivos más utilizados son hidróxido de sodio (NaOH), amoníaco (NH_3), óxido de calcio (CaO), hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$) y urea ($(NH_2)_2CO$), a diferencia de los tratamientos ácidos, no necesitan temperaturas tan altas, aunque si por lo general, necesitan tiempos más prolongados de reacción (Morales, 2015).

El uso de una sustancia alcalina provoca la degradación del éster y las cadenas laterales alterando la estructura de la lignina, de esta manera se provoca una pérdida de la cristalinidad de la celulosa y una separación parcial de la hemicelulosa, además no degradan tanto los azúcares. Sin embargo, este tratamiento tiene como desventaja, que algunas bases se convierten a sus sales no pudiendo recuperarlas y algunas de estas sales pueden quedar incorporadas en la biomasa en el proceso del tratamiento (Torres *et al.*, 2017).

4.12.3 Método biológico

En este tipo de tratamientos se utilizan diferentes tipos de hongos y bacterias para reducir la cristalinidad de la biomasa lignocelulosa. El tratamiento de la biomasa con microorganismos se muestra como una técnica prometedora, ya que cuenta con varias ventajas, sin embargo los tratamientos biológicos son procesos lentos y requieren de condiciones especiales para su desarrollo (temperatura, pH, aireación, etc.), riguroso control y sustratos especiales, por lo que actualmente dicho tratamiento no es posible implantarlo en cualquier explotación a nivel de granja (Morales, 2015).

4.13 Amonificación

La amonificación es un proceso físico-químico, mediante el cual se puede tratar los forrajes con el propósito de conservarlos, además permite mejorar su valor nutricional y digestibilidad, así como incrementar los niveles de proteína (González *et al.*, 2012; Reyes, 2018; Montenegro *et al.*, 2018). Además, la amonificación permite conservar los almidones y azúcares, de alto valor energético, en la forma original en la que se encuentran en el alimento, evitando su pérdida por fermentación al convertirse en alcoholes (Botero, 2007).

En el proceso de amonificación se emplean diversos compuestos químicos como fuente de amoniaco, como lo es: el amonio anhidro (NH_3) y el hidróxido de amonio (NH_4OH), sin embargo, por ser gases derivados del petróleo, para su transporte y almacenamiento requieren de tanques especiales, mientras que su costo depende de la disponibilidad y explotación petrolera de cada país, así como la cercanía de la finca con la industria petroquímica. En la agricultura se utilizan como fertilizante (fuente de nitrógeno), los cuales son inyectados a presión en el suelo, con equipos agrícolas especializados. Entre las fuentes indirectas de amoniaco existentes en el mercado se encuentran las excretas secas de aves, la orina y la urea (Rodríguez-Romero *et al.*, 2002).

En el caso la amonificación usando urea como fuente de amoniaco, además de ser un procedimiento práctico y efectivo, es accesible para los pequeños productores, debido al bajo costo de la urea, por lo que es común el uso de la urea como fertilizante para los cultivos y praderas (Oji *et al.*, 2007), así como fuente de nitrógeno no proteico (NNP) en dietas

concentradas para la alimentación de los rumiantes, para la síntesis de proteína microbiana (Castañeda-Serrano *et al.*, 2013).

4.13.1 Proceso de amonificación

En el proceso de amonificación cuando se utiliza urea como fuente de amoníaco, la urea depende de la hidrólisis que realizan las ureasas microbianas y/o vegetales para producir amoníaco. El amoníaco (NH_3) generado por acción de bacterias (*Bacillus*, *Clostridium*, *Serratia*) u hongos (*Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*) durante la hidrólisis de la urea, reacciona con el agua de los tejidos vegetales para formar hidróxido de amonio (NH_4OH) y cierta cantidad de gas amoniacal, provocando un aumento en el pH, que a su vez promueve cambios químicos en la fracción fibrosa de los forrajes (Bravo *et al.*, 2008), debido al efecto hidrolizante del amoníaco sobre los enlaces existentes entre la lignina y los polisacáridos estructurales (celulosa, hemicelulosa, pectinas), aumenta la disponibilidad de materia orgánica potencialmente utilizable por los microorganismos ruminales, principalmente los azúcares fermentables (Torres *et al.*, 2017). Además, produce un incremento del contenido de proteína como consecuencia de la fijación del NH_3 en los tejidos vegetales (Mina *et al.*, 2018).

4.13.2 Factores que influyen en el proceso de la amonificación

La calidad y disponibilidad de los nutrientes de los forrajes tratados depende del tipo de material utilizado, época de cosecha, la relación hoja-tallo, así como del manejo agronómico que se le dio al cultivo desde la preparación del terreno hasta la cosecha del producto final (Botero, 2007).

4.13.3 Duración del tratamiento

El tiempo de amonificación puede variar según la temperatura ambiente, así como de la producción de gas (amoníaco), que aumenta a medida que se incrementa el tiempo de acción sin embargo después de los 21 días comienza a disminuir. Castellanos *et al.* (2017) recomiendan un periodo de almacenamiento de 14 días, sin embargo, en este periodo solo se incrementa el contenido de proteína, mientras Mina *et al.* (2018) con un periodo de 60 días, además de incrementar en contenido de proteína, hay una disminución de la fibra detergente neutra del

material amonificado. Sin embargo, Ponce y Romero (2015) mencionan que, con un periodo de almacenamiento de 28 días, es posible tener mayor contenido de proteína y menores contenidos de fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente acida (FDA), además mencionan que después de este periodo ya no se incrementan los valores de proteína ni disminuyen los de FDN y FDA.

4.13.4 Efecto de la humedad

Un contenido de humedad del 30 % resulta óptimo en todos los materiales, ya que se observa un incremento significativo en la calidad nutritiva de los rastrojos tratados. Esto significa que si los rastrojos, inmediatamente después de la cosecha, presentan este contenido de humedad, la amonificación debería hacerse después de la cosecha. De no ser factible, hay que incrementar el contenido de agua hasta garantizar el 30 %. En estos casos, el agua faltante sirve para diluir aún más la urea y facilitar su aplicación (Mina *et al.*, 2018)

4.13.5 Efecto de la temperatura

Aunque la urea es un producto químico de acción lenta, las reacciones o efectos de la amonificación se aceleran cuando aumenta la temperatura. Por lo que existe el riesgo que por un excesivo y/o continuo sobrecalentamiento del material amonificado húmedo no compactado, almacenado herméticamente y expuesto directamente al sol, se produzca una sustancia tóxica llamada metil-imidazole, que causa incoordinación motora e histeria en los rumiantes que consumen los materiales amonificados, por lo que se recomienda almacenar los materiales amonificados en lugares bajo la sombra a temperatura ambiente (Botero, 2007).

