

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA ZEOLITA EN LA
REDUCCIÓN DE LA INFECCIÓN NATURAL CON COCCIDIAS DEL
GÉNERO *EIMERIA* SPP. EN OVINOS ESTABULADOS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

PLATA PÉREZ HÉCTOR

ASESORES:

MVZ Yazmín Alcalá Canto.

MVZ Aldo Bruno Alberti Navarro.

MÉXICO, D.F.

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

A Mi Madre María Isabel Pérez, a mi padre Héctor Plata García y a mis hermanos
por su apoyo, cariño, comprensión y por confiar en mi.

A mi pequeño Héctor Gerardo por convertirse en una parte importante de mi vida y
por ser quien me motiva a seguir adelante.

A Alejandra Por su apoyo comprensión cariño y compañía.

AGRADECIMIENTOS

Con gran admiración y aprecio a la MVZ Yazmín Alcalá Canto y al MVZ Aldo Bruno Alberti Navarro, asesores de este trabajo por su ayuda y por las facilidades brindadas para la realización de esta tesis.

A mi Honorable jurado:

MVZ. Irene Cruz Mendoza

MVZ. Lilia Gutiérrez Olvera

MVZ. Carlos Gutiérrez Olvera

MVZ. Yazmín Alcalá Canto

MVZ. Erika Georgina Hernández Rojas.

Al Departamento de Parasitología de la FMVZ por su amistad y apoyo.

A Yissef Cortés Por ser parte importante en la realización de este trabajo.

A mis amigos Raúl Mendoza, José Luis Pichardo, Andrés Gaytan, Marilú Alfaro y Alejandra Flores por su compañía, amistad apoyo y consejos.

A mis profesores por compartir generosamente sus conocimientos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por haberme albergado durante todo este tiempo y haberme permitido formarme dentro de ella.

CONTENIDO

	Página
Resumen.....	1
Introducción.....	3
Justificación.....	15
Objetivo e Hipótesis.....	17
Material y Métodos.....	18
Resultados	22
Discusión.....	26
Conclusiones.....	30
Referencias.....	31

RESUMEN

PLATA PÉREZ HÉCTOR. Evaluación de la actividad de la zeolita en la reducción de la infección natural con coccidias del género *Eimeria* spp. En ovinos estabulados. (Bajo la dirección de la MVZ Yazmín Alcalá Canto y MVZ Aldo Bruno Alberti Navarro).

Las zeolitas naturales como la clinoptilolita son minerales que se encuentran presentes en las rocas sedimentarias volcanogénicas. Las zeolitas han sido utilizadas por sus propiedades de adsorción, intercambio de cationes, catálisis y por su aplicación en procesos de deshidratación-rehidratación. Se han usado para unirse a metales pesados y micotoxinas, en piscicultura, agronomía, horticultura, para remover el amoníaco producido en los desechos municipales, industriales y agropecuarios. También se han empleado como aditivo alimenticio y se ha demostrado que los animales que consumen dietas con zeolita tienen desempeños productivos más altos. El objetivo de este estudio fue evaluar la actividad de la zeolita (clinoptilolita) combinada con una dieta comercial sobre la excreción de ooquistes del protozoario parásito *Eimeria* spp en 12 corderos estabulados con una infección natural; así como su efecto sobre la ganancia promedio diaria de peso y la consistencia del material fecal de estos animales. Los resultados obtenidos se compararon con los de 12 ovinos que no consumieron la zeolita y se demostró que los corderos que ingirieron este mineral presentaron una reducción significativa (74.75%) en la excreción de ooquistes de *Eimeria* spp. Su consistencia fecal mejoró y la ganancia de peso promedio a los 42 días del estudio

fue de: 0.180 kg en los corderos que recibieron zeolita y de 0.07 kg en los testigos. Estos hallazgos permiten sugerir que la zeolita ejerce un efecto anticoccidiano, lo que proporciona bases para realizar estudios futuros que investiguen su mecanismo de acción y potencial como aditivo alimenticio.

Introducción

Hoy en día es común recibir información referente a la escasez de alimentos motivo por el cual es necesario impulsar y promover la producción ganadera de nuestro país, ¹ creando estrategias que permitan incrementar y fomentar ganado que permita competir con ventajas ante las importaciones de carne y de borregas de desecho, dirigiendo los ingresos obtenidos a la ovinocultura nacional; regionalizando así la producción y recuperar zonas que antes fueron ganaderas.*

La ventaja principal de los ovinos, es su habilidad para utilizar pastos, forraje y subproductos agrícolas para producir lana y carne; aunado a que pueden ser mantenidos en tierras con poco valor agrícola o incluso en la rotación de cultivos, contribuyendo así a la restauración de la fertilidad del suelo.²

