



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

COMPLEJO REGIONAL CENTRO, SEDE LOS REYES DE
JUÁREZ

INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

**Niveles de aserrín de pino (*Pinnus patula*) en dietas de
finalización para corderos: efecto en metabolitos
sanguíneos.**

LOURDES DURAN MORENO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

Los Reyes de Juárez, Puebla, a 05 de diciembre de 2025

**“NIVELES DE ASERRÍN DE PINO (*Pinnus patula*) EN DIETAS DE
FINALIZACIÓN PARA CORDEROS: EFECTO EN METABOLITOS
SANGUÍNEOS”**

La presente tesis, titulada: **NIVELES DE ASERRÍN DE PINO (*Pinnus patula*) EN DIETAS DE FINALIZACIÓN PARA CORDEROS: EFECTO EN METABOLITOS SANGUÍNEOS** realizada por la alumna: **Lourdes Durán Moreno**, ha sido revisada y aprobada por el siguiente Consejo Particular, para obtener el título de:

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR



DR. ARNULFO VICENTE PÉREZ

COORDIRECTOR



DR. RICARDO VICENTE PÉREZ

ASESORA



DRA. JENNIFER PEREZ MARTINEZ

ASESOR



DR. GILBERTO CASTILLO LUNA

Los Reyes de Juárez, Puebla, a 05 de diciembre de 2025

Dedicatoria:

A mi hija, **Ana Sofía Durán** que ha sido mi inspiración más grande desde hace diez años, mi princesa que vivió toda mi etapa universitaria y que siendo tan pequeña siempre me ha dado palabras de motivación para culminar este proyecto, a ti hija gracias por ser parte de este logro personal, sé que juntas disfrutaremos de los frutos de este gran camino.

También quiero dedicar esta tesis a mis padres **Lourdes Moreno Mendiola** y **Eraclio Durán Ibarra** por que dedicaron parte de su vida en educarme y siempre motivarme a culminar mis estudios universitarios y que con gran esfuerzo me dieron todas las herramientas necesarias para lograrlo. Su apoyo, no solo económico, su apoyo moral para mí siempre fue importante pues me hicieron saber que con disciplina y esfuerzo soy capaz de lograr todos los proyectos que me proponga, les dedico este triunfo porque también es suyo, no lo hubiera logrado sin ustedes. ¡Gracias Papás!

A mis hermanos: **Yaneli Durán Moreno, José Luis Durán Moreno y Lucero Durán Moreno** por creer en mí y acompañarme en los momentos donde dude si podía lograrlo, ¡les dedico este trabajo con mucho amor hermanos míos!

Y por supuesto te dedico a ti **Israel Ramírez Muñoz**, por ser un gran compañero, este triunfo lo comparto contigo por sostenerme con amor y paciencia cada vez que lo necesite y no dejarme sola nunca.

Agradecimientos:

Agradezco a **la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla** por brindarme la oportunidad de cursar la carrera en esta institución, me siento muy orgullosa de poder formar parte de la familia BUAP.

Al **Dr. Arnulfo Vicente Pérez** por ser mi director en este trabajo de investigación y apoyarme con su gran conocimiento, le agradezco también por tenerme tanta paciencia y creer que yo soy capaz de ser una investigadora en el futuro.

Al **Dr. Ricardo Vicente Pérez** por contemplarnos para la realización del experimento del cual se desarrolla mi trabajo de tesis y por compartir con nosotros su conocimiento como investigador.

A mis asesores a la **Dra. Jennifer Pérez Martínez** y al **Dr. Gilberto Castillo Luna** por acompañarme en la realización de este trabajo.

Agradezco también al **Centro Universitario de la Costa Sur** perteneciente a la **Universidad de Guadalajara** por brindarme la oportunidad de realizar este experimento dentro de sus instalaciones.

ÍNDICE TEMÁTICO

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
1 INTRODUCCIÓN	1
2 JUSTIFICACIÓN	2
3 REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1 Ovinocultura en México	3
3.2 Sistemas de producción animal en México	5
3.2.1 Sistema de producción extensivo o de traspatio	5
3.2.2 Sistema de producción intensivo	6
3.2.3 Sistema de producción semiintensivo o mixto	7
3.3 Producción ovina en Puebla	8
3.4 Importancia de la fibra en la alimentación de rumiantes	11
3.5 Tamaño de partícula en la alimentación de rumiantes	12
3.6 Fuentes alternas de fibra en la alimentación de rumiantes	13
3.6.1 Aserrín de pino como fuente de fibra	14
3.6.2 Subproductos de cacao como fuente de fibra	16
3.6.3 Algas marinas como fuente de fibra	17
3.6.4 Bagazo de agave como fuente de fibra	18
3.6.5 Bagazo de caña como fuente de fibra	19
3.7 Metabolitos sanguíneos en ovinos	20

3.7.1 Glucosa	21
3.7.2 Proteínas totales.....	21
3.7.3 Urea y BUN	21
3.7.4 Triglicéridos	21
3.8 Microorganismos del rumen	22
3.8.1 Bacterias	23
3.8.2 Protozoarios	24
4 HIPÓTESIS.....	25
5 OBJETIVOS	25
5.1 General	25
5.2 Particulares	25
6 MATERIALES Y MÉTODOS	26
6.1 Tratamientos y alimentación	26
6.2 Toma de variables	27
6.3 Análisis estadísticos	27
7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
8 CONCLUSIONES	31
9 BIBLIOGRAFIA	32

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estados con mayor producción de ovinos en México.....	15
Cuadro 2. Municipios con mayor producción ovina en el estado de Puebla	20
Cuadro 3. Municipios con mayor producción ovina en el estado de Jalisco.....	21
Cuadro 4. Rango de referencia de los niveles de analitos sanguíneos en ovinos....	33
Cuadro 5. Clasificación de bacterias ruminales	34
Cuadro 6. Composición química de las dietas experimentales	36
Cuadro 7. Concentraciones de metabolitos sanguíneos en corderos de engorda que consumen dietas con diferente nivel de inclusión de aserrín de pino.	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de producción extensivo de ovinos.	17
Figura 2. Sistema de producción intensivo de ovinos.	18
Figura 3. Sistema de producción semiintensivo de ovinos.....	19
Figura 4. Distribución de los principales municipios productores de ovinos en Puebla.	20
Figura 5. Distribución de los principales municipios productores de ovinos en Jalisco... ..	21
Figura 6. Pino mexicano amarillo (<i>Pinnus patula</i>).....	26
Figura 7. Subproductos del cacao; cascara y cascarilla.... ..	27
Figura 8. Macroalga planctónica <i>Sargassum spp.</i>	29
Figura 9. Bagazo de agave durante y después de la fermentación.	30
Figura 10. Bagazo de caña después de la extracción del jugo.	31
Figura 11. Efecto de interacción tratamiento (0, 7, 14 y 21% de aserrín de pino/ kg MS) y días de engorda sobre la concentración sérica de urea en corderos finalizados en corral	4

RESUMEN

El objetivo del presente estudio es analizar el efecto de incluir diferentes niveles de aserrín de pino como fuente de fibra en la dieta de corderos de engorda sobre las concentraciones de metabolitos sanguíneos. Se utilizaron 32 corderos Katahdin con un peso promedio de 32.5 ± 4.0 kg y edad promedio de 4.5 meses, se bloquearon por peso inicial y se les asignó aleatoriamente una de cuatro dietas iso-energéticas e iso-proteicas formuladas para una ganancia diaria de peso de 300 g/d^{-1} , pero con 0 (testigo), 7, 14 y 21% de aserrín de pino (*Pinus patula*) en sustitución al rastrojo de maíz. Para el análisis de metabolitos se tomaron muestras de sangre en los días 0, 14, 28 y 42. Los datos fueron analizados bajo un diseño de bloques completamente al azar, utilizando el PROC MIXED del SAS. Se encontró interacción significativa ($P \leq 0.05$) solo para urea, mientras que la glucosa, colesterol, triglicéridos y proteína total se encontró efecto significativo ($P \leq 0.05$) por el efecto principal del tiempo, sin encontrar efecto significativo por los niveles de aserrín de pino en la dieta ($P \geq 0.05$). Se concluye que la inclusión de distintos niveles de aserrín de pino en la dieta de corderos no afecta los niveles de metabolitos sanguíneos.

Palabras clave: Aserrín de pino, metabolitos, proteína, energía.

ABSTRACT

The aim of this study was to analyze the effect of including different levels of pine sawdust as a fiber source in the diet of fattening lambs on blood metabolite concentrations. Thirty-two Katahdin lambs with an average weight of 32.5 ± 4.0 kg and an average age of 4.5 months were used. They were blocked by initial weight and randomly assigned to one of four iso-energy and iso-protein diets formulated for a daily weight gain of 300 g/day-1, but with 0% (control), 7%, 14%, and 21% pine sawdust (*Pinus patula*) replacing corn stover. Blood samples were taken on days 0, 14, 28, and 42 for metabolite analysis. Data were analyzed using a completely randomized block design with the PROC MIXED software in SAS. A significant interaction ($P \leq 0.05$) was found only for urea, while glucose, cholesterol, triglycerides, and total protein showed a significant effect ($P \leq 0.05$) primarily due to the effect of time. No significant effect was found due to the levels of pine sawdust in the diet ($P \geq 0.05$). It is concluded that the inclusion of different levels of pine sawdust in the diet of lambs does not affect blood metabolite levels.

Keywords: Pine sawdust, metabolites, protein, energy.

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la SEMARNAT, (2021) en México se procesan aproximadamente 8.3 millones de metros cúbicos de árboles maderables anualmente, del cual, el 70.1% de la producción está destinado a la industria del aserrío. Por su parte, la producción de madera de pino se posiciona en el primer lugar con 59.9 millones de metros cúbicos, lo que representa el 70.5% del total producido en México anualmente. Actualmente y a lo largo del tiempo los desechos de los aserraderos como lo es el aserrín han sido utilizado como materia para la producción de tabique, combustible, cama para corrales y producción de papel, sin embargo, en ninguno de los productos se utiliza a gran escala; por lo que el excedente en su producción ha sido un serio problema en la contaminación de los suelos donde se deposita (Mateo-Sánchez *et al.*, 2002). Dichos eventos han provocado que los investigadores busquen alternativas que ayuden a reducir el impacto ambiental que se genera como consecuencia de la deforestación legal y los residuos que se generan en esta práctica (Guerra-Medina *et al.*, 2015). Actualmente, el aserrín de pino como ingrediente en la alimentación en corderos ha sido estudiada por algunos investigadores, donde han reportado ser una fuente alterna de fibra efectiva para la engorda de corderos (Guerra-Medina *et al.*, 2010; Guerra-Medina *et al.*, 2014, Guerra-Medina *et al.*, 2015; Espinosa-Garza *et al.*, 2018). Sin embargo, no existe ningún estudio donde reporten datos relacionados a ello. Otro punto importante que se debe considerar al utilizar fuentes alternas de fibra como el aserrín de pino es que no afecten las funciones principales del rumen, evitar trastornos digestivos o del hígado (Guerra-Medina *et al.*, 2015). Sin embargo, no existe ningún estudio donde reporten los efectos de la inclusión de aserrín en la dieta de ovinos sobre las concentraciones de hormonas tiroideas. Por lo tanto, otro de los objetivos del presente estudio es evaluar el efecto de los distintos niveles de inclusión de aserrín en las dietas sobre las concentraciones de hormonas tiroideas.