4.14 Residuos de la industria forestal

En México, la producción anual de madera es de aproximadamente 8 millones de m³, siendo Durango (32.8 %), Chihuahua (16.79 %), Michoacán (7.76 %), Oaxaca (7.13 %) y Veracruz (4.93 %) los principales estados productores de madera (SEMARNAT, 2014). De las cuales el 70 % de la producción de madera es destinada a la industria del aserrío, que se define como la actividad encargada de la transformación de madera en rollo a madera aserrada. Esta industria

genera alrededor de 2.8 millones de m³ de desechos, principalmente aserrín, virutas y cortezas (SEMARNAP, 2000).

Actualmente no existen alternativas para el uso masivo de estos subproductos, su manejo dentro de los aserraderos constituye un serio problema, por el espacio que ocupan, además el transporte derivado de la movilización de grandes volúmenes de estos desechos fuera de los aserraderos, reduce la rentabilidad de la industria. Por lo tanto, para reducir su acumulación dentro de los aserraderos, normalmente se regalan y/o venden a precios mínimos (Fregoso-Madueño *et al.*, 2017), o se tira en forma clandestina afectando los suelos donde se deposita (Starbuck, 1997), al mismo tiempo que pueden causar enfermedades respiratorias asociadas con alergias (Malström *et al.*, 1999), aunque tradicionalmente se han usado como combustible por personas de escasos recursos, a pesar de ser ilegal, contribuye con la emisión de gases contaminantes a la atmosfera (SEMARNAT, 2014).

Los residuos forestales presentan un bajo valor nutritivo, sin embargo, son ricos en carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa, lignina y otras sustancias de bajo peso molecular), características deseables en muchos procesos industriales (Fregoso-Madueño *et al.*, 2017). De acuerdo con análisis químico proximal realizado al aserrín de pino por Mateo-Sánchez *et al.* (2002) menciona que el aserrín tiene 94 % de MS, 0.62 % de proteína cruda, 0.35 % de cenizas, FDN de 94.39 % y FDA de 83.04 %, por lo tanto, el alto contenido de FDN y FDA en el aserrín, hacen que este compuesto de carbohidratos estructurales con muy baja digestibilidad ruminal.

4.14.1 Uso del aserrín en la alimentación de rumiantes

En la industria del aserrío, el residuo que más destaca es el aserrín, que se genera en grandes cantidades, debido a la baja disponibilidad de los forrajes convencionales, durante la época de invierno o de sequía, y por su importancia como fuente de fibra para la alimentación del ganado, hacen muy atractiva la idea de utilizarlo el aserrín para la alimentación de rumiantes, mientras existan las condiciones adecuadas para que los microorganismos ruminales pueden degradarlo (Mateo-Sánchez *et al.*, 2002).

Debido a su baja digestibilidad, el aserrín no puede ser incluido en altos porcentajes en las dietas de los rumiantes, sin embargo, con la inclusión de bajos porcentajes, puede constituir una

fuerza alterna de fibra que permite disminuir los costos de la ración y además aportar la fibra necesaria a las dietas con altos contenidos de concentrado, varios autores indican que en la medida que se aumenta el porcentaje de inclusión de aserrín en la dieta de animales en engorda, el animal tiende, en una primera etapa, a compensar la menor concentración de nutrientes aumentando el consumo, con lo cual se ve reflejado en una alta conversión alimenticia, al utilizar niveles mayores a 20 %, los animales no pueden aumentar más el consumo y se empieza a afectar el ciclo productivo (Manterola *et al.*, 1999). Mientras, en vacas en lactancia, se ha comprobado que al incluir aserrín en niveles de hasta 27 % en la dieta, no se producen efectos negativos en el volumen de leche total, registrándose además incrementos significativos en el porcentaje de grasa en la leche (Satter *et al.*, 1970).

Bajo esta condición, los niveles de inclusión de aserrín en las dietas de rumiantes pueden incrementarse, hasta 30 o 40 %, si este se trata para mejorar su digestibilidad, pero debe complementarse sus deficiencias en carbohidratos solubles, proteínas y minerales. En dietas con altos niveles de concentrado, el aserrín puede constituir un regulador del consumo y además facilitar la motilidad ruminal y la rumia, evitando graves problemas de acidosis (Manterola *et al.*, 1999).

4.15 Olote de maíz

El olote de maíz, es un residuo o subproducto agrícola que se genera en grandes cantidades durante el proceso de separación del grano de la mazorca y se estima que por cada tonelada de maíz se obtienen 170 kg de olote (CIMMYT, 1995). Actualmente en México el olote se emplea como fuente de fibra barata para rumiantes en las zonas maiceras, además de ser un buen compuesto para absorber la melaza en las mezclas de los productos que integran la ración, así mismo se usa como soporte para disminuir la erosión en la tierra, ambos procesos con bajos rendimientos y poco redituables, por lo cual los residuos del maíz son incinerados o esparcidos en la intemperie, generando contaminación ambiental, molidos o enteros los olotes de maíz son usados como cobertura de rosas en invernadero (Rodríguez-Martínez *et al.*, 2016).

El olote de maíz, un tejido esponjoso y blanco que representa la médula donde se almacenan las reservas alimenticias del cereal. Está compuesto en base seca por celulosa (45 %), hemicelulosa (35 %) y lignina (15 %), de los cuales la hemicelulosa se compone en su mayoría por el xilano de olote (28-35 % base seca) por lo que se encuentra entre las fuentes de recursos no maderables con un alto contenido de xilanas, por lo que ha sido considerado como fuente alternativa de diferentes compuestos químicos de interés comercial o industrial (Córdoba *et al.*, 2010).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización

La presente investigación se realizó en las instalaciones del módulo ovino del Campo Experimental Agrícola y Pecuario “Ocota” perteneciente al Programa Educativo de Ingeniería Agronómica y Zootecnia de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, ubicado en el municipio de Tlatlauquitepec, Puebla (Figura 1), con coordenadas geográficas: 19° 83' 84.08" de latitud norte y 97° 48' 55.81" de longitud oeste a 1330 MSNM (INEGI, 2006).

5.1.1 Clima

Por su localización y extensión, el municipio de Tlatlauquitepec, presenta una gran variedad de climas, que señalan la transición entre los climas templados de la sierra norte y los cálidos del declive del golfo. Se identifican los siguientes climas: semifrío subhúmedo con lluvias en verano, se localiza en las áreas montañosas del sureste, templado subhúmedo con lluvias en verano, ocupa una franja al sur, templado húmedo con abundantes lluvias en verano en un área de la parte central, templado húmedo con lluvias todo el año, en una amplia franja de la parte central. Con temperaturas entre los 10 y 24° C y precipitaciones anuales de 600 – 4100 mm (INEGI, 2006).

