



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

**CLINOPTILOLITA Y BENTONITA EN DIETAS DE CABRITOS EN ENGORDA  
SOBRE LOS PARAMETROS PRODUCTIVOS Y NITROGENO EN HECES**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA**

**PRESENTA**

**MARÍA JOSÉ LOPÉZ GASCA**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. NUMA POMPILIO CASTRO GONZÁLEZ**

**Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre de 2024**



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

**CLINOPTILOLITA Y BENTONITA EN DIETAS DE CABRITOS EN ENGORDA  
SOBRE LOS PARAMETROS PRODUCTIVOS**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA**

**PRESENTA**

**MARÍA JOSÉ LÓPEZ GASCA**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. NUMA POMPILIO CASTRO GONZÁLEZ**

**ASESORES**

**DR. MARCOS PÉREZ SATO**

**DR. EUTIQUIO SONI GUILLERMO**

**Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre 2024**

La presente tesis titulada: **CLINOPTILOLITA Y BENTONITA EN DIETAS DE CABRITOS EN ENGORDA SOBRE LOS PARAMETROS PRODUCTIVOS**

y realizada por **MARÍA JOSÉ LÓPEZ GASCA** ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

**LICENCIADO(A) EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA**

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

Consejo Particular integrado por:

Firma

Director: **DR. NUMA POMPILIO CASTRO  
GONZÁLEZ**

---

Asesor: **DR. MARCOS PÉREZ SATO**

---

Asesor: **DR. EUTIQUIO SONI GUILLERMO**

---

Tlatlauquitepec, Puebla, México.

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: **Nombre del Cuerpo Académico** y de la Línea de Investigación: **Nombre de la línea de investigación**. Dicho trabajo, fue financiado por: **Nombre del Programa, Institución o Patrocinador (en caso de existir)** o con recursos propios.

## DEDICATORIAS

A dios y la virgen por bendecirme en todo momento y así poder culminar esta gran etapa de mi vida, un gran sueño que inicio en el 2020.

A mis abuelos maternos Eduardo Lopez Moreno y Maria Gasca Zamora son el pilar mas importante en mi vida y aunque mi abuelo se tuvo que adelantar siempre estaré muy agradecida por haberme criado, educado, querido y sobre todo apoyado, abuelita gracias por apoyarme en toda esta etapa de mi vida, gracias por ponerme de comer todos los domingos antes de irme a la universidad, gracias por preocuparte en todo momento, esta tesis y el titulo es para ustedes y por ustedes los amo.

A mi madre Magdalena Lopez Gasca, gracias por darme la vida, gracias por siempre apoyarme y así poder terminar mi formación profesional, siempre estaré agradecida contigo por todo lo que has hecho por mi te amo y estoy orgullosa de la gran madre que eres.

A mis compadres Benito Lopez y Yenny Nava gracias por su apoyo, por preocuparse por mi y no dejarme sola en ninguna circunstancia y gracias por darme 3 primos que son todo para mi.

A mis tíos Luis, Lupita (Tia pipis), Javier, Mauri y Basilio por apoyarme en esta etapa universitaria

A Liz Leon amiga desde la primera semana de universidad, fue un pilar fundamental en esta etapa de mi vida, gracias por abrirme las puertas de tu casa, siempre apoyarme, regañarme y cuidar de mi cuando mas lo necesite, lo mejor es que esta amistad no concluye con la universidad te amo amiga.

A las monorkidas Felipe, Uriel y Lili, gracias por esas tardes de risas, por esa compañía y consejos los llevo en mi corazón y los quiero ver triunfar.

A la generación 2020 porque logre convivir con cada compañero y se que cada uno de ellos apporto algo positivo a mi desarrollo académico infinitas gracias.

A Toño Flores, fue un gran apoyo durante el desarrollo experimental de mi tesis, eternamente agradecida contigo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Alma Mater la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP, por haber permitido mi formación como profesionista dentro de sus instalaciones.

A mis docentes, al Dr. Numa muchas gracias por creer en mí, gracias por el apoyo que me ofreció durante la investigación y no abandonarme por muy difícil que fue, culminar este proyecto de tesis me hace estar muy agradecida con usted Dr.

Al Dr. Soni por todo el apoyo brindado y por los consejos, al Dr. Sato gracias por su formación académica.

### Resumen

El uso de aluminosilicatos como la clinoptilolita y la bentonita ayuda a reducir la volatilización nitrógeno mejorando la digestibilidad y la producción animal al intervenir en el metabolismo. El objetivo de este trabajo fue evaluar la inclusión de bentonita de sodio, clinoptilolita y la mezcla de ambas en la dieta de cabritos en su etapa de desarrollo. Fueron utilizadas 12 cabritos machos criollos de  $12 \pm 4$  kg los cuales se asignaron al azar en cuatro tratamientos T1 (testigo), T2 (2 % bentonita), T3 (2 % clinoptilolita), T4 (2% de la mezcla de bentonita y clinoptilolita en relación 1:1), con 3 repeticiones cada uno, en un diseño completamente al azar. El trabajo tuvo una duración de 13 semanas, incluyendo 2 semanas de adaptación, los datos obtenidos fueron analizados mediante un Modelo General Lineal GLM y para la comprobación de medias se realizó (Anon., s.f.) la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) mediante el paquete estadístico SAS versión 9.0 del año 2002. En las variables productivas, consumo, ganancia diaria de peso y conversión no se encontró diferencia ( $p > 0.05$ ), en cuanto a la retención de nitrógeno en heces el T3 y T4 mostraron diferencia ( $p < 0.05$ ) en comparación con T1 y T2. Se concluye que la utilización de clinoptilolita en la dieta de cabritos en etapa de crecimiento tiene un efecto sobre la retención de nitrógeno en heces, sin afectar a los parámetros productivos.