2. JUSTIFICACIÓN

La producción anual de carne de ovinos para el 2021 fue de 66 mil toneladas aproximadamente (COMECARNE, 2021). Sin embargo, dicha cantidad de proteína de cordero no es suficiente para satisfacer las necesidades de mercado en nuestro país, lo que nos obliga a la importación de carne de otros países (SIAP, 2022). Dentro de los principales países importadores de carne de ovino en México se encuentran Australia, Nueva Zelanda y Estados Unidos (SADER, 2021). Por ello, es necesario buscar y encontrar alternativas para mejorar la producción nacional de ganado ovino, y así evitar la dependencia exterior de este producto. En este sentido, se ha observado que uno de los principales problemas en cualquier sistema de producción es el costo de alimentación, lo que orilla a la búsqueda de nuevos insumos con características similares a menores costos. En el caso de la producción intensiva de ovinos la fuente de fibra en la alimentación, es muy indispensable, ya que determina el buen funcionamiento ruminal y evita trastornos digestivos. Se ha reportado que la fibra en la dieta de ovinos puede oscilar entre el 5 al 40 % de la dieta total (Guerra-Medina *et al.*, 2010). Sin embargo, la alta demanda de forraje orilla a los productores a la búsqueda de fuentes alternas de fibra que cumplan o asemejen con las fibras comúnmente utilizadas. Existen diversos estudios donde han utilizado fuentes alternas de fibra en la dieta. Sin embargo, en ningún estudio se ha evaluado el efecto que tiene la utilización de esta fuente de fibra no convencional, sobre el metabolismo en corderos de engorda. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es evaluar el nivel de aserrín de pino en la dieta de corderos, sobre los niveles de metabolitos sanguíneos.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Ovinocultura en México:

Los ovinos (*ovis aries*) se introdujeron a México en el año 1525, después de la conquista por los españoles. Su distribución empieza expandiéndose por Coyoacán, Chapultepec, Cuajimalpa, Zacatula, Acazuchel, Tepetlaostoc y Matalcingo, donde, estos asentamientos contaban con las condiciones climáticas para la cría de esta especie (Matesanzs, 1965). Las primeras razas introducidas al país fueron el Merino y Rambouillet las cuales aportaban carne, leche y lana para la confección de prendas (SADER, 2024). Actualmente ya existen muchas razas que se manejan por diferentes objetivos y regiones, tales como: la Hampshire, Suffolk, Pelibuey, Black Belly, Dorper, Katahdin, entre otras (Bello-Pérez *et al.*, 2023). Actualmente y tras 30 años de investigación, el 11 de diciembre de 2021, se registró oficialmente la raza Pelifolk como raza originaria de México, esta raza está constituida genéticamente por 1/16 Black Belly, 2/16 de Suffolk y 13/16 Pelibuey. Esta raza se caracteriza por su alta rusticidad, y adaptación a diversos climas, lo que le permite desarrollarse en la mayor parte del país, además, se caracteriza por tener buena prolificidad y tener buen rendimiento en la canal a la hora del sacrificio (SADER, 2024).

De acuerdo con el SIAP, (2024), el inventario anual de producción de carne de ovino para el año 2023 fue 132,328.709 toneladas (t) a nivel nacional, esta cantidad representa al 0.7% de la producción total de carne en el mundo. Sin embargo, la demanda de carne de esta especie en el país es mayor a la que se produce, lo que nos condiciona a la importación de carne en canal de ovino de otros países como Australia, Nueva Zelanda, USA y Chile.

No obstante, la carne importada de otros países es de mala calidad, dado que provienen de animales viejos, ovejas de varios partos y con mucho tiempo de anaquel. La importación promedio para el 2023 fue de 4,649 t (SIAP, 2024). Al analizar las estadísticas anuales de producción de carne en canal en el país, se observa que los últimos 10 años (2014 al 2023) tuvo un incremento de 10,000 t lo

que represento en un crecimiento de producción del 15% en el país. En cuanto a la producción de carne de ovino en pie tuvo un incremento de 18,161 t., lo que represento en un incremento del 13.7%.

Cuadro 1. Estados con mayor producción de ovinos en México 2023

	Estado	Peso de ovino en pie (t)	Peso en canal (t)
1	México	18,139.969	9,447
2	Hidalgo	13,484.404	6,853
3	Veracruz	11,751.081	6,030
4	Jalisco	10,186.326	5,200
5	Puebla	8,544.594	4,516
6	Zacatecas	8,660.802	4,460
7	Tlaxcala	6,150.120	3,226
8	San Luis Potosí	5, 849.346	3,008
9	Oaxaca	4.977.079	2,554
10	Guanajuato	4,593.223	2,422
Total		92,336.671p*	68,451p*

(COMERCARNE, 2024 y SIAP, 2024).

*Datos preliminares.

Culturalmente en México el consumo de carne de ovino es menor a otras proteínas, siendo 560 g el consumo per cápita (SIAP, 2024). Normalmente su consumo está dado por platillos específicos como la barbacoa, que es el principal patillo que se consume en México con un total del 95% de la producción total del país, mientras que 5% restante se consume en mixiote, birria, cordero estilo cabrito y tatemado (Islas-Moreno *et al.*, 2020; SIAP, 2024). También se ha estimado que alrededor del 85 al 90% del consumo se concentra en el centro del país Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo, Puebla, Querétaro, Veracruz y Tlaxcala; (Islas-Moreno *et al.*, 2020).

De acuerdo a Santoyo-Cortés y Martínez-González *et al.* (2021) mencionan que el consumo en mayor cantidad de la barbacoa en el país es debido a que tiene ventajas en relación a los demás platillos, ya que esta forma de preparación se pueden incluir animales de distintas edades, razas y sexos, además, en la barbacoa se puede incrementar hasta el 30% del producto final, ya que en esta preparación se incluyen despojos de la canal (órganos, viseras, cabeza y patas) en relación al resto de las formas de consumo.

3.2 Sistemas de producción animal en México

Un sistema de producción se define como el conjunto de elementos que interactúan entre si con un objetivo en común, las características más importantes para poder identificar el tipo de sistema, es su nivel de producción (Gafsi *et al.*, 2006), condiciones naturales donde se desarrollan, capital disponible para su ejecución y demanda del producto final (Rubio-Lozano *et al.*, 2013), que puede ser, carne, leche o lana. Donde, cada sistema depende del nivel tecnológico en el que se desarrolla y estos pueden clasificarse en extensivos, semiintensivo e intensivos (Arteaga, 2008). Además, otra forma de clasificar los sistemas de producción es mediante la finalidad productiva del hato y estas pueden ser: sistemas de producción de leche, lana, carne y mixto (Nuncio-Ochoa *et al.*, 2001).

3.2.1 Sistema de producción extensivo o de traspatio.

A pesar de que este sistema tiene interacción humana, es el más cercano a el ecosistema natural de los ovinos. La principal característica de este sistema es la fuente de alimentación, basada principalmente en el pastoreo tradicional (Hernández-Marín *et al.*, 2017), donde los animales salen durante el día en búsqueda de alimento, que no se basa en una especie vegetal específica y que puede ser de alto o bajo contenido nutrimental, esto depende de la época del año, donde el estiaje es una de las temporadas más complicadas para este tipo de producción ya que la disponibilidad y calidad de los alimentos es baja y esta

alimentación no es complementada con ningún suplemento alimenticio (Bobadilla-Soto *et al.*, 2015). Estos rebaños son criados en un solo grupo (machos, hembras y corderos), además, no existe un control de reproducción, esta condición ocasiona que exista consanguinidad en el hato y retrocesos genéticos (Arteaga, 2012; figura 1). Respecto a la tecnología es limitada, sin asistencia preventiva de vacunación y manejo zoonosanitario, por lo que los animales se exponen a la infestación de endoparásitos y ectoparásitos lo que resulta en una productividad reducida y alta probabilidad de mortalidad (Partida *et al.*, 2013). La inversión en este tipo de producción es mínima y normalmente el personal a cargo del sistema siempre es cubierto por los integrantes de la familia.

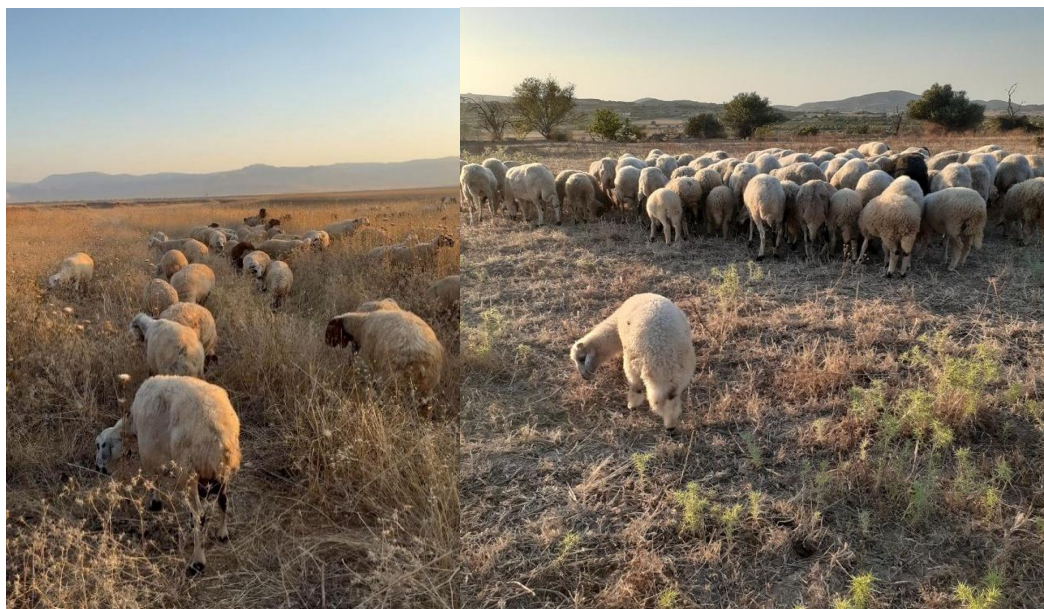


Figura 1. Sistema de producción extensivo de ovinos.