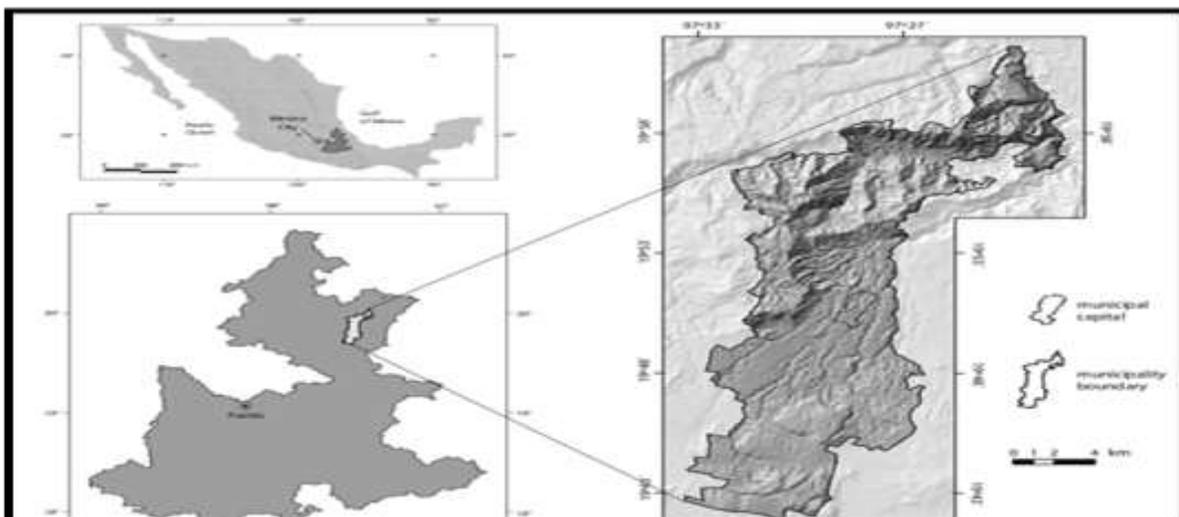


Figura 1. Localización geográfica del municipio de Tlatlauquitepec, Puebla.

5.2 Proceso de amonificación

Antes de realizar el proceso de amonificación el rastrojo de maíz y el olote de maíz se molieron con un molino de martillos con criba de 10 mm, y el aserrín de pino se utilizó tal como se obtiene del aserradero. El proceso de amonificación se realizó en base a la metodología seguida por Mina *et al.* (2018), para la cual se pesaron 100 kg de rastrojo de maíz, olote y aserrín, los cuales fueron tratados por separado con 6 kg de urea diluida en 30 L de agua para garantizar un 30 % de humedad para que se realizara el proceso de amonificación, con una bomba manual se asperjó el rastrojo de maíz, el olote de maíz y el aserrín de pino por separado. Una vez tratados, estos fueron almacenados herméticamente en bolsas de plástico (90 x 120 cm) por un periodo de 30 días de acuerdo a lo sugerido por Ponce y Romero (2015) a temperatura ambiente, bajo la sombra. Transcurrido este tiempo se abrieron las bolsas y se dejó secar al aire libre para eliminar el exceso de amoníaco y poder ser mezclados en el concentrado.

5.3 Dietas y tratamientos

Las dietas evaluadas (Cuadro 1) fueron isoproteicas e isoenergéticas y se formularon para ovinos machos enteros con un peso promedio de 20-25 kg y una ganancia diaria de peso esperada de 200 g d⁻¹, de acuerdo con los requerimientos nutritivos para ovinos (NRC, 2007). Se evaluaron seis dietas (tratamientos): T1 (testigo) = 15 % rastrojo de maíz sin amonificar (RSA), T2 = 15 % rastrojo de maíz amonificado (RA), T3 = 15 % olote sin amonificar (OSA), T4 = 15 % olote amonificado (OA), T5 = 15 % aserrín de pino sin amonificar (ASA) y T6 = 15 % aserrín de pino amonificado (AA).

Cuadro 1. Ingredientes y composición de las dietas experimentales (g kg MS⁻¹).

Ingredientes g	Tratamientos					
	T1 (RSA)	T2 (RA)	T3 (OSA)	T4 (OA)	T5 (ASA)	T6 (AA)
Pasta de soya	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
Sorgo molido	340.0	340.0	340.0	340.0	340.0	340.0
Maíz quebrado	314.0	314.0	314.0	314.0	314.0	314.0
Rastrojo de maíz	150.0					
Rastrojo de maíz amonificado		150.0				
Olote de maíz			150.0			
Olote de maíz amonificado				150.0		
Aserrín de pino					150.0	
Aserrín de pino amonificado						150.0
Urea	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Melaza	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Aceite común	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Sal común	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Mezcla de minerales *	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Bicarbonato de sodio	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
	Aporte nutricional					
Proteína cruda %	16	16	16	16	16	16
EM (Mcal kg ⁻¹ MS)	2900	2900	2900	2900	2900	2900

* Benisal mineral[®], contiene: Sal de ganado 70 %, Sulfato de Sodio 2.098 %, Mg 1.100 %, exiplante 0.470 %, melaza 0.50 g, Ca 30.0 %, Fe 0.058 %, Cu 0.030 %, P 0.028 %, Zn 0.005 % y Co 2.00 %. T1: rastrojo de maíz sin amonificar (RSA), T2: rastrojo de maíz amonificado (RA), T3: olote sin amonificar (OSA), T4: olote amonificado (OA), T5: aserrín de pino sin amonificar (ASA), T6: aserrín de pino amonificado (AA)

5.4 Animales, alojamiento y alimentación

Se utilizaron 30 ovinos machos de la raza Black Belly con un peso promedio de 22 ± 3 kg, se asignaron aleatoriamente 5 animales a cada uno de los tratamientos mencionados, los cuales fueron alojados en corrales individuales de 1.2 m² con comederos y bebederos individuales. El alimento y el agua se les ofrecieron *ad libitum* todos los días y se les proporcionó en dos raciones una por la mañana y otra en la tarde (09:00 y 16:00 horas.) durante el período experimental. La

duración del experimento fue de 60 días (dividido en 4 periodos de 15 días cada uno), se dio un periodo de adaptación de 10 días a las dietas experimentales para que los animales se acostumbraran al manejo alimenticio y las condiciones de confinamiento. periodo, asimismo durante este periodo se les aplicó 2.5 mL de bacterina Biobac 11 vías via intramuscular (sepas de *Clostridium spp.* Y *Pausterella spp.*) y 1 mL por cada 50 kg peso vivo de Iverfull Macrovit ADE via subcutanea.

5.5 Variables evaluadas

5.5.1 Consumo de materia seca (CMS)

El CMS, se estimó de manera individual en todos los animales, para calcularlo se pesó diariamente el alimento ofrecido y el alimento rechazado 24 horas después, el CMS se obtuvo por la diferencia del peso entre el alimento ofrecido y el rechazado entre el número de días de cada periodo y se reporta en kg MS d⁻¹.