**Palabras clave:** *Capra hircus*, clinoptilolita, nitrógeno, bentonita, inclusión.

**ABTRAC**

## INDICE GENERAL

Contenido	Pagina
<b>INDICE GENERAL.....</b>	<b>III</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos especificos.....	3
<b>III. HIPOTESIS.....</b>	<b>4</b>
<b>IV REVISIÓN DE LITERAURA.....</b>	<b>5</b>
4.1 Historial Caprino.....	5
4.1.1 inventario caprino.....	5
4.2 Razas caprinas cárnicas en México.....	5
4.2.1 Raza boer .....	5
4.2.2 Raza criolla de Mexico.....	6
4.2.3 Raza Toggenburng.....	7
4.3 Sistemas de produccion caprina .....	7
4.3.1 Extensivo.....	8
4.3.2 Semitecnificado .....	8
4.3.3 Tecnificado.....	8
4.4 Sistema digestivo de los caprinos .....	8
4.4.1 Rumen .....	8
4.4.2 Retículo .....	9
4.4.3 Omaso .....	9
4.4.4 Abomaso.....	9
4.5 Generación de gases efecto invernadero en la producción animal.....	10
4.5.2 Ciclo del nitrógeno.....	10
4.6 Aditivos en rumiantes.....	11
4.6.2 Arcillas.....	11
4.6.3 Uso de arcillas en la alimentación animal.....	11
4.6.4 Bentonita .....	12
4.6.5 Zeolitas .....	13
4.6.6 Zeolitas en dietas.....	¡Error! Marcador no definido.

<b>V MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
5.1 localización del área experimental.....	14
5.2 Establecimiento del experimento .....	15
5.2.1. unidades experimentales .....	15
5.2.2 Instalaciones.....	15
5.2.3 Manejo sanitario .....	15
5.2.4 Manejo alimenticio .....	15
5.3 Diseño experimental .....	16
5.6 variables a evaluar .....	16
5.6.1 Consumo de alimento.....	16
5.6.2 Ganancia diaria de peso (GDP) .....	16
5.6.3 Conversión alimenticia .....	16
5.6.4 Nitrógeno fecal.....	16
5.7 Análisis estadístico .....	16
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>18</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>21</b>

## I. INTRODUCCIÓN

La caprinocultura o la cría de cabras es una actividad agrícola de gran relevancia en México, especialmente en regiones semiáridas y áridas donde otros tipos de ganadería son menos viables, este sector contribuye de manera significativa a la economía rural, proporcionando ingresos a pequeños productores y siendo una fuente importante de alimentos como leche, carne y derivados lácteos (Martínez *et al.*, 2020).

Al igual que otros tipos de producción pecuaria en la caprinocultura se busca mejorar las técnicas de manejo y producción a través de la nutrición (López y Pérez, 2021). Sin embargo, a medida que crece la demanda de estos productos, aumentan las preocupaciones por la contribución que este tipo de producción realiza a la degradación ambiental, ya que la alimentación es importante para elevar los parámetros productivos, y al mismo tiempo es un factor determinante para la contaminación y afectación del medio ambiente (Coma y Bonet, 2004).

Por tanto, la ganadería es considerada responsable de una considerable proporción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel mundial, incluyendo metano y óxido nítrico, los cuales tienen un impacto directo en el cambio climático (Steinfeld *et al.*, 2013).

Ante esta situación se han buscado diferentes alternativas para mitigar la contaminación efectuado por los centros de producción de rumiantes, ayudando a reducir la excreción de nutrientes, mejorando la digestibilidad de las dietas y el comportamiento productivo de los animales. Dentro de estas alternativas encontramos que la clinoptilolita posee propiedades que ayudan a reducir los procesos digestivos interviniendo sobre el metabolismo del nitrógeno en los rumiantes, siendo estos aluminosilicatos que tienen la capacidad de capturar el nitrógeno amoniacal y evitar la volatilización del amoníaco, haciendo posible la reducción de proteína en la dieta así afectar el desarrollo productivo de los animales (Mumpton, 1999; Tiwari, 2007).

Zeolitas naturales están compuestas de una estructura de red cristalina tridimensional que se compone de tetraedros del tipo  $TO_4$  ( $T=Si, Al, B, Ge, Fe, P, Co$ ), con capacidad de intercambiar por mineralización sus iones móviles de  $NH_3$ , y reducir los niveles de este con el aire debido al aluminio (Al) (GEOXTEN, 2014).

Por todo lo anteriormente expuesto el objetivo del presente trabajo fue evaluar el uso de bentonita de sodio y clinoptilolita en la dieta de cabritos sobre los parámetros productivos y el nitrógeno en heces.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

- Evaluar la inclusión de zeolita (clinoptilolita) y bentonita de sodio en la dieta de cabritos sobre los parámetros productivos y la retención de nitrógeno en heces.

### 2.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la zeolita (clinoptilolita) y de la bentonita sobre los parámetros productivos y retención de nitrógeno en heces.
- Evaluar el efecto de la mezcla de bentonita y clinoptilolita sobre los parámetros productivos y retención de nitrógeno en heces.

### **III. HIPOTESIS**

La mezcla de clinoptilolita y bentonita de sodio mejorara los parámetros productivos y mayor retención de nitrógeno en heces de cabritos.

## IV REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Historial Caprino

La cabra (*Capra hircus*) probablemente es la segunda especie domesticada por el hombre después del perro y antes de la oveja (Danza *et al.*, 2004). Los caprinos fueron introducidos a México por los españoles hace ya más de 400 años, este ganado se adaptó muy bien en gran parte del territorio nacional y pronto se dejó ver como una actividad rentable (SADR, 2015).

La producción caprina en México ha sido objeto de diversas investigaciones que abordan su importancia económica, social y ambiental, así como los desafíos y oportunidades que enfrenta el sector. A lo largo de los años, se ha reconocido el papel crucial de la caprinocultura en el desarrollo rural, especialmente en regiones semiáridas y áridas, donde las condiciones climáticas limitan otras actividades agropecuarias.

La diversidad genética de las razas caprinas en México es otro aspecto relevante, ya que permite su adaptación a diversas condiciones climáticas y de manejo (Hernández *et al.*, 2018). Esta diversidad ha sido estudiada con el fin de mejorar la productividad y la resistencia a enfermedades, así como para conservar razas autóctonas que poseen características únicas valiosas para la adaptación a ambientes extremos (López *et al.*, 2017).