3.2.2 Sistema de producción intensivo.

En este sistema los ovinos se encuentran en confinamiento total. A través de infraestructura de última tecnología los productores buscan darles las mejores condiciones para el buen desarrollo de los animales en cuestión (Bobadilla-Soto *et al.*, 2015). La alimentación es otro factor importante para el funcionamiento de este sistema, donde se debe cumplir con los requerimientos nutricionales de los ovinos de acuerdo con su edad y estado fisiológico. Normalmente las raciones son

formuladas con ingredientes de alta calidad y son complementados con núcleos minerales específicos y muchas veces adicionados con aditivos para que la producción sea mejor (Arteaga, 2008; Partida *et al.*, 2013) y actualmente la utilización de promotores de crecimiento en este sistema está siendo cada vez más cotidiano. Dicha alimentación y manejo en la alimentación permite que los animales desarrollen mejores comportamientos productivos, así como una mejor calidad en la carne (Hernández-Martínez *et al.*, 2016). No obstante, el éxito en este tipo de sistema depende ampliamente de la disponibilidad y costo de las materias primas para la elaboración de la dieta, ya que los costos de alimentación pueden representar hasta el 70% de los costos de producción (Arce-Recinos *et al.*, 2021; Figura 2).



Figura 2. Sistema de producción intensivo de ovinos.

3.2.3 Sistema de producción semiintensivo o mixto:

En relación con el sistema de producción mixto, los rebaños son criados con prácticas del sistema intensivo y extensivo, las cuales se pueden ir modificando en relación con el cambio climático y el estado productivo de los animales. En su mayoría es practicado por pequeños productores y se utiliza una alimentación complementaria (pastoreo y suplementación; Orona-Castillo *et al.*, 2014). Los rebaños salen a pastar durante el día y en las noches son resguardados, sea hace

el uso de potreros en su mayoría donde la disponibilidad del alimento es administrada por los productores, con lo que se puede minimizar la degradación del suelo, ya que pueden controlar el sobrepastoreo dando periodo de descansos entre ellos. La inversión respecto a la infraestructura es moderada ya que no requiere de materias específicas para su ejecución (Figura 3). Dentro de este sistema se lleva a cabo manejo zoonosanitario preventivo de manera moderada (Orona-Castillo *et al.*, 2014).



Figura 3. Sistema de producción semiintensivo de ovinos.

3.3 Producción ovina en Puebla

Dentro de la producción mundial de ovinos, de los 178 países productores, México ocupa en lugar 31, contribuyendo con solo el 0.7% de la producción mundial, donde de los estados productores, Puebla se posiciona en el quinto lugar con una producción de 8,544,594 t de ganado en pie para el año 2024 (SIAP, 2024).

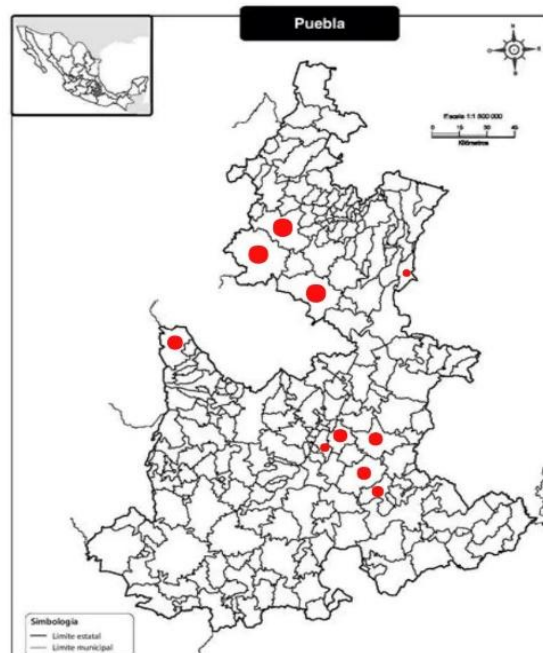


Figura 4. Distribución de los principales municipios productores de ovinos en Puebla.

Cuadro2. Municipios con mayor producción ovina en el estado de Puebla.

	Municipio	Toneladas
1	Chignahuapan	416.393
2	Zacatlán	400.458
3	Tecamachalco	366.695
4	Tlacotepec de Benito Juárez	362.917
5	Tlahuapan	188.027
6	Ixtacamaxtitlán	167.353
7	Tepanco de López	156.73
8	Palmar de Bravo	145.061
9	Xiutetelco	144.54
10	Tochtepec	128.86

(COMERCARNE 2024 y SIAP, 2024).

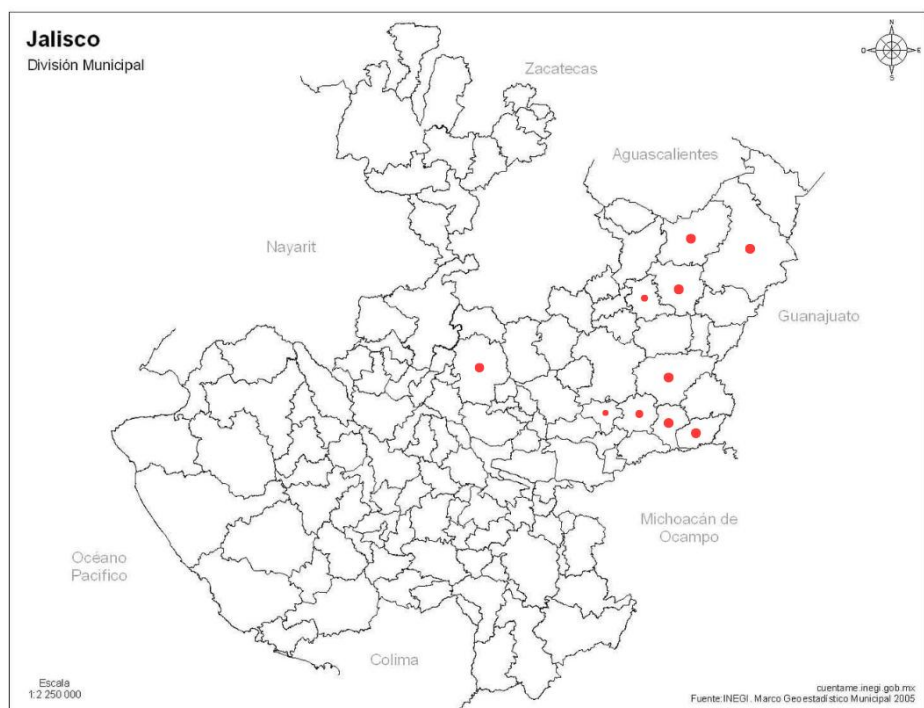


Figura 5. Distribución de los principales municipios productores de ovinos en Jalisco. (COMECARNE 2024 y SIAP, 2024)

Cuadro3. Municipios con mayor producción ovina en el estado de Jalisco.

	Municipio	Toneladas
1	Ayotlán	757.888
2	Atotonilco El Alto	714.894
3	Encarnación de Díaz	659.174
4	San Juan de Los Lagos	548.775
5	Lagos de Moreno	538.886
6	Degollado	486.361
7	Tototlán	406.047
8	Jalostotitlán	360.7
9	Zapopan	344.066
10	Arandas	240.352

3.4 Importancia de la fibra en la alimentación de rumiantes

La pared celular de los organismos vegetales está constituida principalmente por celulosa, hemicelulosa, pectinas, B-glucanos, lignina y ácidos fenólicos cada uno de estos elementos son digeridos por animales monogástricos y rumiantes bajo ciertas condiciones (Bach y Calsamiglia, 2006). Una diferencia marcada que existe entre los animales rumiantes y monogástricos es que, en rumiantes la degradación de la ración no es llevada a cabo por las enzimas del mismo animal, está es desarrollada por el ecosistema microbiano que existe dentro rumen, esta actividad simbiótica se da cuando el rumiante digestivamente cuenta con las condiciones de huida temperatura, pH, presión osmótica, potencial redox y capacidad de tampón; (Wahrmund *et al.*, 2012) y nutrientes adecuados que necesitan. Como consecuencia estos microorganismos le aportan energía a partir de la degradación de los elementos que conforman la fibra, (COMECARNE 2024 y SIAP, 2014). o podrían digerir y consecuentemente convertirlo a energía necesaria para sobrevivir, producir y reproducirse (Mizrahi-Itzhak, 2013). Además de estos factores, el funcionamiento del rumen también dependerá de la interacción de la masticación, producción salivar y la rumia misma que estarán sujeta al tipo de alimentación que sea ofrecida a los rumiantes (Calsamiglia, 1997). La rumia se define como el proceso donde los animales mediante la regurgitación devuelven el bolo alimenticio con partículas de tamaño mayor, debe ser re-ensavilado y re-masticado disminuyendo el tamaño de partícula para que pueda filtrarse por el orificio retículo-omasal, esta actividad ocurre cuando el animal toma periodos de descanso y no hay ingesta de alimento (Nava y Díaz, 2001). En rumiantes todos estos procesos han sido estudiados por diferentes autores y han encontrado relación respecto al estado de salud de los animales. De manera general, la fibra está integrada por componentes químicos que son digeridos a través de las enzimas producidas por la microbiota ruminal, donde predomina su importancia ya que a través de este proceso de fermentación proporciona subproductos energéticos como los ácidos grasos volátiles, que para los rumiantes en una de las fuentes principales de energía y puede ser incluida en las dietas hasta en un 30% (Muñoz y Canto, 2020).

3.5 Tamaño de partícula en la alimentación de rumiantes.

La fibra para la alimentación de rumiantes además de ser adicionada de forma obligatoria depende de factores importantes para su degradación efectiva y obtención de energía y proteína. Mertens, propuso el concepto de Fibra Detergente Neutro Físicamente Efectiva (FDNfe), el cual describe las características físicas como el tamaño de partícula, composición química de la ración, su interacción con la masticación y su capacidad de interacción con la estratificación ruminal (Zhao *et al.*, 2022.). El tamaño adecuado de partícula en los alimentos de los rumiantes es el encargado de la estimulación de masticación y secreción salivar, la cual tiene influencia importante en relación con la fermentación ruminal. También el tamaño de la partícula influye ampliamente en el tiempo de degradación del alimento y colonización de microorganismos en el rumen. Un tamaño inadecuado de partícula puede ocasionar mala tasa de pasaje de los alimentos, disminuir la producción salivar y la rumia, afectando el metabolismo de los microorganismos que habitan dentro del rumen (Francis Genovez *et al.*, 2008).