5.5.2 Ganancia diaria de peso (GDP)

Para evaluar la GDP, se pesó a cada uno de los borregos por la mañana, antes de ofrecer el alimento, al inicio y posteriormente cada 15 días por cuatro periodos. La GDP se obtuvo por la diferencia del peso final menos el peso anterior entre el número de días transcurridos y se reporta en g animal d⁻¹.

5.5.3 Conversión alimenticia (CA)

La conversión alimenticia se calculó mediante la ecuación CMS/GDP, de forma individual para todos los animales, en cada periodo por tratamiento.

5.5.4 pH ruminal

Para medir el pH ruminal, se recolectaron muestras de 20-40 mL de líquido ruminal de la parte media ventral del rumen, por medio de una sonda esofágica, cuatro horas después de ofrecer el alimento a cada uno de los animales. La lectura del pH ruminal se hizo con un potenciómetro portátil, calibrado a un pH de 7.0. El muestreo se realizó cada 30 días después de iniciar el experimento.

5.6 Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con cinco repeticiones por tratamiento y se hizo un análisis estadístico de los datos de GDP, CMS, CA y pH ruminal, utilizando el programa SAS versión 9.0 y las medias fueron comparadas con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta en el i-ésimo tratamiento de la j-ésima repetición

μ = Media general

T_i = efecto del i-esimo tratamiento

E_{ij} = error aleatorio

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Consumo de materia seca (CMS)

Para la variable de CMS, en el Cuadro 2 se observa que los tratamientos no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$), entre los diferentes periodos, así como en los promedios totales. Por lo que la utilización de rastrojo de maíz, olote y aserrín de pino amonificados y sin amonificar como fuente de fibra no afectó el CMS de los ovinos en engorda.

Guerra-Medina *et al.* (2015) mencionan que la inclusión del 15 % de rastrojo de maíz, bagazo de agave y aserrín de pino en dietas para ovinos, no mostraron diferencias significativas ($P > 0.05$), teniendo un CMS de 1.482, 1.321 y 1.490 kg d^{-1} respectivamente, de igual manera Sánchez *et al.* (2012) y Martínez-Trejo *et al.* (2012), no encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en el CMS, al evaluar la inclusión del 70 % de rastrojo de maíz amonificado y sin amonificar en ovinos de crecimiento, reportando CMS de 0.910, 0.891 y 0.992, 1.032 kg d^{-1} respectivamente, sin embargo estos resultados son inferiores a los encontrados en la presente investigación, debido a que la mayor parte de la ración la constituyó el rastrojo de maíz amonificado y sin amonificar, mientras que en este estudio la fibra solo constituyó el 15 % del total de las dietas, además, por su volumen y baja digestibilidad del rastrojo de maíz, limita el consumo de materia seca. Así mismo Cobos-Peralta *et al.* (2011) no encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) al evaluar 0, 100 y 200 g de envases polietilentereftalato (PET) molidos en sustitución al rastrojo de maíz, teniendo CMS de 1.076, 1.138 y 1.087 kg d^{-1} respectivamente. Contrario a lo reportado por García-Martínez *et al.* (2009) si encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el CMS al alimentar vacas lecheras con rastrojo de maíz amonificado y sin amonificar, teniendo CMS de 8.82 y 7.14 kg d^{-1} respectivamente, así mismo este autor menciona que cuando se trata el forraje con urea y se complementa con concentrado hay un aumento en el CMS. Así mismo Guerra-Medina *et al.* (2014) reportan diferencias significativas en el CMS ($P < 0.05$) al evaluar la inclusión del 15 % de aserrín más 15 g t^{-1} de monensina sódica, teniendo un CMS de 1.463 kg d^{-1} respecto a la dieta testigo que fue de 1.628 kg d^{-1} .

Cuadro 2. Consumo de materia seca (kg MS d⁻¹) de borregos en engorda alimentados con rastrojo de maíz, olote y aserrín de pino sin y con amonificar.

Periodo*	Tratamientos						EEM	Pr>F
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
1	0.921 a	0.912 a	0.905 a	0.898 a	0.830 a	0.997 a	0.079	0.311
2	1.319 a	1.143 a	1.180 a	1.130 a	1.040 a	1.238 a	0.121	0.173
3	1.396 a	1.284 a	1.375 a	1.186 a	1.094 a	1.368 a	0.147	0.144
4	1.564 a	1.411 a	1.558 a	1.331 a	1.233 a	1.501 a	0.158	0.134
Promedio	1.300 a	1.187 a	1.254 a	1.136 a	1.049 a	1.276 a	0.225	0.617

*Cada periodo es de 15 días, T1: rastrojo de maíz sin amonificar, T2: rastrojo de maíz amonificado, T3: olote sin amonificar, T4: olote amonificado, T5: aserrín de pino sin amonificar, T6: aserrín de pino amonificado, EEM= Error estándar de la media, No se encontraron diferencias significativas entre columnas con la prueba de Tukey (P>0.05).

6.2 Ganancia diaria de peso (GDP)

En los resultados obtenidos para la GDP (Cuadro 3), se observa que el periodo uno si hubo diferencias significativas (P<0.05), en el T5 respecto al T1, T3 y T6 teniendo una GDP de 26.50 vs. 166.50 vs. 155.00 vs. 146.33 g d⁻¹ respectivamente, mientras que en el T2 y T4 no hubo diferencias significativas (P>0.05) comparados con los demás tratamientos. Sin embargo, en los promedios de toda la fase experimental no se encontraron diferencias significativas (P>0.05), siendo similares en todos los tratamientos.

La baja ganancia de peso presentada por los borregos alimentados con aserrín sin amonificar (T5) durante el periodo uno, se le atribuye a que no había las condiciones adecuadas para que los microorganismos ruminales puedan degradar y fermentar el substrato, o que su concentración en el rumen era baja. Mateo-Sánchez *et al.* (2002), sugieren que, por medio de la inoculación de bacterias seleccionadas por su capacidad para degradar el aserrín, sería posible incrementar la concentración de estas bacterias en el rumen y estimular la respuesta productiva en los rumiantes alimentados con este subproducto forestal. Sin embargo, este tipo de cultivos bacterianos no está al alcance de los pequeños productores, por lo tanto sería conveniente incrementar el periodo de adaptación a 15 o 20 días para crear las condiciones en el rumen y que los microorganismos puedan de aprovechar mejor el aserrín sin afectar la GDP.