#### 4.1.1 Inventario caprino

En México hasta el año 2019 la producción caprina ascendió a 77,730.14 toneladas de ganado en pie, con un valor de 2,530.59 millones de pesos, y la producción muestra una tendencia de crecimiento, Puebla ocupa el cuarto lugar con una producción de 7,413.07 toneladas de ganado en pie por debajo de Zacatecas, San Luis Potosí y Coahuila así mismo aportó el 9.7 % de la producción nacional, y fue el segundo estado con mayor inventario caprino, alojando al 13.54 % del inventario caprino nacional (SIAP, 2021).

### 4.2 Razas caprinas cárnicas en México

Las principales razas de cabras criadas en México son, para carne: bóer, Toggenburg y criolla (SADR, 2017). (Mellano, 1997) (Mellano, 1997) (Mellano, 1997) (Mellano, 1997)

#### 4.2.1 Raza bóer

Esta raza se basa en sus orígenes en las tribus de Sudáfrica, su nombre proviene de la palabra holadanza “bóer” cuyo significado es granja, en los años 80’s se congelaron

embriones y fueron transportados de contrabando a diferentes países, por la gran eficacia que este animal demostró (Rojas, 2004).

Las características más importantes que definen a esta raza es su potencial de resistencia a enfermedades y su excelente adaptación tanto a climas cálidos, secos y ambientes muy duros (Malan, 2000).

Los machos adultos pueden llegar a pesar de 100 a 120 kg y las hembras adultas pueden llegar a pesar de 70 a 80 kg, su coloración es blanca con cuello y orejas color rojo y perfectamente pigmentado (figura 1) (Rojas, 2004).



**Figura 1. Cabras raza bóer**

**Fuente: (Carbajal, 2011)**

#### 4.2.2 Raza criolla de Mexico

La cabra criolla de Mexico es el resultado de las cabras traídas por los españoles en el siglo XVI durante el segundo viaje de la llegada de Cristóbal Colón, por otro lado existe la cabra nativa de Mexico, esta se encuentra en estado de confinamiento en la península de Baja California, estas cabras presentan una gran variedad de colores: café, negro, crema, rojizo, gris y blanco, su pelaje es corto, el perfil facial es recto y las orejas son horizontales y de tamaño mediano, los machos comúnmente presentan barba, a diferencia de las hembras, su tamaño, va de los 35 a 55 kg en su tamaño adulto (Mellano, 1997) ( figura 2).



**Figura 2: cabra criolla de México**

**Fuente: (Lozada *et al.*, 2015)**

#### 4.2.3 Raza Toggenburg

Originaria del valle de Toggenburg en Suiza, excelente productora de leche es considerada de porte mediano el peso promedio para hembras y machos es de 50 y 60 kg pudiendo encontrar machos de hasta 70 kg (Dickson *et al.*, 2017) Tiene un temperamento noble y su producción de leche anual es de 600 a 700 kg (Carbajal, 2011) (figura 3).



**Figura 3: hembra de la raza Toggenburg**

**Fuente: (Carbajal, 2011)**

#### 4.3 Sistemas de producción caprina

Los sistemas de producción que se practican se clasifican en intensivo semi intensivo y extensivo, este ultimo se practica con mayor frecuencia ya que suele ser un medio de

subsistencia para muchos productores este representando bajos costos de producción (Vargas *et al.*, 2019)

#### 4.3.1 Extensivo

Este sistema es el que cuenta con mayor inventario y se encuentra en lugares menos productivos, la fuente principal de alimentación es el pastoreo, al solo realizar esta actividad da lugar a la erosión del suelo y la degradación de la vegetación (Juan *et al.*, 2010).

#### 4.3.2 Semitecnificado

Es la combinación del pastoreo en praderas, ramoneo en matorrales y utilización de otras fuentes alimenticias, como la utilización granos y forrajes de corte, en este sistema aún se tienen construcciones rústicas pero que brindan cierto grado de bienestar a los animales (Fuente *et al.*, 1989).

#### 4.3.3 Tecnificado

Se ha utilizado en ganado lechero de alta producción también en animales para abasto de carne en canal, aquí los animales están confinados permanentemente, y su alimentación es suministrada de acuerdo con sus requerimientos nutricionales, (forrajes de corte, granos y esquilmos) (Hernandez, 2000).

### 4.4 Sistema digestivo de los caprinos

El sistema digestivo de los caprinos está adaptado para procesar dietas ricas en fibra, compuestas principalmente de pastos y forrajes, lo que les permite aprovechar materiales forrajeros difíciles de digerir para otros animales. Al igual que otros rumiantes, los caprinos poseen un sistema digestivo con un estómago dividido en cuatro compartimentos: el rumen, el retículo, el omaso y el abomaso, que trabajan en conjunto para facilitar la fermentación microbiana y la digestión (Frandsen *et al.*, 2009) (figura 4).

#### 4.4.1 Rumen

El rumen el compartimento más grande del sistema digestivo, esta formado por una membrana mucosa y alrededor lo conforma una capa muscular esta es la encargada de producir las contracciones en su interior presenta pliegues los cuales están divididos en 5 partes (dorsal, anterior, ventral, ciego dorsal y ciego ventral) (Garcia y Gringins, 1969).

El rumen funciona como una cámara de fermentación, donde los microorganismos (bacterias, protozoos y hongos) descomponen la celulosa, hemicelulosa, lignina y otros carbohidratos complejos de las plantas en ácidos grasos volátiles (AGV), como el acetato, propionato y butirato, que son absorbidos a través de la pared ruminal y proporcionan una fuente de energía para el animal. Es importante mencionar que el rumen en cabras jóvenes no se encuentra desarrollado, la leche que es ingerida se canaliza a través de la gotera esofágica directo al abomaso también conocido como estomago verdadero, a medida que el cabrito consume más alimentos sólidos el rumen va aumentando su tamaño y con ello su población microbiana. (McDonald *et al.*, 2011).

#### 4.4.2 Retículo

El retículo a menudo es considerado junto con el rumen como el "retículo-rumen", ayuda en la separación de partículas grandes que son regurgitadas como bolo alimenticio para una masticación adicional, esta acción es esencial para una digestión eficiente de los materiales fibrosos (Church, 1993).

También tiene un papel en el proceso de rumia, al regurgitar el alimento para que sea masticado de nuevo (rumia), lo que ayuda a reducir el tamaño de las partículas y facilita una mayor fermentación (Reece *et al.*, 2006.)