Por lo anterior, a través de los años se han realizado estudios para determinar el tamaño de partícula óptimo para la alimentación de los rumiantes. Schultz *et al.* (2019), reportaron que el tamaño de partícula en la alimentación de cabras lecheras puede ser de 2.5 a 15 cm, sin afectar la conducta y rumia de las cabras, también encontraron que a mayor el tamaño de partícula, mayor es el tiempo que los animales ocupan para alimentarse. Por otra parte, Rene-García *et al.* (2009), reportaron que el suministro de partícula de gran tamaño provoca que los animales en la ingesta de alimento tengan mayor oportunidad de seleccionar y bajar el consumo de fibra, pero alimentar con partículas demasiadas pequeñas podría provocarles trastornos metabólicos como desplazamiento de abomaso, acidosis ruminal subaguda, depresión de la grasa láctea etc.

François- Domínguez *et al.* (1991), reportaron en un experimento realizado en cabras y ovejas, que las partículas <1mm son las que estimulan la proliferación microbiana que habita en el sistema digestivo de estos pequeños rumiantes y que las partículas >1mm estimulan la producción salivar y por ende la rumia, las cuales

son actividades esenciales para el buen metabolismo ruminal de las cabras y ovejas. La investigación realizada respecto a tamaño de la partícula en la alimentación de los rumiantes se ha hecho mayormente en ganado bovino, a pesar de pertenecer al grupo de los rumiantes y compartir ampliamente difieren en sus estrategias de alimentación y un factor de estas diferencias es el tamaño corporal de los animales (Cannas *et al.*, 2005).

3.6 Fuentes alternas de fibras en la alimentación de rumiantes.

La actividad ganadera padece de limitantes durante las diferentes épocas del año y una de ellas es la producción de forrajes de buena calidad para la alimentación, lo que ha orillado a los productores a la búsqueda de alternativas de alimentación para seguir con esta actividad pecuaria (Vera *et al.*, 2021). La alimentación en rumiantes se caracteriza por sus requerimientos específicos, dentro los cuales encontramos la incorporación de fibra en sus dietas balanceadas y su incorporación mantiene el buen funcionamiento del rumen y con ello una buena productividad. La fuente de fibra puede ser incorporada a la dieta mediante los forrajes y pueden variar de un 10% al 30% de la dieta total cuidando mantener las funciones del rumen para evitar trastornos digestivos o del hígado (Mertens, 1997). La apertura en la búsqueda de nuevas alternativas de fibra se debe a que los rumiantes pueden adaptarse a diferentes planes de alimentación debido a la múltiple población de microorganismos que existen en el rumen como protozoarios, bacterias y hongos (Williams y Coleman, 1997), ellos tienen la capacidad de convertir alimentos de baja a alta calidad como los forrajes (Church *et al.*, 2007).

3.6.1 Aserrín de pino como fuente de fibra

Se han realizado múltiples investigaciones que prueban diferentes productos y subproductos como fuentes alternas de fibra en la alimentación de rumiantes, tales como el aserrín de pino (Guerra-Medina *et al.*, 2010; Guerra-Medina *et al.*, 2014; Guerra-Medina *et al.*, 2015). Por su parte, Guerra-Medina *et al.* (2010) realizó un experimento donde sustituyó la fuente de fibra convencional (rastrojo de maíz) por una fuente alterna de fibra como lo es el aserrín de pino (*Pinus Patula*; Figura 6) para evaluar el comportamiento productivo en ovinos de engorda. Los autores reportaron que la utilización de esta fuente de fibra alterna mejoró la ganancia de peso de los corderos en relación con la fuente comúnmente utilizada (246 Vs 206 g.), además, se observó que el consumo de esta fuente de fibra no convencional mejoró la eficiencia alimenticia, así como el pH ruminal; lo que finalmente concluyeron que la utilización del 30% de aserrín de pino es una estrategia favorable para mejorar el comportamiento productivo y la cinética ruminal. En otro estudio, Guerra Medina *et al.* (2014) reportaron resultados superiores a los de Guerra-Medina *et al.* (2010), en la ganancia diaria de peso, donde encontraron que la utilización de 15% de aserrín de pino con y sin monensina sódica las GDP fueron superiores a los 320g, sin encontrar diferencia entre tratamientos, por lo que se puede observar que la utilización de ese porcentaje de aserrín de pino en la dieta de corderos de engorda puede ser una alternativa viable para la engorda de corderos. Por otra parte, Guerra Medina *et al.* (2015) evaluó diferentes fuentes de fibra no convencionales como el rastrojo de maíz, bagazo de agave y aserrín de pino como fuente de fibra en la dieta con un 15 % de inclusión de la dieta total. Los autores reportaron que no hubo diferencia significativa en el consumo voluntario de materia seca, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y pH ruminal y concluyen que tanto el aserrín de pino como el bagazo de agave pueden ser utilizados como fuente alterna de fibra con resultados similares a las fuentes convencionales de fibras, como lo es el rastrojo de maíz.

Vicente Pérez *et al.* (2020) evaluó en 24 corderos enteros de la raza Katahdin el efecto la alimentación con una dieta testigo sin fibra de forraje (con aserrín de pino como fuente de fibra y con dieta testigo más promotor de crecimiento clorhidrato de

zilpaterol (genérico; Grofactor). Los autores reportaron que la utilización de CZ mejoró el rendimiento productivo y las características de la canal, incluso en ausencia de fibra de forraje convencional. El aserrín de pino cumplió un papel funcional al facilitar la motilidad ruminal sin interferir con la eficiencia energética de la dieta. Esto sugiere que es posible utilizar ingredientes fibrosos como el aserrín para mantener la salud digestiva sin intervenir en la ganancia de peso o la calidad de la carne, especialmente cuando se emplean promotores de crecimiento como el clorhidrato de zilpaterol.



Figura 6. Pino mexicano amarillo (*Pinus Patula*).

3.6.2 Subproductos de cacao como fuente de fibra

Los Subproductos del cacao son fuentes de fibras alternas que han estudiado algunos autores (García-Villoslada *et al.*, 2022), para bajar costos de producción en sus rebaños. En el caso del cacao (*Theobroma cacao L.*) en las variedades (ARRIBA y CCN-51) Verá-Rodríguez *et al.* (2021) evaluó las características de digestibilidad y nutrimentales de sus subproductos (cascara, cascarilla y placenta). Los autores concluyeron en su investigación que estos, cumplen con las características en porcentajes necesarios (fibra, energía bruta, y degradabilidad) para la alimentación de rumiantes por lo que se establece que pueden ser utilizadas como alternativa para la alimentación de rumiantes. Por otra parte, Carta *et al.* (2020) con el objetivo de evaluar el comportamiento productivo y perfil hematológico en ovejas lechera de la raza zarda, probaron la adición de distintos niveles de fibras no convencionales (50 y 100 g de cascará de cacao; considerando el límite permisible de teobromina en este ingrediente) y una fibra convencional (100 g de cascarilla de soja). Los autores reportaron que la condición corporal y el peso vivo no fueron ($P \geq 0.05$) afectados por los tratamientos. En el caso del perfil hematológico se encontró que la adición del 100 g de cascarilla de cacao tuvo mayor ($P < 0.05$) número de linfocitos, porcentaje y numero de basófilos granulados en relación de los distintos niveles de cascarilla de cacao. Los autores concluyen que a pesar de encontrarse algunas diferencias en algunos parámetros hematológicos con la utilización de distintas fuentes de fibra, la mayoría de ellas estuvieron dentro del rango de referencia, además que el peso vivo y condición corporal no fueron afectados por el tratamiento, por lo que la cascara de cacao puede ser utilizada como una fuente de fibra efectiva en la dieta de ovejas de leche.

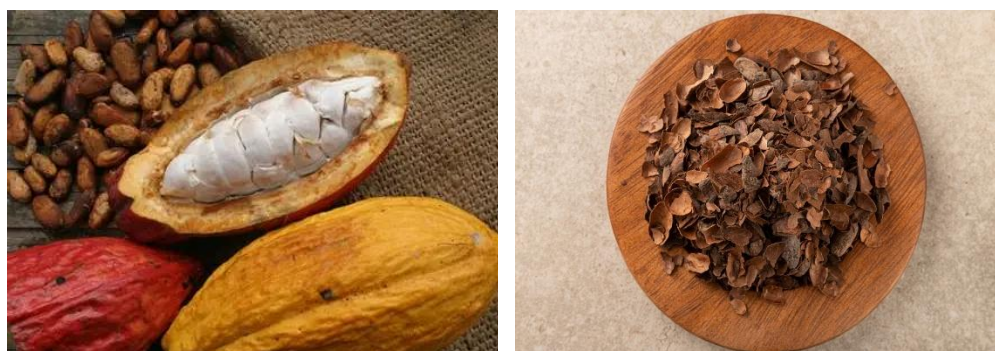


Figura 7. Subproductos del cacao; cascara y cascarilla.

3.6.3 Algas marinas como fuente fibra

Con relación a las algas marinas, considerando que México cuenta con las condiciones climáticas para su propagación y que la producción de fuentes de fibras para la alimentación animal es limitada, Marín *et al.* (2003), probó en 20 borregas Pelibuey destetadas la inclusión del 25% alga (*Sargassum spp.*) evaluando comportamiento productivo (consumo de alimento, consumo agua y conversión alimenticia). Las borregas fueron designadas al azar en dos dietas: T1: dieta base formulada isopróteica e isoenergeticamente sin *Sargassum spp.*, T2: dieta base formulada isopróteica e isoenergeticamente con 25% de *Sargassum spp.* Los autores encontraron que no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) para la GDP (130 g/d en el grupo con alga y 125 g/d para el sin algas). El consumo de agua fue mayor en las borregas alimentadas con *Sargassum spp.* como efecto de los altos contenidos de sales en las algas, por lo que los animales alimentados con altos contenidos de sales deberán consumir mayor cantidad de agua para regular su balance osmótico en el tracto gastrointestinal. En base a los resultados obtenidos los autores recomiendan que utilizar el 25% de *Sargassum spp.* en dietas de pequeños rumiantes, puede ser una opción favorable para bajar costos de alimentación en rumiantes, en comparación con otras fuentes de fibra como la alfalfa, ingrediente de mayor cantidad como fuente de fibra en estudio antes mencionado.

Casas-Valdez *et al.* (2005) analizaron la composición química de (*Sargassum spp.*) y evaluó comportamiento productivo en cabras hembras nubia de 43 semanas de edad con peso metabólico inicial de 9.5 kg al inicio del experimento mismas que fueron distribuidas aleatoriamente en dos dietas experimentales, T1: dieta sin adición de *Sargassum spp.* y T2: dieta que incluyo 25% de harina de *Sargassum spp.* cabe mencionar que las dietas contenían similares requerimientos, sin embargo, por las características nutricionales de la *Sargassum spp.* los ingredientes se trabajaron en distintas proporciones. Al finalizar el experimento el peso corporal, consumo de alimento y conversión alimenticia no tuvieron diferencia significativa ($P > 0.05$) entre tratamientos; mientras que el consumo de agua fue mayor ($P < 0.05$) en las cabras alimentadas con algas por su contenido de sales. Por su composición

química y por no encontrar diferencias significativas entre tratamientos, los autores recomiendan la utilización de este recurso natural en la alimentación de pequeños rumiantes.