Para el caso de la GDP de los periodos dos, tres y cuatro no se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos, así como en los promedios totales. La inclusión de 15 % de rastrojo de maíz (T1) y olote sin amonificar (T3) tuvieron una mayor GDP (231.21 vs 244.92 g d⁻¹) mientras que la inclusión de aserrín sin amonificar (T5) tuvo la menor GDP (179.79 g d⁻¹) a la esperada. Para el caso del rastrojo de maíz (T2), olote (T4) y aserrín (T6) amonificados, la GDP fue la esperada (203.75, 205.54 y 199.58 g d⁻¹ respectivamente), de acuerdo con los requerimientos nutritivos para ovinos (NRC, 2007).

Resultados similares observaron Guerra-Medina *et al.* (2010), con la inclusión del 30 % de aserrín de pino y rastrojo de maíz, teniendo GDP de 246.07 y 203.21 g d⁻¹ respectivamente. Asimismo, Cobos-Peralta *et al.* (2011), reportan GDP de 202.58, 214.68 y 193.07 g d⁻¹ con la inclusión de 0, 100 y 200 g d⁻¹ de envases PET triturados respectivamente, en sustitución al rastrojo de maíz en dietas para ovinos. Mientras Guerra-Medina *et al.* (2015) no encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en la GDP, al evaluar el 15 % de rastrojo de maíz, bagazo de agave y aserrín de pino en dietas para ovinos de engorda, teniendo GDP de 301.3, 325.6 y 312.8 g d⁻¹, respectivamente, estos resultados encontrados por este autor son superiores a los encontrados en la presente investigación, posiblemente porque en ese estudio se utilizaron borregos de la cruce Katahdin x Dorper, que son razas especializadas en la producción de carne, con mayor ganancia diaria de peso en comparación con los borregos de la raza Black Belly, que no son animales especializados en la producción de carne.

Por otro lado, Sánchez *et al.* (2012) y Martínez-Trejo *et al.* (2012) no encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) para la variable GDP, sin embargo, reportan ganancias de peso inferiores a los 100 g con la inclusión del 70 % de rastrojo de maíz amonificado y sin amonificar en dietas para ovinos, lo cual se le atribuye al alto contenido de rastrojo en las dietas y también que en ambos estudios se utilizaron animales criollos, además se realizaron en temporada invernal, por lo que los animales designan parte de los nutrientes consumidos para mantener su temperatura corporal y se ve reflejado en una menor ganancia de peso (Kerr, 2008).

Cuadro 3. Ganancia diaria de peso (g animal d⁻¹) de borregos en engorda alimentados con rastrojo de maíz, olote y aserrín de pino sin y con amonificar.

Periodo*	Tratamientos						EEM	Pr > F
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
1	166.50 a	99.50 ab	155.00 a	99.50 ab	26.50 b	146.33 a	31.36	0.01
2	266.67 a	239.50 a	257.33 a	246.00 a	204.33 a	195.33 a	71.90	0.78
3	235.33 a	271.00 a	266.33 a	244.00 a	212.67 a	266.33 a	64.69	0.85
4	256.33 a	205.00 a	301.00 a	232.67 a	275.67 a	190.33 a	71.98	0.44
Promedio	231.21 a	203.75 a	244.92 a	205.54 a	179.79 a	199.58 a	71.28	0.82

*Cada periodo es de 15 días, T1: rastrojo de maíz sin amonificar, T2: rastrojo de maíz amonificado, T3: olote sin amonificar, T4: olote amonificado, T5: aserrín de pino sin amonificar, T6: aserrín de pino amonificado, EEM = Error estándar de la media, Literales (a, b) diferentes entre hileras indican diferencias significativas con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

6.3 Conversión alimenticia (CA)

En el Cuadro 4 se muestran los resultados obtenidos para la CA, como se puede observar con la inclusión del 15 % de rastrojo, olote y aserrín con y sin amonificar no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos de cada periodo, así como en los promedios.

De acuerdo con los resultados encontrados en la presente investigación el tratamiento que contenía olote sin amonificar (T3) tuvo una mejor CA, comparado con los tratamientos que contenían rastrojo de maíz, olote y aserrín amonificados (T2, T4 y T6), teniendo una CA de 5.276 vs 6.451, 6.334 y 6.678 respectivamente, y con respecto a la CA de los tratamientos T5 y T1, es similar a la del T3 (5.577 y 5.946 vs. 5.726). Estos resultados son similares a los encontrados por Guerra-Medina *et al.* (2015), quienes no encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) con la inclusión del 15 % rastrojo de maíz, bagazo de agave y aserrín en dietas para ovinos de engorda, teniendo una mejor CA en el tratamiento que incluía bagazo de agave (4.3) respecto a los tratamientos que contenían rastrojo de maíz y aserrín (5.1 y 5.5 respectivamente). Así mismo Cobos-Peralta *et al.* (2011) reportan CA de 5.31, 5.30 y 5.63 con la inclusión de 0, 100 y 200 g de envases PET como sustituto del rastrojo de maíz.

Por su parte Guerra-Medina *et al.* (2014), mencionan que la inclusión del 15 % de aserrín de pino más 15 g t⁻¹ de monensina sódica se puede tener una CA de 4.61, esto es posible debido a que los rumiantes alimentados con grandes cantidades de carbohidratos de rápida fermentación, los ionóforos disminuyen el CMS, pero no afectan la GDP, lo que significa una mejor CA (Bergen y Bates, 1984).

Cuadro 4. Conversión alimenticia de borregos en engorda alimentados con rastrojo de maíz, olote y aserrín de pino sin y con amonificar.

Periodo*	Tratamientos						EEM	Pr > F
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
1	5.847 a	6.673 a	5.607 a	7.010 a	6.403 a	6.927 a	1.234	0.69
2	5.530 a	6.993 a	4.880 a	7.307 a	5.803 a	6.340 a	2.686	0.87
3	5.994 a	4.834 a	5.344 a	5.097 a	5.235 a	5.467 a	1.084	0.84
4	6.414 a	7.304 a	5.273 a	5.924 a	4.870 a	7.979 a	1.235	0.06
Promedio	5.946 a	6.451 a	5.276 a	6.334 a	5.577 a	6.678 a	0.821	0.17

*Cada periodo es de 15 días, T1: rastrojo de maíz sin amonificar, T2: rastrojo de maíz amonificado, T3: olote sin amonificar, T4: olote amonificado, T5: aserrín de pino sin amonificar, T6: aserrín de pino amonificado, EEM = Error estándar de la media, No se encontraron diferencias significativas entre columnas con la prueba de Tukey (P>0.05)

6.4 pH ruminal

De acuerdo con los resultados obtenidos (Cuadro 5) se observa que no hubo diferencias significativas (P>0.05) en el pH a los 30 y 60 días, así como en los promedios, por lo que la inclusión de 15 % de rastrojo de maíz, olote y aserrín con y sin amonificar no afectó el pH ruminal, cuatro horas después de ofrecer el alimento. A pesar de que el tratamiento que contenía aserrín amonificado (T6) a los 60 días presentó un pH inferior a 6.00 no se presentaron cuadros de acidosis. Resultados similares reportan Guerra-Medina *et al.* (2015) con la inclusión del 15 % de rastrojo de maíz, bagazo de agave y aserrín (6.2 , 5.9 y 5.9 respectivamente) esta repuesta pudiera estar relacionada con el tamaño de partícula del aserrín que es de alrededor de 2 mm y se utiliza tal se obtiene del aserradero, estos autores mencionan que el bajo valor del pH ruminal de los animales alimentados con bagazo de agave, pudo deberse a su baja densidad dificultando

el mezclado homogéneo en la dieta ocasionando que los borregos puedan seleccionar primero el concentrado y después la fibra sin afectar el CMS y la GDP.