#### 4.4.3 Omaso

Aactúa como un filtro, ayudando a reducir el tamaño de las partículas alimenticias y absorbiendo agua y algunos nutrientes, los numerosos pliegues internos del omaso aumentan la superficie para la absorción, asegurando que los líquidos y los nutrientes sean absorbidos antes de que el contenido pase al siguiente compartimento (Frandsen *et al.*, 2009).

#### 4.4.4 Abomaso

Conocido como el "estómago verdadero", el abomaso es el compartimento donde ocurre la digestión gástrica propiamente dicha aquí es secretado el ácido clorhídrico y enzimas digestivas, como la pepsina, que son los encargados de descomponer las proteínas en péptidos más pequeños para su posterior absorción en el intestino delgado (McDonald *et al.*, 2011).



## 4.6 Aditivos en rumiantes

Los aditivos en la producción animal se han utilizado durante décadas estos han logrado reducir costos de producción y obtener buenos resultados productivos (García *et al.*, 2015).

(Ravindran, 2010) Menciona que un aditivo alimentario es un producto incluido en la dieta con el propósito principal de incrementar la calidad del alimento y mejorar el bienestar o la salud del animal.

### 4.6.2 Arcillas

Las arcillas son minerales de grano fino que se encuentran distribuidos en la naturaleza, están compuestas principalmente por silicatos de aluminio hidratados y tienen una estructura en capas que les otorga propiedades físicas y químicas particulares, incluyen una alta capacidad de intercambio catiónico, capacidad de absorción, adsorción, y plasticidad. Las arcillas son utilizadas en diversas industrias, incluidas la construcción, cerámica, cosmética y la alimentación animal (Grim, 1968).

Las arcillas tienen un papel crucial en los procesos geológicos y ambientales debido a su capacidad para retener agua y nutrientes, y su uso como barrera natural en procesos de aislamiento de contaminantes (Mitchell & Soga, 2005).

### 4.6.3 Uso de arcillas en la alimentación animal

El uso de arcillas en la alimentación animal ha sido estudiado por su potencial para mejorar la salud y el rendimiento de los animales. Las arcillas, como la bentonita y la caolinita, poseen propiedades adsorbentes que pueden contribuir a la absorción de toxinas en el tracto digestivo, reduciendo el riesgo de toxicidad y mejorando la digestibilidad de los nutrientes (Patterson y Burkholder, 2003). La inclusión de estos minerales en dietas animales ha demostrado ser eficaz para mitigar los efectos negativos de micotoxinas presentes en los piensos, lo que puede resultar en un mejor crecimiento y salud general (Phillips *et al.*, 2008). Las propiedades adsorbentes de las arcillas, como la capacidad de intercambio catiónico y la superficie específica, permiten que estos materiales actúen como agentes desintoxicantes, en

particular, la bentonita se ha utilizado en la alimentación de aves y rumiantes para mejorar la retención de nutrientes y reducir la incidencia de enfermedades relacionadas con la micotoxicosis (Diaz *et al.*, 2005). La inclusión de arcillas en la dieta también se ha asociado con la mejora de la consistencia de las heces y la reducción de problemas digestivos (Schell *et al.*, 1993).

Estudios han explorado el uso de arcillas modificadas, tratadas con compuestos orgánicos o ácidos, para aumentar su eficacia en la adsorción de micotoxinas y mejorar la estabilidad del alimento (Katsoulos *et al.*, 2016). Estos avances permiten que la industria alimentaria animal utilice arcillas de manera más eficiente y segura, maximizando su beneficio en la producción ganadera.

#### 4.6.4 Bentonita

La bentonita está formada predominantemente por montmorillonita, que tiene una estructura en capas de tetraedros de sílice y octaedros de alúmina, esta estructura permite que las moléculas de agua y otros cationes entren en los espacios entre capas, lo que provoca su hinchamiento y le otorga su característica capacidad de absorción y expansión (Murray, 2007). Su capacidad de intercambio catiónico es elevada debido a la sustitución isomórfica en la estructura cristalina, lo que permite que cationes como el sodio, calcio, magnesio y potasio sean intercambiados entre la bentonita y los fluidos circundantes (Ming y Allen 2001). Estas características permiten que la bentonita adsorba diversas sustancias, incluyendo toxinas, como las aflatoxinas, que pueden contaminar los alimentos para animales y perjudicar la salud y productividad de estos (Pasha *et al.*, 2008). Al actuar como absorbente, la bentonita inmoviliza estas toxinas en el tracto digestivo, evitando su absorción en el torrente sanguíneo y facilitando su excreción (Phillips, 2008).

En vacas lecheras, la inclusión de bentonita en la dieta ha mejorado la producción de leche, lo que se ha atribuido a una mejor digestión de los nutrientes y a la estabilización del pH ruminal (Galey *et al.*, 1993). En cerdos, la suplementación con bentonita mejoró la conversión alimenticia y el crecimiento, posiblemente debido a la mejora en la digestión de los nutrientes y la reducción de los efectos de compuestos tóxicos en la dieta (Diaz *et al.*, 2005).