Figura 8. Macroalga planctónica *Sargassum* spp.

3.6.4 Bagazo de Agave como fuente de fibra

El bagazo de Agave es otra fuente de fibra alterna que algunos autores (Delgadillo-Ruiz *et al.*, 2015; Guerra-Medina *et al.* 2015) han estudiado con el objetivo de encontrar fuentes efectivas que sustituyan las fuentes convencionales de fibra en la dieta de corderos. Debido a que este se ha vuelto un problema para la industria tequilera por la dificultad para deshacerse de los residuos de las piñas, por lo que se ha buscado diferentes usos para el aprovechamiento de estos, considerando que las piñas de agave tienen un peso alrededor de 40 a 60 kg, de los cuales 70% es agua, 22% azúcares y el 8% fibra o bagazo (Vidrio, 2006). Por lo que Guerra-Medina *et al.* (2015) evaluaron dietas isoproteicas e isocalóricas para ovinos machos enteros, distribuidos en tres tratamientos donde: T1 consistió en la dieta base con 15% de rastrojo de maíz (dieta testigo); T2 consistió en la dieta base con 15% de bagazo de agave, y T3 consistió en la dieta base con 15% de aserrín de pino. Evaluando ganancia diaria de peso (GDP), consumo de materia seca (CVMS), conversión alimenticia (CA) y pH ruminal. Los autores encontraron que en la GDP a pesar de no encontrar diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en los cinco primeros periodos, para el sexto periodo el T3 tuvo mayor GDP seguido del T2, para la CA paso lo mismo respecto a los periodos, hasta el sexto periodo los borregos con T2 mejoraron la CA por lo que demostraron tener una mejor eficiencia alimenticia. Por

lo que se concluyó que la utilización de aserrín de pino o bagazo de agave puede sustituir al rastrojo de maíz al no haber diferencias significativas en CVMS, GDP CA y pH y no afectar estas variables productivas, pero si ser mejores al resto de las fuentes de fibra en la dieta para ovino.

Por otro lado, Reyes-Castro *et al.* (2022), evaluaron con hojas de *Agave tequilana* Weber cv. azul donde evaluaron el comportamiento productivo en 20 corderos machos, donde midieron el efecto de 4 niveles de inclusión de agave en la dieta; T1 100% de alimento comercial estándar para engorda (testigo), T2 70% de alimento comercial y 30% de ensilado de agave, T3 40% de alimento comercial y 60 % de ensilado de agave y T4 100% de ensilado de agave. Los autores reportaron que la inclusión del 100% de agave tuvo menor ($P < 0.05$) ganancia de peso total, para el resto de los tratamientos se comportó de manera similar. En la ganancia diaria, reportaron que el T1 fue similar al T2, pero el T2 fue similar al T3 y 4. Por lo que concluyeron que el ensilado de hojas de *Agave tequilana* Weber cv. Azul en una inclusión de 30% y 60% generan mejores ganancias de peso por lo que puede ser utilizado en borregos de engorda para bajar costos de producción.



Figura 9. Bagazo de agave durante y después de la fermentación.

3.6.5 Bagazo de caña como fuente de fibra

Uno de los subproductos de la industria azucarera es el bagazo de caña o cascara de caña se adquiere o se obtiene después de un proceso de extracción del jugo, se constituye principalmente por lignina, hemicelulosa y celulosa, elementos que

conforman a la fibra y por lo que se convierte en una opción de alimentación ruminal a través de tratamientos que inhiben la cristalización de la celulosa para poder convertirse en azúcares fermentables (Pernalente, *et al.*, 2008). Por su parte, Movalian *et al.* (2020), evaluaron en 9 vacas lecheras de la raza Holstein, el efecto de dos fuentes de fibra en su alimentación (bagazo de caña y paja de trigo) sobre la producción de leche, consumo, digestibilidad, concentración de ácidos grasos, tiempo de masticación, y fermentación ruminal. Donde concluyen que el bagazo de caña puede ser utilizado como una alternativa de fuente de fibra en la alimentación de vacas lecheras dando como observación importante que el bagazo de caña es menos digestible, no afectando significativamente las variables evaluadas.



Figura 10. Bagazo de caña después de la extracción del jugo.

3.7 Metabolitos sanguíneos en ovinos

Los mamíferos que están clasificados como rumiantes son denominados de esta manera por su estructura digestiva (Rotta *et al.*, 2014) que se caracteriza por tener cuatro compartimentos 1. Retículo (red o redecilla) 2. Rumen (panza) 3. Omaso (librillo) y Abomaso cuajar; (Qiyu *et al.*, 2019) donde su estructura se basa en su capacidad de alimentarse de forrajes y pastos, con altos contenidos de hidratos de carbono estructurales tales como la celulosa, hemicelulosa y pectina, mismos que son poco o nulamente digestibles en animales no rumiantes, esto es posible por la digestión fermentativa que se lleva dentro de los divertículos estomacales (Gutiérrez, 2015). Este proceso fermentativo es realizado por diferentes tipos de microorganismos que habitan dentro de ellos (bacterias, protozoos y hongos), para

que este proceso sea llevado de manera correcta el medio ruminal debe ser el adecuado para diferentes aspectos (aporte de nutrientes, pH, anaerobiosis, presión osmótica, temperatura y eliminación de gases). Si los procesos se mantienen de manera normal, nos llevará a una buena nutrición y salud de los rumiantes (Relling y Mattioli, 2003).

Una forma eficiente de conocer el estado nutricional de los animales es mediante el análisis de parámetros hematobioquímicos, a través de estos estudios además de definir el estado nutricional se puede identificar de manera exacta algunas patologías. Además de aportar información sobre la capacidad que tienen los animales para adaptarse a diferentes estados de estrés, esto a través del efecto en la concentración de analitos sanguíneos (Sejian *et al.*, 2010). Por su parte, Rueda Prada (2019), quien analizó metabolitos energéticos y proteicos en ovejas criollas como glucosa, colesterol, urea, proteínas totales y nitrógeno ureico observando que sus concentraciones varían según el día y la hora de muestreo. Los resultados de perfiles metabólicos pueden variar respecto a múltiples situaciones en las que se encuentre el animal tales como genética, estado fisiológico, patologías, estado nutricional, respuesta inmunológica a factores externos (variación climática, cambio de alimentación, cuadros de estrés, entre otras) (Van Saun, 2022).

Entre los metabolitos más importantes destacan los siguientes:

- **Glucosa:** Fuente primaria de energía, utilizada en la respiración celular.
- **Proteínas totales:** Indicador de nutrición y salud. Participan en la presión osmótica coloidal y en el transporte de sustancias como lípidos, ácidos grasos, hierro, cobre y hemoglobina.
- **Urea y BUN (nitrógeno ureico en sangre):** Reflejan el metabolismo proteico y la eficiencia del reciclaje de nitrógeno. Niveles alterados pueden señalar desbalances nutricionales o enfermedades.
- **triglicéridos:** Son lípidos fundamentales en el metabolismo energético de los ovinos. Actúan como una fuente de energía de reserva, almacenados en el tejido adiposo y liberados como ácidos grasos libres cuando el organismo requiere energía adicional, especialmente durante periodos de alta demanda como la gestación, lactancia o estrés térmico.

Cuadro 4. Rango de referencia de los niveles de analitos sanguíneos en ovinos.

Metabolito	Rango de referencia (mg/dL)
Glucosa	50-80
Colesterol	40-100
Proteínas Totales	6-8
Triglicéridos	Menor a 150
Urea	17-43

(Kaneko *et al.*, 2008; Carlos *et al.*, 2015).

3.8 Microorganismos del rumen

Dentro del rumen habita una población múltiple integrada principalmente por bacterias, hongos y protozoos, estos microorganismos se convierten en huéspedes del rumen y su interacción es simbiótica, ya que el rumen les brinda las condiciones ambientales ideales que les permiten su proliferación, su función principal dentro del rumen es la degradación de los alimentos compuestos principalmente de celulosa y hemicelulosa (fibra) a través de la fermentación, de la cual se obtienen como producto final los ácidos grasos volátiles (AGV) que son la principal fuente de energía de los rumiantes, (Castillo-González *et al.*, 2014).

Los rumiantes bovinos alcanzan a proliferar la microflora ruminal de un adulto de la tercera a la novena semana de nacidos (Ralling y Mattioli). Respecto a los ovinos alcanzan su proliferación microbiótica en la sexta semana de vida involucrando aspectos como el acceso a alimentos sólidos, contacto con otros rumiantes, tiempo destinado para rumear, cantidad de saliva segregada, consumo de agua, y desarrollo de la capacidad digestiva (Blanco, 1999). La cantidad de diferentes tipos de organismos que habitan en el rumen dependen considerablemente en el tipo de alimento que ingieren los animales, y por factores ambientales.