Cobos-Peralta *et al.* (2011) y Guerra-Medina *et al.* (2010), no encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) para esta variable, reportando un pH ruminal de 6.30, 6.25 y 6.35 en borregos alimentados con 0, 100 y 200 g de envases PET triturados como sustituto del rastrojo de maíz como fuente de fibra y 6.28 6.19 con la inclusión del 30 % de aserrín y rastrojo de maíz en dietas para ovinos respectivamente. Así mismo Sánchez *et al.* (2012) y Martínez-Trejo *et al.* (2012) a pesar de que no encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) en el pH ruminal, reportan valores 6.45, 6.65 y 6.43, 6.53 respectivamente con la inclusión de del 70 % de rastrojo de maíz sin y con amonificar, estos resultados son ligeramente superiores a los encontrados en la presente investigación.

Es importante mantener un adecuado funcionamiento y dinámica ruminal y actividad de los microorganismos ruminales, ya que si el pH disminuye a valores inferiores de 6.00 se desarrollan bacterias productoras de ácido láctico y se presenta la acidosis ruminal que afecta la dinámica ruminal y la respuesta productiva de los animales (Owens *et al.*, 1998). Cabe señalar que durante la fase experimental, a pesar que las dietas eran altas en concentrado no se presentaron cuadros de acidosis, debido que las dietas contenían bicarbonato de sodio, que actúa como un buffers de los ácidos grasos orgánicos que se producen en el rumen a partir de los alimentos de rápida fermentación, por lo que este aditivo es usado para atenuar la acidosis ruminal en rumiantes alimentados con dietas altas en concentrados, por lo regular en la mayoría de los estudios el bicarbonato de sodio es incorporado directamente en el concentrado (Bodas *et al.*, 2009).

Cuadro 5. pH ruminal de borregos en engorda alimentados con rastrojo de maíz, olote y aserrín de pino sin y con amonificar.

Días	Tratamientos						EEM	Pr > F
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
30	6.23 a	6.26 a	6.26 a	6.31 a	6.39 a	6.41 a	0.31	0.98
60	6.29 a	6.49 a	6.04 a	6.30 a	6.11 a	5.80 a	0.50	0.79
Promedio	6.26 a	6.37 a	6.15 a	6.30 a	6.25 a	6.10 a	0.21	0.81

T1: rastrojo de maíz sin amonificar, T2: rastrojo de maíz amonificado, T3: olote sin amonificar, T4: olote amonificado, T5: aserrín de pino sin amonificar, T6: aserrín de pino amonificado, EEM = Error estándar de la media, No se encontraron diferencias significativas entre columnas con la prueba de Tukey ($P > 0.05$)

VII. CONCLUSIÓN

La inclusión de olote de maíz y aserrín de pino amonificados no afectaron la GDP, CMS, CA y pH ruminal de los borregos en engorda. Por lo que los resultados sugieren que es posible utilizar el olote de maíz y aserrín de pino amonificados y sin amonificar, como fuentes de fibra alternas en dietas para borregos de engorda, sustituyendo hasta un 15 % del rastrojo de maíz en la dietas, sin afectar los parámetros productivos y el funcionamiento del rumen.

VIII. LITERATURA CITADA

- Asociacion Mexicana de Criadores de Ovinos (AMCO). (2007). Catalogo de razas de ovinos. Disponible en http://uno.org.mx/razas_ovinas/catalogo_razas.pdf, Consultado el 20 de Agosto del 2019.
- Bergen, W. G., & Bates, D. B. (1984). Ionophores: Their effect on production, efficiency and mode of action. *Journal of Animal Science*, 58: 1465-1883.
- Bodas, R., Fernández, B., Giráldez, F. J., López, S., & Mantecón, A. R. (2009). Efecto de niveles de suplementación con bicarbonato de sodio en el consumo alimentario y el comportamiento animal de ovinos de ceba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 43, Número 1: 33- 38.
- Botero, B. R. (2007). La amonificación, una opcion artesanal para la conservación y mejoramiento de suplementos utilizados para rumiantes en el trópico. Universidad EARTH (Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda), Costa Rica., p: 1 - 8.
- Bravo, R. D., Arelovich, H. M., Storm, A. C., Martínez, M. F., & Amela, M. I. (2008). Evaluación de métodos de amonificación mediante hidrólisis de urea sobre el valor nutritivo de paja de trigo. *Revista Argentina de Producción Animal* 2008; Vol 28 (3): 179-191.
- Castañeda-Serrano, R. D., Ferriani-Branco, A., Teixeira, S., Garcia-Diaz, T., & Diego-Sofiati, A. (2013). Urea de liberacion lenta en dietas para bovinos productores de carne: digestibilidad, sintesis microbiana y cinetica ruminal. *Agrociencia* 47: 13-24.
- Castellanos, S., Gamarra, J., Gómez, C., & Fernández, M. (2017). Amonificación de la panca de maíz (*Zea mays* L) con tres niveles de urea para la mejora de su digestibilidad. *Rev Inv Vet Perú* 2017; 28(1):78-85. <https://doi.org/10.15381/rivep.v28i1.12946>.
- Castro, M. J., & Guerrero, C. A. (2010). Ovinocultura para pequeños y medianos productores en la peninsula de yucatan. FIRA boltein informativo. Nueva epoca. num 10 , 6- 63.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo (CIMMYT). (1995). Manejo de los ensayos e informes de los datos para el programa de ensayos internacionales de maíz, México DF, ISBN: 970-648-045-5, 20 p.
- Church, D. C. (1988). *The ruminant animal digestive physiology and ntrition*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey, Estados Unidos., pp 800.