#### 4.6.5 Zeolitas

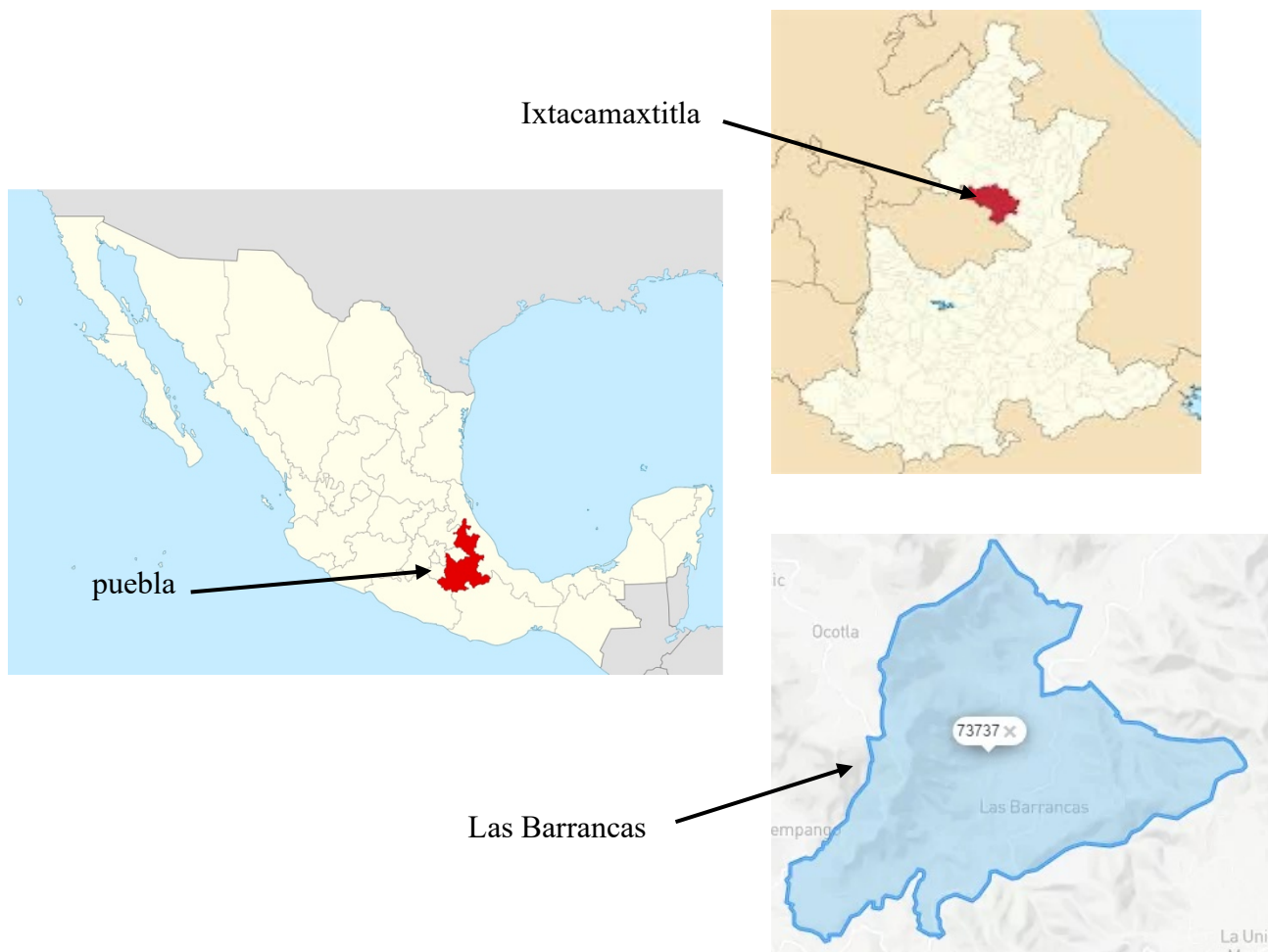
El uso de zeolitas naturales como aditivos en la alimentación animal se ha investigado en diversos países, en los años 70's, en México fueron descubiertos los primeros yacimientos de zeolita (clinoptilolita) (Rivera, 2005)

Las zeolitas son aluminosilicatos hidratados que se caracterizan por una alta superficie interna y una alta capacidad de intercambio de cationes, la clinoptilolita tiene la capacidad para eliminar el amoniaco en heces, atrapándolo e intercambiándolo en su estructura cristalina (Beck, 1974; Milic *et al.*, 2005). Además, son acondicionadores del suelo no tóxicos y tienen una excelente respuesta cuando se introducen al suelo (Andersson, 1994).

## V MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 localización del área experimental

El presente trabajo se realizó en la comunidad de Las Barrancas perteneciente al municipio de Ixtacamaxtitlan Puebla México (Figura 5) dando inicio en el mes de abril del 2024 y finalizando en el mes de agosto del 2024. El sitio se localiza en las siguientes coordenadas (19.6384090, -97.7409692) a 2074 msnm, su clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura promedio máxima es de 30 °C durante el verano y mínima de 6 °C durante el invierno, con una precipitación de 900 mm anuales (INEGI, 2010).



**Figura 5: ubicación del sitio del experimento,**

**Fuente: INEGI (2023), Alcántara (2020).**

## 5.2 Establecimiento del experimento

### 5.2.1. Unidades experimentales

Se utilizaron 12 cabritos criollos, con un peso promedio de  $12 \text{ kg} \pm 4 \text{ kg}$  los cuales fueron distribuidos aleatoriamente en cuatro tratamientos con 3 repeticiones cada uno, donde: T1 (testigo), T2 (bentonita 2 %), T3 (zeolita 2 %), T4 (2 % mezcla de zeolita y bentonita 1:1).

### 5.2.2 Instalaciones

Cada cabrito se asignó en un corral de 1.5 x 1.5 metros con piso rústico de tierra, puerta y paredes de malla ganadera y con bordes de madera, el cual contaba con comedero y agua a libre acceso (anexo 1).

### 5.2.3 Manejo sanitario

Les fue aplicada la bacterina de 8 vías por vía intramuscular como auxiliar en la prevención del carbón sintomático, edema maligno, hepatitis necrótica infecciosa, enterotoxemia, riñón pulposo y neumonía enzoótica. Además, fueron desparcitados con ivermectina al 1 % vía subcutánea y vitaminados con vitamina ADE vía intramuscular.

### 5.2.4 Manejo alimenticio

El periodo de adaptación fue de 15 días, posteriormente, se inició con la implementación de la dieta evaluada, a cada animal se le suministró el 5 % de alimento respecto a su peso vivo, la dieta estuvo calculada en base a los requerimientos según las tablas del NRC (2001) (Cuadro 1)

**Cuadro 1: Dieta de cabritos de engorda sin aditivo y con la inclusión de bentonita, zeolita y la mezcla de ambas.**

Ingredientes %	T1	T2	T3	T4
Maíz molido	26	26	26	26
Maíz quebrado	20	20	20	20
Pasta de soya	22	22	22	22
Salvado de trigo	10	10	10	10
Minerales	2	2	2	2
Alfalfa	12	12	12	12
Rastrojo de maíz	8	8	8	8
<b>Total, kg</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Extra-dieta	Testigo	Bentonita	zeolita	Mezcla B-Z
%	0	2	2	1-1

EM (Mcal/kg)	3.00	3.00	3.00	3.00
PC (%)	15	15	15	15

**EM= energía metabolizable, PC= proteína cruda**

### 5.3 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) las unidades experimentales fueron distribuidas aleatoriamente 4 tratamientos con 3 repeticiones cada uno.