3.8.1 Bacterias

Las bacterias son los microorganismos predominantes en toda esta población y colaboran mediante la producción enzimática a la fermentación y degradación de los polímeros vegetales (Xu *et al.*, 2021) pueden clasificarse:

Cuadro 5. Clasificación de las bacterias ruminales.				
Bacterias	Tipos	Tinción en Gram	Función	Producto final
Celulolíticas	<i>Fibrobacter succinogens</i> , <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	Negativas	Degradación de hidratos de carbono (CH ₂ O) _n poliméricos a AGV's y alcoholes	Acetato, Formiato, Etanol y Propionato.
	<i>Ruminococcus flavefaciens</i> , <i>Ruminococcus albus</i> , <i>Clostridium longisporum</i> , <i>Eubacterium cellulosolvens</i> , <i>Clostridium cellobioparum</i>	Positivas		
Hemicelulíticas	<i>Prevotella ruminicola</i>	Negativa	Degradación de hemicelulosa y producción de energía	
	<i>Eubacterium xylanophilum</i> , <i>Eubacterium uniformis</i>	Positivas		
Lipolíticas	<i>Anaerovibrio lipolytica</i>	Negativa	Catalizan la hidrólisis de los ácidos grasos y el glicerol.	Acetato y Propionato
Pectinolíticas	<i>Treponem saccharophilum</i> ,	Negativa	División de la cadena de pectinas y producción de gas metano.	Acetato y Fumarato
	<i>Lachnospira multiparus</i>	Positiva		
Proteolíticas	<i>Prevotella sp.</i>	Negativa	Descomposición de la celulosa y producción de aminoácidos y péptidos de cadena mas corta	Aminoácidos y nitrógeno
	<i>Ruminobacter amylophilus</i> , <i>Clostridium bifermentans</i>	Positiva		
Amilolíticas	<i>Prevotella ruminicola</i>	Negativa	Convierten los materiales amiláceos en AGV's	Formato, Propionato y Acetato.
	<i>Streptococcus Bovis</i> <i>Ruminobacter amylophilus</i>	Positiva		
Sacarolíticas	<i>Succinivibrio sp.</i>	Negativas	Fermentación de hidratos de	

	<i>Lactobacillus sp.</i> <i>Bifidobacterium ruminantium</i>	Positivas	carbono simples y producción de butirato	Lactato, Acetato, Fumarato y Succinato
Taninolítica	<i>Streptococcus Caprinus</i> <i>Eubacterium oxidoreducens</i>	Positivas	hidrolizan los taninos	
Ureolíticas	<i>Megasphaera elsdenii.</i>	Negativa	Producción de amonio	Amoniac y CO ₂

(Xu *et al.*, 2021)

3.8.2 Protozoarios

Son microorganismos anaerobios estrictos, procariotas y unicelulares que mantienen un papel importante en el proceso digestivo de los rumiantes, ayudan a una mejor absorción nutricional de los alimentos sólidos con alto contenido de fibra. Los protozoarios pueden llegar a poblar el rumen hasta un 50% de la microfauna total. Estos al igual que las bacterias cumplen un papel importante en la producción de ácidos grasos volátiles AGV's. Se estima que la población de protozoarios en el rumen es de (10^6 mL^{-1}) de protozoarios ciliados y (10^2 mL^{-1}) de protozoarios flagelados (Ley de Coss *et al.*, 2018). Los protozoarios ciliados son agrupados en holotricos y entodiniomorfos.

3.8.3 Hongos

La población de hongos dentro del rumen ocupa aproximadamente un 8% del hábitat total de microorganismos, su función se basa en la degradación de tejidos vegetales con alto contenido de lignina acción relacionada con el consumo de alimentos estructuralmente fuerte de los rumiantes y que ayuda la proliferación bacteriana. Los géneros más conocidos son ***Neocallimastix***, ***Piromonas*** y ***Sphaeromonas***, se estima que la población fungí dentro del rumen oscila entre 10^3 y 10^5 colonias/ ml. (Estrada *et al.*, 1993).

4. HIPOTESIS

La utilización de distintos niveles de aserrín de pino (*Pinnus patula*) como fuente de fibra en la dieta de corderos no modifica los niveles de analitos sanguíneos.

5. OBJETIVOS

5.1 General

- Evaluar distintos niveles de aserrín de pino como fuente de fibra en la dieta sobre las concentraciones de analitos sanguíneos de ovinos de engorda.

5.2 Particulares

- Evaluar el efecto de la adición de aserrín de pino (*Pinnus Patula*) en distintos niveles, como fuente alterna de fibra y su efecto sobre los niveles de analitos sanguíneas relacionadas con el metabolismo energético.
- Medir el efecto de distintos niveles de aserrín de pino (*Pinnus patula*) en dieta de corderos como fuente en la dieta y su efecto sobre los niveles de analitos sanguíneas relacionadas con el metabolismo proteico.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

Todos los procedimientos de manejo y cuidado de los animales fueron realizados conforme a las Normas Oficiales Mexicanas NOM-051-ZOO-1995 (Cuidado humanitario de los animales durante su movilización). El estudio se realizó en julio y agosto de 2021, el cual consistió en una prueba de comportamiento productivo en corral de 42 d en un predio particular, ubicado en la delegación de Ahuacapán, Municipio de Autlán de Navarro, Jalisco.

6.1 Tratamientos y alimentación

Se utilizaron 32 corderos enteros Katahdin con edad promedio de 4.5 meses y 32.5 ± 4.0 kg de peso vivo, los cuales estaban adaptados a consumir una dieta base formulada con aserrín de pino (Vicente-Pérez *et al.*, 2020). Siete días antes de iniciar la prueba de comportamiento productivo los corderos se adaptaron a corraletas y a la dieta base se le adiciono 10% de rastrojo de maíz, además se le administro via oral 1 ml/10 kg PV⁻¹ de albenzazol. Al inicio de la prueba se formaron grupos de 4 corderos con similar peso inicial (factor de bloqueo) y se les asigno aleatoriamente una de cuatro dietas iso-energeticas e iso-proteicas formuladas para una ganancia diaria de peso de 300 g/ día-1 (NRC, 2007; Cuadro 1.), pero con 0 (testigo), 7, 14 y 21% de aserrín de pino (*Pinnus patula*) en sustitución al rastrojo de maíz. La alimentación de los corderos se ofreció una vez por día (7:00 h) garantizando un rechazo diario del 10%, mientras que la disponibilidad de agua fue *ad libitum*.

Cuadro 6: Composición química de las dietas experimentales.

	Niveles de inclusión de aserrín de pino (%)			
	0	7	14	21
Ingredientes (%)				
Maíz molido	54	56	57	59
Salvado de trigo	13	9	6	2
Harina de soya	6	8	10	12

Aceite de frituras	3	3	3	3
Aserrín	0	7	14	21
Rastrojo de maíz	21	14	7	0
Pre-mezcla mineral	2	2	2	2
Urea	1	1	1	1
Total	100	100	100	100
Composición ¹				
Proteína Cruda (%)	15	15	15	15
Energía neta de ganancia (Mcal/kg MS)	1.2	1.2	1.2	1.2

¹ Estimado (NRC, 2007).

6.2 Toma de variables

Las muestras sanguíneas fueron colectados cada 14 d (d 0, 14, 28 y 42), antes de ofrecer el alimento. Primero se colectaron las muestras sanguíneas en tubos vacutainer de 6 mL mediante punción en la vena yugular, después que los tubos fueron rotulados con un marcador indeleble se colocaron en una hielera de unicel para su traslado al Laboratorio de Bromatología, Nutrición y Reproducción Animal del Centro Universitario de la Costa Sur. Después de la toma de muestra de sangre, los corderos se pesaron con una báscula colgante marca Torrey® con capacidad de 200 kg y precisión de 10 g. Las muestras colectadas se centrifugaron a 3500 rpm a 10 ° C por 15 min; después se separó el suero por duplicado en viales de 2 mL y se almacenaron a -20 ° C para el posterior análisis de metabolitos séricos. Las concentraciones de glucosa y colesterol se determinaron con un equipo de química sanguínea (EasyKem Pro Vet, KontroLab, Mich., México), usando kits comerciales.

6.3 Análisis estadísticos

Los datos fueron analizados bajo un diseño de bloques completamente al azar, utilizando el PROC MIXED del SAS, versión 9.4 (SAS Institute, 2013). A las variables de estudio se les aplicó la opción de mediciones repetidas en el tiempo, por lo cual el modelo incluyó los efectos del bloqueo, nivel de aserrín de pino (0, 7, 14 y 21%),

días de engorda (d 0, 14, 28 y 42) y la interacción nivel de aserrín de pino x días de engorda.

7. RESULTADOS Y DISCUSION

Cuadro 7. Concentraciones de metabolitos sanguíneos en corderos de engorda que consumen dietas con diferente nivel de inclusión de aserrín de pino.

Metabolito mg/dL	Aserrín de pino (AP, %)					Valor de P		
	0	7	14	21	EE	AP	Day	AP*Day
Glucosa	79.2	80.9	83.7	83.4	1.5	0.16	<0.001	0.30
Colesterol	79.1	78.8	87.7	88.3	3.2	0.09	<0.001	0.07
Triglicéridos	43.1	42.4	37.9	38.9	1.7	0.12	<0.0001	0.06
Proteína Total	7.5	7.4	7.7	7.9	0.1	0.01	<0.0001	0.14
Urea	44.2	42.3	50.3	49.0	0.8	<0.001	<0.001	<0.001

EE = Error estándar

Los resultados de metabolitos sanguíneos en corderos engordados con dietas formuladas a distintos niveles de aserrín de pino (AP) se encuentran en el cuadro 7. La interacción aserrín de pino x días de engorda fue significativa solo para urea, siendo más bajo para el nivel 7% de AP en todos los periodos medidos (14, 28 y 42; Figura 11). Por otro lado, se observó efectos del día sobre los niveles de glucosa, colesterol, triglicéridos y proteína total.

Aunque existen pocos estudios sobre el uso de aserrín de pino en la engorda de ovinos, los que se han realizado solo evaluaron variables de comportamiento productivo. Guerra-Medina *et al.* (2010) no encontraron diferencias significativas en la ganancia de peso con la inclusión del 30% de aserrín de pino en sustitución al rastrojo de maíz. Resultados similares fueron reportados por Guerra-Medina *et al.* (2014 y 2015) donde encontraron que la inclusión del 15% de rastrojo de maíz, bagazo de agave y aserrín de pino en dietas para ovinos, no mostraron diferencias significativas en la ganancia de peso, no obstante, en estos estudios las ganancias de pesos fueron mayores con respecto a Guerra-Medina *et al.* (2010). En contraste,

también se ha reportado que la sustitución del 15, 20, 25, 30% de rastrojo de maíz por aserrín de pino en la engorda de toretes disminuye la ganancia de peso y consumo de alimento (Guerra-Medina *et al.*, 2010). Dichos resultados pudieron haberse dado por la baja eficiencia de los microorganismos ruminales para degradar y fermentar el sustrato o por la baja concentración de dichos microorganismos (Mateo-Sánchez *et al.*, 2002), aunque también pudo ser causado por las modificaciones en el metabolismo animal.

Si bien, el objetivo principal del uso de nuevas tecnologías relacionadas con la alimentación en rumiantes se centra en la productividad, existen procesos metabólicos, fisiológicos y ambientales que intervienen para que el animal puede mantener o mejorar su comportamiento productivo, eficiencia alimenticia, conversión alimenticia, entre otras. En este sentido, los resultados encontrados referente al uso de aserrín de pino como fuente de fibra en las dietas, sugieren que las respuestas observadas están relacionadas con modificaciones en los metabolitos sanguíneos (glucosa, proteínas totales, urea, colesterol o triglicéridos) y el estado nutricional de los animales.