- Cobos-Peralta, M., Mata-Espinoza, M. A., Pérez-Sato, M., Hernández-Sánchez, D., & Ferrera-Cerrato, R. (2011). Envases de de polietilentereftalato molidos y su función como sustituto de fibra en la dieta de borregos. *Agrociencia* 45: 33-41.
- Córdoba, A., Delgado, F., & Toriz, G. (2010). Generación de compuestos orgánicos en el olote, mediante la oxidación en húmedo. *Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*, 29, 186-200.
- Daniels, L. B., Campbell, J. R., Martz, F. A., & Hedrick, H. B. (1970). An evaluation of newspaper as feed for ruminants. *Journal of Animal Science*, volume 30, issue 4, April 1970: 593 - 596. <https://doi.org/10.2527/jas1970.304593x>.
- El-Sabban, F. F., Long, T. A., & Baumgardt, B. R. (1972). Utilization of oak sawdust as a roughage substituto in beek catle finishing rations. *Journal of Animal Science*. 32(4): 749 - 755. doi 10.2527/jas1971.324749x.
- Fregoso-Madueño, J. N., Goche-Télles, J. R., Rutiaga-Quiñones, J. G., González-Laredo, R. F., Bocanegra-Salazar, M., & Chávez-Simental, J. A. (2017). Alternative uses of sawmill industry waste. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 23(2), 243-260. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2016.06.040>.
- Fuentes, J., Magaña, C., Suárez, L., Peña, R., Rodríguez, S., & Ortiz de la Rosa, B. (2001). Análisis químico y digestibilidad “in vitro” del rastrojo de maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 12, 189-192.
- Galaviz, R. J., Zaragoza, R. J., & Corona, J. V. (2011). Alimentacion para ovinos de la region norponiente de Tlaxcala. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de investigacion regional centro. Folleto Técnico No. 46. INIFAP. p 32 INIFAP- Tlaxcala, Tlaxcala, Tlaxcala, México., Disponible en: <<http://www.inifap.gob.mx/circe/publitlax/ovinosfolleto12%201%20con%20portada.pdf>>.
- García-Martínez, A., Albarrán-Portillo, B., Castelán-Ortega, O. A., Espinoza-Ortega, A., & Arriaga-Jordán, C. M. (2009). Urea treated maize straw for small-scale dairy systems in the highlands of Central Mexico. *Trop Anim Health Prod* (2009) 41:1487–1494, <https://doi.org/10.1007/s11250-009-9337-4>.
- Gómez, M. J. (2009). Alternativas de mercado para la carne ovina en México. *Revista Acontecer ovino-caprino*. Vol. X. X, No. 42. 11-24 .

- González, P. C., Pedraza, O. R., Martínez, S. S., & León, G. M. (2012). Amonificación con urea en la fermentación ruminal in vitro del bagazo de caña de azúcar. *Rev. prod. anim.*, 24 (1). 6 p.
- Guerra-Medina, C. E., Cobos-Peralta, M. A., Montañez-Valdez, O. D., & Pérez-Sato, M. (2010). Uso de aserrín de pino (*Pinnus patula*) como fuentes de fibra en dietas para borregos en cebo. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 12, núm. 3, septiembre-diciembre, 2010: 667-673. Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, Yucatán, México.
- Guerra-Medina, C. E., Medina-Torres, L. G., Montañez-Valdez, O. D., Pérez-Sato, M., & Ley-De Coss, A. (2014). Growth performance of growing lambs fed on pine (*Pinnus patula*) sawdust as basal diet supplement with monensin sodium. *Animal Nutrition and Feed Technology* 14: 153-159.
- Guerra-Medina, C. E., Montañez-Valdez, O. D., Ley-De Coss, A., Reyes-Gutiérrez, J. A., Gómez-Peña, J. E., Martínez-Tinajero, J. J., & Pinto-Ruiz, R. (2015). Fuentes alternas de fibra en dietas integrales para ovinos en engorda intensiva. *Que hacer Científico en Chiapas* 10 (1): 3 - 8.
- Hansen, K. R., Furr, R. D., & Sherrod, L. B. (1969). A comparison of roughage sources in feedlot rations. *Journal of Animal Science*. 28: 136-138.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Información (INEGI). (2006). Anuario estadístico de la producción pecuaria. Servicios de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP- SAGARPA). 98 p. Consultado el 20 de AGOSTO DE 2019.
- Kerr, S. (2008). Winter Livestock Management. Small Farms Extension Service. Oregon State University. Disponible en: <http://smallfarms.oregonstate.edu/sfn/w08livestock>. Consultado el 5 de Septiembre de 2019.
- Macedo, R. J. (2000). Análisis del sistema de alimentación pecuario rastrojo de maíz alimenticio pecuario (*Zea mays* L.) – pasto estrella (*Cynodon plectostachyus* P.) en la zona norte del estado de Colima. Universidad de Colima, Colima, México: tesis doctoral. Disponible en: http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Rafael%20Julio%20Macedo%20Barra20Barragan%20DOCTORADO.pdf., Consultado el 15 de Octubre de 2019.
- Malström, K., Savolainen, J., & Terho, E. O. (1999). Allergic alveolitis from pine sawdust. *Allergy* 54, 526-533.

- Manterola, B. H., Cerda, A. D., & Mira, J. J. (1999)). Los residuos agrícolas y su uso para la alimentación de rumiantes. Fundación para la innovación agraria. Ministro de agricultura. Santiago de Chile., p: 3 - 221.
- Martínez, G. S., Aguirre, O. J., Gómez, D. A., Ruíz, F. M., Lemus, F. C., & Macías, C. H. (2010). Tecnologías para mejorar la producción ovina en México. *Revista Fuente Año* 2, No. 5, Diciembre 2010 : pp. 41-51.
- Martínez-Trejo, G., Ortega-Cerrilla, M. E., Landois-Palencia, L. L., Pineda-Osnaya, A., & Pérez- Pérez, J. (2012). Rendimiento productivo y las variables ruminales de corderos alimentados con rastrojo de maíz tratado con urea. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.3 Núm.6* 1 de noviembre - 31 de diciembre, 2012: 1157-1170.
- Mateo-Sanchez, J. M., Cobos-Peralta, M. A., Trinidad-Santos, A., Cetina-Alcala, V., & Jesus., V.-H. (2002). Aislamiento de bacterias ruminales degradadoras de aserrín. *Agrociencia* 36:523-530.
- Mina, E. M., Ramos, P. F., Cordero, F. A., Contreras, P. J., Curasma, C. J., & Tunque, Q. M. (2018). Niveles de urea y agua sobre la composición bromatológica del heno de avena (*Avena sativa* L). *Rev Inv Vet Perú* 2018; 29(3): 743-755. <https://doi.org/10.15381/rivep.v29i3.14470>.
- Montenegro, V. L., Espinoza, G. I., Sánchez, L. A., Cevallos, F. O., Vivas, M. R., & Montenegro, H. J. (2018). In vitro evaluation of three ammoniated agricultural residues for feeding ruminants. *Journal of alternative perspectives in the social sciences* Volume 9 No 3: 570-579.
- Morales, d. I. (2015). Hidrólisis ácida de la celulosa y biomasa lingocelulósica asistida con líquidos iónicos. Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Madrid, España., p: 1 - 233.
- NRC. (2007). Nutrient requirements of small ruminants. *Animal Nutrition Series*. (7th Ed.). The National Academy Press. Washington. D.C. USA., pags. 362.
- Oji, U. I., Etim, H. E., & Okoye, F. C. (2007). Effects of urea and aqueous ammonia treatment on the composition and nutritive value of maize residues. *Small Ruminant Research*, 69: 232 - 236. <https://doi.org/20.2016/j.smallrumres.2006.01.015>.