### 5.6 Variables a evaluar

#### 5.6.1 Consumo de alimento

Todas las mañanas se recolectó el alimento que el animal no consumió y se pesó antes de suministrar nuevo alimento.

$$\text{CMS} = \text{AO} - \text{AR}$$

#### 5.6.2 Ganancia diaria de peso (GDP)

Los animales fueron pesados cada 8 días y se calculó de la siguiente manera:

$$\text{GDP} = \text{PF} - \text{PI} / 7 \text{ días de la semana.}$$

#### 5.6.3 Conversión alimenticia

Es igual al consumo de alimento entre la ganancia diaria de peso

$$\text{CA} = \text{CMS} / \text{GDP.}$$

#### 5.6.4 Nitrógeno fecal

El nitrógeno fecal fue analizado mediante el método Micro Kjeldahl. Según (AOAC, 1975) el método de Kjeldahl se utiliza para la determinación de proteína-nitrógeno consiste en la conversión de proteína-nitrógeno a sulfato ácido de amonio durante la digestión de la materia orgánica con ácido sulfúrico y calor, en la presencia de un catalizador (anexo 2).

### 5.7 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un Modelo General Lineal GLM y para la comprobación de medias se realizó aplicando la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) mediante el paquete estadístico SAS versión 9.0 del año 2002.

Modelo estadístico:

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

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta en el i-esimo tratamiento de la j-esima repetición

$\mu$  = Media general

$T_i$  = efecto del i-esimo tratamiento

$E_{ij}$  = error aleatorio

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 variables productivas

En cuanto a las variables productivas, no se encontraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) en ninguna de los tratamientos (cuadro 2), caso similar reportado por Morales (2011), que demostró que la zeolita ( clinoptilolita) no tiene efecto en el incremento de la ganancia de peso en ovinos, al igual que Coutinho *et al.* (2002) donde utilizaron 24 bovinos con la inclusión de 2.4 % de zeolita en la dieta, no observo diferencia significativa ( $p>0.05$ ) en el incremento diario de peso, ni en la conversión alimenticia, pero señala que la zeolita ayudo a mejorar la digestibilidad de la dieta resultados similares al presente estudio.

**Cuadro 2: variables productivas de cabritos de engorda alimentados con la inclusión de bentonita, zeolita y la mezcla de ambas.**

Variable	T1	T2	T3	T4	E.E.M
CMS	650.04 <sup>a</sup>	596.66 <sup>a</sup>	610.71 <sup>a</sup>	443.62 <sup>a</sup>	130.49
GDP	105.90 <sup>a</sup>	91.77 <sup>a</sup>	100.37 <sup>a</sup>	75.30 <sup>a</sup>	41.118
CV	0.249 <sup>a</sup>	0.143 <sup>a</sup>	0.168 <sup>a</sup>	0.179 <sup>a</sup>	0.074

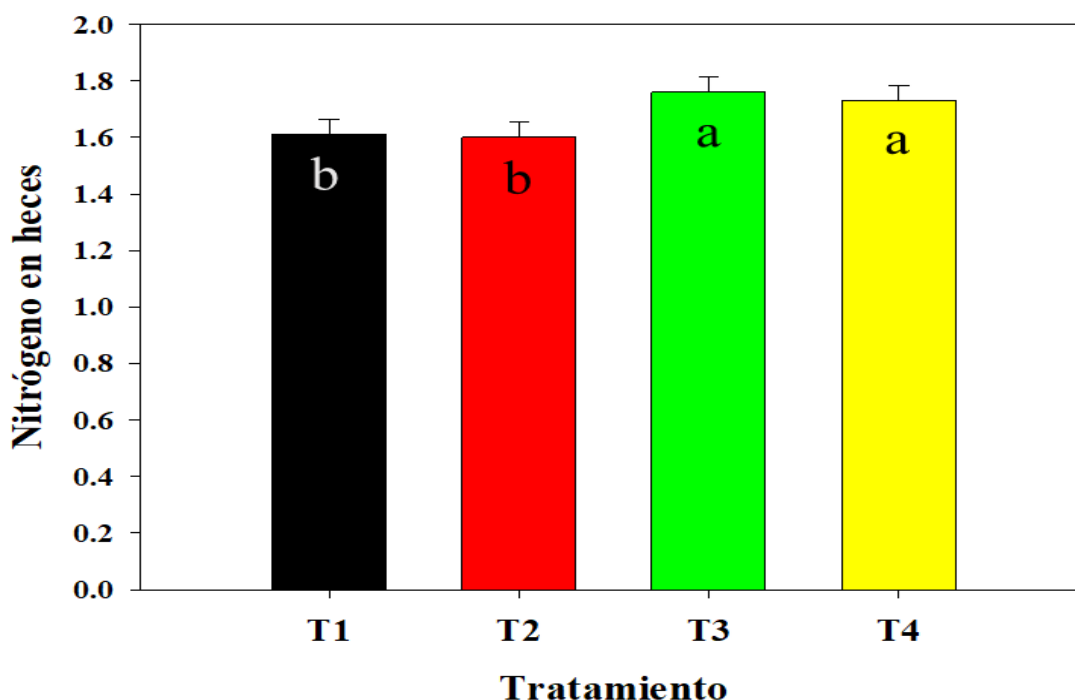
T1 testigo, T2 bentonita 2 %, T3 zeolita 2 %, T4 2 % mezcla bentonita- zeolita 1:1

CMS= consumo de materia seca. GDP= ganancia diaria de peso. CV= conversión alimenticia. E.E.M= error estándar de la media.