La urea sanguínea en rumiantes indica la capacidad que tiene el riñón para retener o perder nitrógeno (Kaneko *et al.*, 2008), y está relacionada de forma directa con la cantidad de proteína que se ofrece, por lo que los niveles altos de urea en la sangre indican una cantidad excesiva de proteína en la dieta del animal, en relación a lo que requiere. Además, los niveles altos de urea también pueden indicar escasos niveles de energía en el alimento, lo que hace que los microorganismos no tengan la eficiencia necesaria para utilizar el nitrógeno disponible. De acuerdo a lo anterior, Guerra Medina *et al.* (2010) en un estudio donde probaron la sustitución de rastrojo de maíz por aserrín de pino en un 30%, reportaron que tuvieron una mayor degradación de proteína que provenía del alimento en borregos que consumieron la dieta con 30% de rastrojo de maíz, en relación a la dieta con 30% de aserrín de pino, resultados que sugieren ser similares al del presente estudio, donde se observa que los niveles más bajos de AP en todas las mediciones tienen menor concentración de urea. Por lo anterior, se puede dilucidar que los corderos con

mayor porcentaje de aserrín de pino tuvieron mayor cantidad de proteína que escapo del rumen para su degradación y que pudo ser absorbida a nivel intestinal (Forbes y France, 1993), no obstante, los niveles óptimos de este metabolito se encuentran dentro del rango de referencia para su especie (Kaneko *et al.*, 2008; Carlos *et al.*, 2015), por lo que se puede confirmar que no existe problema aparente por los niveles de aserrín de pino y los días de muestreo.

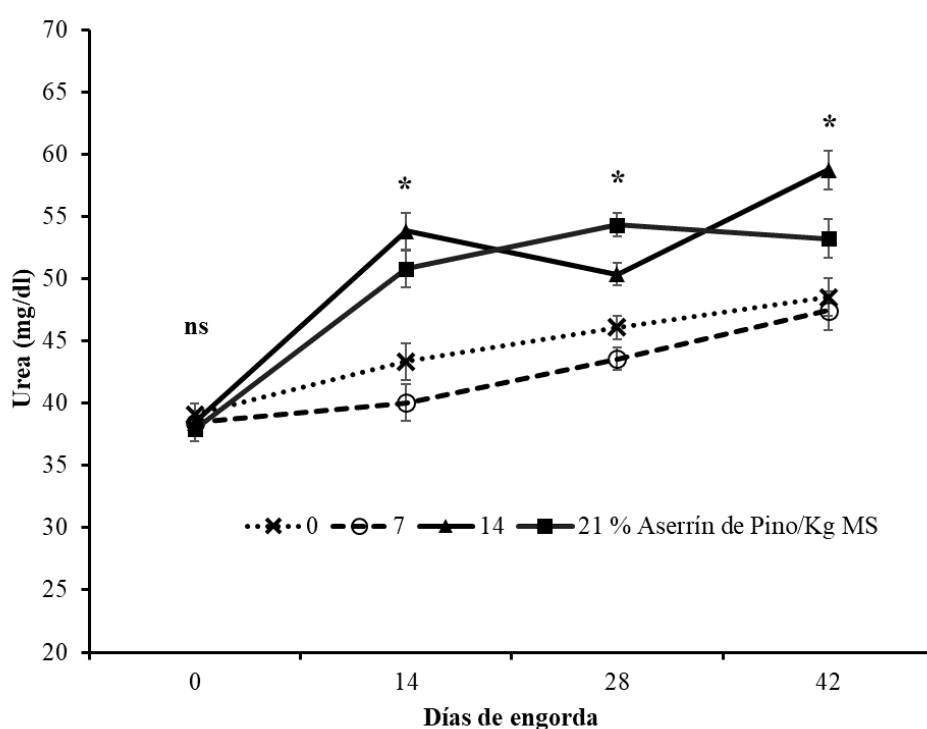


Figura 11. Efecto de interacción tratamiento (0, 7, 14 y 21% de aserrín de pino/ kg MS) y días de engorda sobre la concentración sérica de urea en corderos finalizados en corral (ns = no significativo a $P>0.05$ y * diferencia estadística entre tratamientos en cada tiempo de muestreo a $P<0.05$).

De acuerdo a los resultados del presente estudio se encontró que el aserrín de pino en sus diferentes niveles (0, 7, 14 y 21%) no promovieron ($P\geq 0.05$) cambios en el metabolismo de energía (glucosa, colesterol y triglicéridos), además de que todos los niveles reportados, se encuentran dentro del rango de referencia para corderos

de su edad y sexo (Kaneko *et al.*, 2008; Carlos *et al.*, 2015). No obstante, se encontró que la proteína total en sangre fue mayor conforme se incrementó el nivel de aserrín de pino en la dieta. En este sentido, se ha observado que los niveles plasmáticos de proteína pueden estar relacionadas positivamente con el catabolismo del músculo; este proceso metabólico se da para incrementar la disposición de aminoácidos (AA) glucogénicos para satisfacer la energía requerida, en respuesta a una reducción en la ingesta de alimento. Sin embargo, en el presente estudio no se observó reducción en el consumo de alimento por efecto de incrementar el nivel de aserrín en las dietas, no hay ningún estudio donde hayan utilizado aserrín de pino como fuente de fibra en la dieta de rumiantes y evalúen este metabolito en sangre, además los niveles de este metabolito sérico se encuentran dentro del rango de referencia (Kaneko *et al.*, 2008; Carlos *et al.*, 2015), por lo que sugiere que existió un proceso de catabolismo, sin considerarse un problema metabólico con el uso de sus distintos niveles.

8. CONCLUSIONES

La utilización de distintos niveles de aserrín de pino como fuente de fibra en la dieta de corderos no tiene efectos aparentes en los niveles de metabolitos sanguíneos relacionados al metabolismo de energía y proteína, pero si se ve el efecto de los niveles sobre los días de medición. Sin embargo, todos los niveles de metabolitos se encontraron dentro del rango de referencia, por lo que no existen problemas metabólicos con la alimentación de esta fuente de fibra alterna en la dieta de corderos en engorda.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Arce-Recinos C, Chay-Canul AJ, Alarcón-Zúñiga B, Ramos-Juárez JA, Vargas-Villamil LA, Aranda-Ibáñez EM, Sánchez-Villegas NA, Lopes Días da Costa R. 2021. Índices de eficiencia alimenticia en ovinos de pelo: calidad de la carne y genes asociados. Revisión. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 12(2):523-552.
- Arteaga CJD. 2008. Situación Actual de la Ovinocultura en México. AMCO. II Foro de Rentabilidad Ovina. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Documents/MANUALES%20INIFAP/M anual%20Producci%C3%B3n%20de%20Carne%20Ovina.pdf> Accesado Mayo de 2021.
- Arteaga CJD. 2012. Mensaje institucional en el acto Inaugural del VII Foro Ovino del Estado de México. INIFAP. ICAMEX. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Documents/MANUALES%20INIFAP/M anual%20Producci%C3%B3n%20de%20Carne%20Ovina.pdf>. Accesado Mayo de 2021.
- Bach, A. y Calsamiglia, S. 2006. La fibra en los rumiantes: ¿química o física? XXII curso de especialización FEDNA. 99-112.
- Bello-Pérez E, López-Díaz CA, Ruiz-Romero RA, Chay-Canul AJ, Lee-Rangel HA, González-Ronquillo M, y Navid Ghavipanje KT. 2023. Una breve actualización sobre la producción ovina en México: retos y perspectivas. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 26(101): 1-19.
- Blanco M. 1999. Bacterias ruminales. Sitio Argentino de Producción Animal. Fisiología digestiva y manejo del alimento. P:1-5.
- Bobadilla-Soto EE, Salas-Razo G, Padillas-Flores JP, Perea-Peña M. 2015. Unit displacement of sheep production in Mexico by effect of imports International. Journal of Developmental Research, 5(2):3607-3612.

- Calsamiglia, S. 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. XII curso de especialización FEDNA.
- Cannas, A., Tedeschi L, O., Atzori, S, A., Lunesut, F. 2005. ¿Cómo pueden los modelos de nutrición aumentar la eficiencia de la producción de ovejas y cabras?. Revista Científica. Vol.10:(1093).
- Carlos MML, Leite JHGM, Chaves DF, Vale AM, Façanha DAE, Melo MM, Soto Blanco B. Blood parameters in the Morada Nova sheep: influence of age, sex and body condition score. J Anim Plant Sci 2015;25(4):950-955.
- Carta, S, Nudda, A, Cappai, M. G, Lunesu, M. F, Atzori, A. S, Battacone, G. y Pulina, G. 2020 Cocoa husks can effectively replace soybean hull in dairy sheep diets- Effects on milk production traits and hematological parameters. American Dairy Science Association. 103: 1553-1558.
- Casas-Valdez, M, Hernández-Contreras, H, Marín- Álvarez, A, Águila-Ramírez, R. N, Hernández-Guerrero, C. J, Sánchez Rodríguez, I. y Carrillo-Domínguez S. 2005. El alga marina *Sargassum* (*Sargassaceae*): una alternativa tropical para la alimentación del ganado caprino. Revista de Biología Tropical. 54(1): 83-92.
- Castillo-Gonzalez, A, R., Burrola-Barraza, M, E., Dominguez Viveros, J., Chavez Martinez, A. Rumne microorganisms and fermentation. Archivos de Medicina Veterinaria. Vol 46 (3): 349-361
- Church, D. C., Pond, W. G. y Pond, K. R. 2007. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Ed. Limusa. 2a ed. México. 636 pp.
- Delgadillo Ruiz, L, Bañuelos Valenzuela R, Esparza Ibarra, E. L, Gutiérrez Bañuelos, H, Cabral Arellano, J. y Muro Reyes A. 2015. Evaluación del perfil de nutrientes de bagazo de agave como alternativa de alimento para rumiantes. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 11: 2099-20103.
- Dos Santos MM, Souza-Junior JBF, Dantas MRT, De Macedo-Costa LL. An updated review on cattle thermoregulation: physiological responses, biophysical

mechanisms, and heat stress alleviation pathways. *Environ Sci Pollut Res* 2021;28:30471-30485.

Espinosa-Garza G., Loera-Hernández I., Antonyan N. 2018. Formulation and preparation method of pine - sawdust-based food for ruminants. *MATEC Web of Conferences*, 192:1-4.

Forbes, J. M., France, J. 1993. *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*. CAB International, UK. pp 123-130.

François Domingue, B, M., Dellow D, W., y Barry T, N. 1990. La eficiencia de la masticación durante la ingestión y la rumia en cabras y ovejas. *Instituto de Investigación de Animales y Pastos Irrigados*. Vol 1:355-363.

Gafsi M, Legagneux B, Nguyen G, Robin P. 2006. Towards sustainable farming systems: Effectiveness and deficiency of the French procedure of sustainable agriculture. *Agricultural Systems*, 90 (1): 226-242.