- Ortega, R. L., & Bores, Q. R. (2000). Sistemas de alimentación de ovinos de pelo en pastoreo. Simposio La ovinocultura, alternativa para el norte de Tamaulipas. Publicación Especial (24). Río bravo, Tamaulipas. 31-41.
- Owens, F. N., Secrist, D. S., Hill, W. J., & Gill, D. R. (1998). Acidosis in cattle: A review. . Journal of Animal Science. 76: 275-286.
- Partida, d. I., Braña, V. D., Jiménez, S. H., Ríos, R. F., & Buendía, R. G. (2013). Producción de carne ovina. . Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal - Instituto Nacional de Investigacions Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Libro tecnico No. 5, 1a ed, Julio 2013, p 1- 107. Ajuchitlán, Colón, Qro., México. .
- Pérez, C. A. (2015). Efecto de la amonificación de la paja de sorgo, sobre su valor nutricional. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).
- Ponce, R. E., & Romero, d. A. (2015). Amonificación de panca de maíz durante tres periodos y su efecto en la composición bromatológica. Revista la tecnica. N° 15, Diciembre 2015: 70-77. ISSN: 1390-6895.
- Reyes, M. L., Camacho, V. T., & Guevara, H. F. (2013). Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico Núm. 7. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. i-viii, 1-242 p.
- Reyes, T. M. (2018). Efecto de diferentes niveles de urea en la amonificación de cascara de maní (*Arachis hypogaea*) para el uso en la alimentación de rumiantes. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
- Rodríguez-Martínez, N., Lucas-Ciriaco, D. J., Noguez-Estrada, J., & Sánchez-Herrera, S. G. (2016). Evaluación del sustrato de olote en la retención de humedad en el suelo para el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias Vol.3 No.7 25-34.
- Rodríguez-Romero, N., Araujo-Febres, O., Gonnzález, B., & Rixio, S. (2002). Efecto de la amonificiación con urea sobre el pH y la presencia de microorganismos en heno *Brachiaria humidicola*. Revista Científica Vol. XII-Suplemento 2, Octubre 2002, 572-574.

- Sánchez, A. E., Ortega, C. M., Mendoza, M. G., Montañez, V. O., & Buntinx, D. S. (2012). Rastrojo de maíz tratado con urea y metionina protegida en dietas para ovinos en crecimiento. *Interciencia* MAY 2012, VOL. 37 N° 5: 395-399, <https://doi.org/0378-1844/12/05/395-05>.
- Satter, L., Baker, A., & Millet, M. (1970). Aspen sawdust as a partial roughage substitute in a high concentrate dairy ration. *J. Dairy Sci.* 53: 391-397.
- Secretaría de Agricultura Gnanería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2015). Plan de manejo de residuos generados en actividades agrocolas primera etapa: diagnóstico nacional. p: 9-142.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2008). Programa nacional para la prevención y gestión integral de los residuos 2009-2012. Disponible <http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/gestionresiduos/pnpgir.pdf>, Consultado el 30 de Agosto de 2019.
- Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). (2000). Guía forestal. México, D. F. pp 105.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2014). Anuario estadístico de la producción forestal 2013. México: disponible en http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/43389/anuario_2013.pdf, Consultado el 5 de Agosto de 2019.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2017). Producción ganadera- Población ganadera- Resumen de población ganadera especie ovino., Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/documentos/poblacion-ganadera-136762?idiom=es>. Recuperado el día 12 de Marzo de 2019.
- Slyter, A. L., & Kamstra, L. D. (1974). Utilization of pine sawdust as a roughage substitute in beef finishing rations. *Journal of Animal Science*, 38 issue 3, March 1974: 693 - 679. <https://doi.org/10.2527/jas1974.383693x>.
- Starbuck, C. (1997). Producción y uso de composta de aserrín de avena y estiércol. III Simposium Internacional y IV Reunión Nacional de Agricultura Sostenible. Universidad de Guadalajara, 16 a 19 de Noviembre, Guadalajara Jalisco, pp 96.

- Suárez, D. H. (2014). Producción de bovinos para carne en confinamiento. Guía práctica para técnicos y productores. 1a ed. 2011, 1a reimpression 2014. Universidad Autónoma de Chapingo. Estado de México, México.
- Torres, J. D., Morales, V. S., & Quintero, D. J. (2017). Evaluación de pretratamientos químicos sobre materiales lignocelulósicos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 25 N° 4: 733-743.
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*, 2a. ed., O & B Books, Corvallis, Oregon. pag. 94.
- Vázquez, M. I., Jaramillo, V. J., Bustamante, G. A., Vargas, L. S., Calderón, S. F., Torres, H. G., & Pittroff, W. (2018). Estructura y tipología de las unidades de producción ovinas en el centro de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo (ASyD)* vol 15: 85-97.
- Vázquez, M. I., Vargas, L. S., Zaragoza, R. J., Bustamante, G. Á., Calderón, S. F., Rojas, Á. J., & Casiano, V. M. (2009). Tipología de explotaciones ovinas en la Sierra Norte del estado de Puebla. *Técnica Pecuaria en México*. Vol. 47, Núm. 4, pp. 357-369.
- White, T. W., & Reynolds, W. L. (1969). Various sources and levels of roughage in steer rations. *Journal of Animal Science*. 29, issue 5, May 1969, 705- 710. <https://doi.org/10.2527/jas1969.285705x>.



BUAP.

Oficio No. IAH/798/2019

Asunto: Impresión de Tesis.

C. Antonio Hernández López
Egresado de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
PRESENTE

Con base en el dictamen emitido por el Dr. Marcos Pérez Sato (**Director de Tesis**), Dr. Eutiquio Soni Guillermo (**Asesor**), Dr. Numa Pompilio Castro González (**Asesor**) y Dr. Edgar Valencia Franco (**Asesor**), en su calidad de Consejo Particular, se autoriza la impresión de la tesis titulada:

"Olote y aserrín de pino amonificados como fuentes de fibra en borregos de engorda"

Correspondiente a la Licenciatura en Ingeniería Agronómica y Zootecnia.

Sin otro particular por el momento me despido de Usted.

Atentamente

"Pensar bien, para vivir mejor"

San Juan Acateno, Teziutlán, Pue., a 15 de noviembre de 2019

Dr. Armando Ibáñez Martínez
Director de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica



C.C.p. - Archivo y Minutario
DR. AIM/gra.