## 6.2 Retención de nitrógeno en heces.

Para la variable de nivel de nitrógeno en heces de cabritos en engorda, existió diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) donde los tratamientos T3 (1.76) y T4 (1.73) respectivamente mostraron valores superiores (figura 6), a los valores obtenidos por los tratamientos T1 (1.61) y T2 (1.60) respectivamente. En un estudio realizado por (Morales, 2011) utilizo 12 borregos machos sin castrar de cruce tipo comercial con predominancia de la raza Dorper utilizando como extra-dieta 0, 3 % y 6 % de zeolita menciona que al incrementar los niveles de clinoptilolita en su dieta detecto mayor retención de nitrógeno en heces. Garcia, 2023 realizo la inclusión de 3 niveles de inclusión de zeolita (clinoptilolita) testigo, 1.5 %, 3 %, 4.5 % en dietas de cerdos en etapa inicial, su resultado fue que los tratamientos que contenían zeolita mostraron una mayor retención de nitrógeno en heces y una emisión menor de  $\text{NH}_3$  ambiental.

**Figura 6. Nivel de nitrógeno retenido en heces con la inclusión de bentonita de sodio y zeolita (clinoptilolita) en la dieta de cabritos en crecimiento.**



T1 testigo, T2 bentonita 2%, T3 zeolita 2%, T4 2% mezcla bentonita-zeolita 1:1. Las literales (a, b) representan diferencia ( $p < 0.05$ ). Las líneas verticales representan la diferencia significativa mínima.

## VII CONCLUSION

De acuerdo con los resultados del presente trabajo se concluye que el uso de bentonita en la dieta no hubo efecto sobre las variables productivas, sin embargo, se tuvo un efecto positivo en la variable de retención de nitrógeno obteniendo la mejor respuesta en los tratamientos T3 y T4. Es importante destacar que con el uso de zeolita (clinoptilolita) se podría disminuir la cantidad de amoníaco hacia el medio ambiente, se recomienda realizar trabajos encaminados a probar estos aditivos en todas las etapas de engorda en cabritos y en diferentes niveles de inclusión.

## REFERENCIAS

- Church, D.C. (1993). *The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition*. Long Grove, IL: Waveland Press.
- Grim, R.E.(1968). *Clay mineralogy*. 2ª ed. Nueva York: McGraw-Hill.
- IPCC (1996). *Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories*. Informe aceptado en la 16ª sesión plenaria del IPCC, Montreal.
- Mitchell, J.K. y Soga, K.(2005). *Fundamentals of soil behavior*. 3ª ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Coma, J. y Bonet, J. (2004) 'Producción ganadera y contaminación ambiental', en *XX Curso de Especialización FEDNA*. Barcelona: Sitio Argentino de Producción Animal, pp. 237-260
- Coutinho, F., Henrique, W., Peres, R., Justo, C., Siqueira, P. y Coser, eP. (2002) 'Efeito da zeolita na engorda de bovinos em confinamento' *Revista Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 10(2), pp. 93-96.
- Daza, A., Fernández, C. y Sánchez, A.(2004). *Ganado caprino: Producción, alimentación y sanidad*. Madrid: Editorial Agrícola Española.
- De la Fuente, H.J., Garmendia, A.G., González, M.H., Jiménez, M.L.E. y Mascorro, E.V. (1989). *Bonanza y crisis de la ganadería nacional: una visión integral de la actividad agropecuaria en México*. Subdirección de Investigación, Departamento de Diagnóstico Externo, Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- De la Rosa Carbajal, S. (2011) *Manual de producción caprina*. 1ª ed. Formosa.
- Diaz, D. E., Hagler, W. M., Hopkins, B. A. & Whitlow, L. W. (2005) 'Aflatoxin binders I: In vitro binding assay for aflatoxin B1 by several potential sequestering agents', *Micropathological*, 156(3), pp. 223-226.
- Dickson, L., D'Aubeterre, R., Reverón, Á.E., Baldizán, A., García, O.B., García, M., Araque, C., García, G., Pérez, G., Nouel, G., Rincón, J., Nieto, S.O., Isakovich, J., Armas, W.,

- Gómez, G., López, G., Ballarales, P., González-Stagnaro, C., Muñoz Milano, G., Sánchez, C. y Salas, J.A. (2017) *Manual de producción de caprinos y ovinos*. 3ª ed. Caracas: Complejo Editorial Alfredo Maneiro.
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., et al. (2011) 'Solutions for a cultivated planet', *Nature*, 478(7369), pp. 337–342.
- Frandsen, R.D., Wilke, W.L. y Fails, A.D. (2009). *Anatomy and Physiology of Farm Animals*. John Wiley & Sons.
- García Hernández, Y. & García Curbelo, Y. (2015) 'Additives for animal feeding: The Institute of Animal Science on its 50 years', *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(2), pp. 173-177. Available at: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2079-34802015000200006&lng=es&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802015000200006&lng=es&tlng=en) (Accessed: 13 November 2024)
- García Tobar, J. y Gingins, M. (1969) 'Anatomía y fisiología del aparato digestivo de los rumiantes', conferencia en Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad de Buenos Aires. *Argentino de Producción Animal*.
- García Valencia, O. (2023) Consecuencia del uso de zeolita en dieta de cerdos sobre el medio ambiente. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12371/20752>.
- García, M., Rodríguez, P. y Sánchez, R. (2019) 'La caprinocultura en México: Un análisis socioeconómico', *Revista Mexicana de Estudios Rurales*, 15(1), pp. 45-60.
- Geoxnet (Geología-Publicaciones) (2014) Zeolitas. Disponible en: <https://post.geoxnet.com/zeolitas/> (Consultado: 15 mayo 2023).
- Gerber, P., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., et al. (2013) *Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