García Villoslada, A, E., Acosta Núñez, Y, N., Terrones Campos H, G., Carrasco Pacheco R, E., Autukai Biktuk, J, L. 2022. Subproductos del cacao (*Theobroma cacao*) como alternativa para la mejora de la dieta balanceada en rumiantes. *Revista de Investigación Científica Dekamu agropec*. Vol. 3(1): 42.57.

Genovés-Chanona, F, Ayala Burgos, A, J, Sandoval Castro, C. A, Cerina Góngora, R, y Reyes Ramírez, R. 2008. Efecto del tamaño de partícula de la fibra en la dieta sobre la conducta ingestiva, digestión de nutrientes y suministro de proteína microbiana al duodeno de bovinos. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*. 18(2): 180-187.

Guerra-Medina, C. E, Cobos-Peralta, M. A, Montañez- Valdez, O. D, Pérez-Sato, M. 2010 Uso de aserrín de pino (*pinus patula*) como fuente de fibra en dietas para borregos en cebo. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 12 (3): 667-673.

Guerra-Medina, C. E, Medina-Torres, L. G, Montañez-Valdez, O. D, Pérez-Sato M y Ley de Coss A. 2014 Rendimiento del crecimiento de corderos en crecimiento alimentados con aserrín de pino (*Pinus Patula*) como complemento a la dieta

básica con Monensina Sódica. Nutrición animal y tecnología de piensos. 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 y Pinto-Ruiz, R. 2015 Fuentes alternas de fibra en dietas integrales para ovinos en engorda intensiva. Quehacer Científico en Chiapas. 10 (1): 3-8.

Gutiérrez Borroto, O. 2015. La fisiología digestiva del rumiante, objeto de investigación en el instituto de Ciencia Animal durante cincuenta años. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 49(2): 179-188.

Hernández-Marín JA, Valencia-Posadas M, Ruiz-Nieto JE, Mireles-Arriaga AI, Cortez-Romero C, Gallegos-Sánchez J. 2017. Contribución de la ovinocultura al sector pecuario en México. Agroproductividad, 10 (3): 87-93.

Hernández-Martínez J, Rebollar-Rebollar A, Mondragón-Ancelmo J, Guzmán-Soria E, Rebollar Rebollar S. (2016). Costos y competitividad en la producción de bovinos carne en corral en el sur del Estado de México. Investigación y ciencia, 69: 13-20.

Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss ML. Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 6th ed. Academic Press; San Diego (USA). 2008;916p.

Ley de Coss, A., Aguirre-Medina, J, F., Marroquín-Agreda, F, J., Toledo-Toledo, E, Aguilar-Fuentes, J., Guerra Medina, E. 2020. Protozoarios Ciliados del rumen, su cultivo in vitro y plantas con capacidad desfaunante. Agroproductividad. P:52-57.

Marín, A, Casas M, Carrillo, S, Hernández, H. y Monroy, A. 2003 Comportamiento de ovinos alimentados con raciones que incluyen el alga marina Sargassum spp. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 37 (2): 119-123.

Mateo-Sanches J.M., Cabos-Peralta M.A., Trini-Santos A., Cetina-Alcalá V. y Vargas-Hernández J. (2002). Aislamiento de bacterias ruminales degradadoras del aserrín. Agrociencia, 3(5), 523-530.

- Matesanz José. Antonio. 1965. Introducción de la ganadería en Nueva España, 1521-1535. historia mexicana, el colegio de México. 14(4):533-566.
- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. Journal of Dairy Science. 80:1463-1481.
- Mizhari, I. 2013. Sistema digestivo de los rumiantes y entorno ruminal. Las procariotas: Biología procariota y asociaciones simbióticas Cuarta edición. 21:533-544.
- Molavian M, Ghorbani GR, Rafiee H, KA Beauchemin. Substitution of wheat straw with sugarcane bagasse in low-forage diets fed to mid-lactation dairy cows: Milk production, digestibility, and chewing behavior. Journal of Dairy Science. 103(9): 8034-8047.
- Muñoz-M, Camila. y Canto M, Francisco. 2020. Capítulo 2, Nutrición y alimentación de los rumiantes. Programa de Difusión Tecnológica en subsector pecuario bovino para el territorio Patagonia Verde. Intervención sistémica de los planteles ganaderos de cría, Instituto de investigación agropecuaria. 416 (2): 23-40.
- Nava-Cuellar, C, Díaz-Cruz, A. 2001. Introducción a la digestión animal. Departamento de Nutrición animal, Sitio Argentino de Producción Animal, Repositorio Digital de Acceso Abierto. p: 1-13.
- Nuncio-Ochoa G, Nahed-Toral J, Díaz-Hernández B, Escobedo-Amezcu F, Salvatierra-Izaba B. 2001. Caracterización de los sistemas de producción ovina en el estado de Tabasco. Agrociencia, 35(4):469-477.
- Orona-Castillo I, López-Martínez JD, Vázquez-Vázquez C, Salazar-Sosa E, Ramírez-Ramírez MA. 2014. Análisis microeconómico de una unidad representativa de producción de carne de ovino en el estado de México bajo un sistema de producción semi intensivo. Revista Mexicana de Agronegocios, 34:720-728.
- Partida de la Peña., J.A., Braña V., D., Jiménez S., H., Ríos R., F.G. y Buendía R., G. 2013. Producción de carne ovina. Centro Nacional de Investigación

Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP. Ajuchitlán. Querétaro. Libro técnico 5.

Partida JA, Braña-Varela D, Jiménez-Severiano H, Ríos-Rincón FG, Buendía-Rodríguez G. (2013). Producción de carne ovina. Querétaro, México: INIFAP/SAGARPA.

Pernalet, Z, Piña, F, Suarez, M, Ferrer, A. y Cateryna, A. 2008. Fraccionamiento del bagazo de caña de azúcar mediante tratamiento amoniacal: efecto de la humedad del bagazo y la carga de amoniaco. Redalyc. 20(1):3-10.

Qiyu, D, Rong, Z. y Tong, F. 2019. Review off Strategies to Promote Rumen Development in Calves. Animals MDPI. 9: 1-15.

Relling, A. E. y Mattioli, G. A. 2002-2003. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. Editorial EDULP. P:14-16.

Rene García, A. 2009. Usage of penn state forage separator for evaluating particle size of TMRs. Dairy Science Department College of Agriculture. 1(1): 1-29.

Reyes-Castro, S, Valencia-Posadas, M, Gutiérrez-Arenas, D. A, De la Luz-Aguilar, G. M, Gutiérrez-Chávez, A. J, Isidró-Pérez, M. F. y Núñez-Palenius, H. G. 2022. Uso del ensilado de Agave tequiliana weber cv. Azul en la alimentación de ovinos en crecimiento. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research.5(2):2137-2148.

Rotta, P. P, Valladares Filho, S. C, Detmann, E, Costa Silva, L. F, Paulino, M. F, Marcondes, A. A. G, Lobo, F. A. y Villadiego, C. 2014. Digesta sampling sites and marker methods for estimation of ruminal outflow in Bulls fed different proportions of corn silage or sugarcane. Journal of Animal Science, 92(7): 2996-3006.

Rubio-Lozano MS, Braña-Varela D, Méndez-Medina D, y Delgado-Suárez E. 2013. Sistemas de producción y calidad de carne bovina. Folleto técnico No. 28. SAGARPA Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

- Rueda-Prada, G, A. 2019. Metabolitos sanguíneos energéticos y proteicos asociados al estado nutricional en ovejas criollas. Tesis para obtención de Título de Maestría en salud y producción animal. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Santoyo-Cortés, V, H., Calderón-Cabrera, J, Martínez-González, G, E, Palacio-Muñoz, V, H. 2022. Modelos de negocio para la producción de ovinos en el nororiente y centro del Estado de México. Revista mexicana de ciencias pecuarias. Vol.13(1):145-162.
- Schultz, E. B, Marzall do Amaral, R, Siqueira Gloria, L, Teixeira Rodríguez, M, y Mendonca Vieira, R. A. 2019. Comportamiento ingestivo de cabras lecheras alimentadas con dietas que contienen niveles crecientes de fibra detergente neutra y tamaño de partícula, utilizando análisis multivariante. Acta Scientiarum. 41:1-8.
- Sejian, V, Vijai, P. M. Sayeed, M. y Naqvi K. 2010. Adaptive capability as indicated by endocrine and biochemical responses of Malpura ewes subjected to combined stresses (thermal and nutritional) in a semi-arid tropical environment. Int J Biometeorol. 54:653-661.
- Van Saun, R, J. 2023. Perfil metabólico en el diagnostico de rumiantes. ELSEVIER. 39(1): 49-71.
- Vera Rodríguez, J. H, Jiménez Murillo, W. J, Naula Mejía, M. C, Villa Cárdenas, U. J, Zaruma Quito, F. A, Montencé Maridueña, G. Y, Cabrera Carreño, W. J, Zambrano Valencia, F. N, Astudillo Ludizaca, C. M. 2021 Residuos de la producción de cacao (*Theobromacacao L.*) como alternativa alimenticia para rumiantes. Revista Colombiana de Ciencia Animal RECIA. 13(2): e839.
- Vicente-Pérez, R, Macías-Cruz, U, Andrade-Mancilla, R, Vicente, R, O-García, E, Martínez-Martínez, R, Avendaño-Reyes, L y D-Montañez, O. 2020 Suplementación de clorhidrato de zilpaterol en corderos finalizados con dieta sin fibra de forraje. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 11(3): 638-650.
- Vidrio, L. G. 2006. Digestibilidad in vivo del bagazo de agave (Tequilana weber variedad Azul) tratado con enzimas exógenas. Tesis de maestría. 67 pp.

- Wahrmund, J. L., Ronchesel, J. R., Krehbiel, C. R., Goad, C. L., Trost, C. L. y Richards, C. J. 2012. Ruminant acidosis challenge impact on ruminal temperature in feedlot cattle. *American Society of Animal Science*. 90:2794-2801.
- Williams, A. G., y Coleman, G. S. 1997. The rumen protozoa. In: *The Rumen Microbial Ecosystem*. In: Hobson, P. N., & Stewart, C. S. (Eds.). Blackie Academic and Professional Publishers, London, pp. 73-139.
- Xu Qingbiao, Qinqin Qiao, Ya Gao, Jinxiu Hou, Mingyang Hu, Yufeng Du, Ke Zhao y Xiang Li. 2021. Gut Microbiota and Their Role in Health and Metabolic Disease of Dairy Cow. Hunan Agricultural University. *Nutrition and Microbes*, a section of the Journal *Frontiers in Nutrition*. Vol. 8:701511
- Zhao, H. X., Zhang, T., Xu, M., y Yao, H. 2010. Effects of physically effective fiber on chewing activity, ruminal fermentation, and digestibility in goats. *American Society of Animal Science*. All rights reserved. Vol 89:501-509.