- Gobierno de México (s.f.) 'La capricultura en México'. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/la-capricultura-en-mexico> (Consultado: [fecha de acceso, e.g., 15 de noviembre de 2024])
- Gobierno de México (s.f.) 'Las cabras y ovejas en la ganadería mexicana'. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/las-cabras-y-ovejas-en-la-ganaderia-mexicana#:~:text=Las%20principales%20razas%20de%20cabras,de%20hilos%20como%20de%20telas> (Consultado: [fecha de acceso, e.g., 15 de noviembre de 2024]).
- Hernández, C., Sánchez, R. y Jiménez, L. (2018) 'Diversidad genética de las razas caprinas en México', *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(4), pp. 123-135.
- Hernández, Z.J.S. (2000) 'La caprinocultura en el marco de la ganadería poblana (México): contribución de la especie caprina y sistemas de producción', *Archivos de Zootecnia*, 49(187), pp. 341-352.
- Herrero, M., Thornton, P.K., Mason-D'Croz, D., Palmer, J., Bodirsky, B.L., Pradhan, P., et al.(2016) 'Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector', *Nature Climate Change* 6(5), pp. 452-461.
- INECC (2018) *Inventario nacional de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero 1990-2015*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Jiménez, L., Martínez, A. y Flores, J.(2020) 'Condiciones sanitarias y alimentación en la producción caprina en México: Retos y soluciones', *Revista Agropecuaria Mexicana*, 50(2), pp. 89-102.
- Katsoulos, P. D., Roubies, N., Panousis, N., Christaki, E., Karatzias, H. & Karatzias, C. (2016) 'Effects of long-term dietary supplementation with clinoptilolite on performance and serum chemistry of dairy cows', *Animal Feed Science and Technology*, 213, pp. 121-127.
- López, M. y Pérez, J. (2021) 'Retos y oportunidades de la caprinocultura en México: Un enfoque de desarrollo rural sustentable', *Agropecuaria Mexicana*, 47(3), pp. 201-215.
- López, M., Pérez, J. y Herrera, G. (2017) 'Conservación de la diversidad genética en razas caprinas mexicanas', *Ciencia Animal*, 12(4), pp. 229-238.

- Lozada-García, J.A. (2015) 'Caracterización morfométrica de la cabra criolla (*Capra hircus*) en el centro de Veracruz', *Agro Productividad*, 8(6)
- Malagutti, L., Zanotti, M. y Sciaraffia, F.(2002) 'Use of clinoptilolite in piglet diets as a substitute for Colistine', *Italian Journal of Animal Science*, 1(4), pp. 187-194.
- Malan, S.W.(2000) 'The improved Boer goat', *Small Ruminant Research*. 36(2), pp. 165-170.
- Martínez-González, A.(2020) 'La caprinocultura en México: Perspectivas económicas y culturales', *Revista de Desarrollo Rural*, 12(2), pp. 67-79.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D. y Morgan, C.A. (2011) \*Animal nutrition\*. 7ª ed. Londres: Pearson.}
- Milic, D., Tofant, A., Vucemilo, M., Venglovsky, J. y Ondraxonovicova, O.(2005) 'The performance of natural zeolite as a feed additive in reducing aerial ammonia and slurry ammonium ion concentration in the pig farm nursery', *Archive für Tierzucht*, 48(4), pp. 335-344.
- Ming, D. W. & Allen, E. R. (2001) 'Applications in agronomy and horticulture', in Bish, D. L. & Ming, D. W. (eds.) *Natural Zeolites: Occurrence, Properties, Application*. Reviews in Mineralogy and Geochemistry. Washington, DC: Mineralogical Society of America.
- Mumpton, F.A.(1999) 'La roca magica: Uses of natural zeolites in agriculture and industry', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96, pp. 3463-3470.
- Murray, H.H.(2007) *Applied clay mineralogy: Occurrences, processing and applications of Kaolins, bentonites, Palygorskite-sepiolite, and common clays*. Amsterdam: Elsevier.
- Ordoñez, J., Hernández, T., Galicia, A., Jiménez, F., Ordóñez, M., Torres, J., León, J., Rico, A., Hernández, M., González, F. y Alejandro, J. (2013) 'Agricultura', en *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010*. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, pp. 105-122.

- Pacheco Ávila, Julia., Pat Canul, Roberto., & Cabrera Sansores, Armando. (2002), "Análisis del ciclo del nitrógeno en el medioambiente con relación al agua subterránea y su efecto en los seres vivos." *Ingeniería*, Vol., núm.3, pp.73-81 [Consultado: 13 de noviembre de 2024]. ISSN: 1665-529X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46760308>
- Pasha, T. N., Farooq, M. U., Khattak, F. M., Jabbar, M. A., & Khan, A. D. (2008). Effectiveness of sodium bentonite and two commercial products as aflatoxin absorbents in diets for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 132(1-2), 103-110.
- Patterson, J. A. & Burkholder, K. M. (2003) 'Application of prebiotics and probiotics in poultry production', *Poultry Science*, 82(4), pp. 627-631.
- Phillips, T. D., Afriyie-Gyawu, E., Williams, J. H., Huebner, H. J., Ankrah, N. A., Ofori-Adjei, D. & Jolly, P. E. (2008) 'Reducing human exposure to aflatoxin through the use of clay: A review', *Food Additives & Contaminants: Part A*, 25(2), pp. 134-145.
- Phillips, T.D., Afriyie-Gyawu, E., Williams, J., Huebner, H., Ankrah, N.A. y Ofori-Adjei, D.(2008) 'Reducing human exposure to aflatoxin through the use of clay: A review', *Food Additives & Contaminants* 25(2), pp. 134-145.
- Ravindran, V. (2010) 'Poultry feed availability and nutrition in developing countries', in *Advances in poultry nutrition*
- Reece, W.O. y Howard, H.(2006) *Dukes' physiology of domestic animals*. 12<sup>a</sup> ed. Ithaca: Cornell University Press.
- Rojas, A. (2004) *Características de la raza Bóer*. Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)
- Schell, T. C., Lindemann, M. D., Kornegay, E. T., Blodgett, D. J. & Doerr, J. A. (1993) 'Effectiveness of different types of clay for reducing the detrimental effects of aflatoxin-contaminated diets on performance and serum profiles of weanling pigs', *Journal of Animal Science*, 71(5), pp. 1226-1231.

- SEMARNAT (2012) *Quinta comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, pp. 215-218.
- SEMARNAT (2013) *Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2010*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, pp. 105-122.
- Tiwari, J.(2007) Zeolite as natural feed additives to reduce environmental impacts of swine manure. MSc thesis, McGill University, Montreal, Canada.
- Vargas, L.S., Bustamante, G.A., Torres, H.G., Vanegas, O.J.G., Zaragoza, J.L. y Trejo, G.A.A.(2019) ‘La cría de caprinos en México: de la dependencia externa a un plan de mejora integrado al desarrollo pecuario nacional’, en Cavallotti, V.B.A., Ramírez, V.B. y Cesín, V.J.A. (coords) *La ganadería ante escenarios complejos*. Estado de México: Universidad Autónoma de Chapingo, pp. 191-208.