Problemática en la ovinocultura nacional

Esta ganadería se ve expuesta a muchos problemas de alimentación así como diversas enfermedades: virales, bacterianas y parasitarias, siendo estas últimas las de mayor importancia ya que afectan directamente la conversión alimenticia y la ganancia de peso, teniendo como consecuencia un retraso en el crecimiento y una baja producción.³

* **FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL: RUMIANTES

PRODUCCIÓN OVINA (CD)

Entre los parásitos que afectan el aparato digestivo de los ovinos se encuentran las coccidias, protozoarios del genero *Eimeria spp*, que producen una enteritis contagiosa, donde el curso puede ser agudo o crónico dependiendo del grado de infección y la resistencia del animal, ⁴ y en algunos casos persiste de forma endémica.⁵

En particular, un mejor control parasitario permitirá que el alimento se aproveche de una forma más eficiente tanto para las ovejas como para los corderos, explotando su potencial de producción máxima.²

Coccidiosis ovina

Las coccidias son un grupo diverso de protozoarios obligados intracelulares de vertebrados, con unas pocas especies que infectan invertebrados. Estos parásitos han sido clasificados en el *phylum Apicomplexa* que se caracteriza por la presencia de un conjunto de organelos dentro del extremo anterior de los estadios invasivos.⁶ Los agentes causales de la eimeriosis o coccidiosis en rumiantes son organismos que se desarrollan dentro de las células intestinales de los huéspedes. Debido a que el desarrollo intracelular provoca la destrucción de las células en las que se multiplican, se les considera parásitos aunque no lleguen a provocar la enfermedad. La mayoría de las especies que infectan rumiantes no provocan signos clínicos a pesar de que se encuentren en cantidades elevadas cuando se realizan análisis diagnósticos estándar (flotación, McMaster). En general, todas las especies de *Eimeria spp* que infectan rumiantes son rígidamente específicas de

huésped, capaces de completar su desarrollo y reproducción en el tubo digestivo de huéspedes específicos y genéticamente compatibles. Existen 11 especies de *Eimeria* que parasitan a los ovinos,⁶ y las más patógenas son *E. crandallis* y *E. ovinoidalis*.⁷

Epidemiología

La humedad es uno de los factores más importantes para el desarrollo de ooquistes esporulados o maduros y para su supervivencia. Se ha observado que con una humedad relativa menor al 25% se reduce el riesgo de infección por la presencia de ooquistes infectantes esporulados.⁶ La contaminación fecal del agua y el alimento favorece la presencia de coccidiosis en los rebaños. Un solo animal puede eliminar cientos o miles de ooquistes sin manifestar signos clínicos y por lo tanto contamina el ambiente de los demás animales.⁸ La enfermedad en forma clínica se presenta con mayor frecuencia en los animales jóvenes aparentemente por una base inmunológica,⁹ y a medida que el animal crece adquiere una resistencia o inmunidad adaptativa.¹⁰ Los factores asociados a la coccidiosis son aquéllos que proporcionan las condiciones favorables para que se presenten los brotes, y entre ellos se mencionan el hacinamiento, la falta de ventilación, pisos poco permeables que permiten la acumulación de líquidos, poca o nulas medidas higiénicas de los corrales y situaciones que estresan a los animales.⁹ Muchos de estos factores pueden observarse en producciones de tipo intensivo, así como de pastoreo con encierro nocturno.¹⁰

Cuadro clínico

Los brotes de coccidiosis generalmente son agudos y se caracterizan por una morbilidad moderada y baja mortalidad en animales menores de seis meses de edad. Se observa una diarrea acuosa verde o amarillenta con olor fétido y ocasionalmente con sangre. Al examen físico los animales muestran dolor abdominal, anemia macrocítica hipocrómica, pérdida del apetito, deshidratación, tenesmo, debilidad y pérdida de peso.¹⁰ Por otro lado, si el número de ooquistes ingeridos es bajo o de una especie poco patógena, no se presentan signos clínicos.⁶

Prevención y control

Las estrategias efectivas de prevención y control de la eimeriosis en rumiantes incluyen la práctica de minimizar la exposición de animales jóvenes a los ooquistes infecciosos y la administración de fármacos coccidiostáticos profilácticos a los animales infectados durante los estadios de desarrollo asexual del protozoario.⁶ Ciertos tipos de manejo relacionados con las condiciones de alojamiento de los animales e instalaciones ofrecen condiciones óptimas de temperatura y humedad para la esporulación de ooquistes.^{9,8} Lo anterior en conjunto con el hacinamiento provoca que incremente el riesgo de una infección masiva. A pesar de que la esporulación de los ooquistes puede ocurrir en tan solo dos días después de ser eliminados con las heces, este periodo es más prolongado en la pastura.¹¹ Los comederos elevados (que reducen el riesgo de ingerir ooquistes a nivel del piso), los bebederos protegidos de la contaminación

fecal y el uso de productos quimioterapéuticos anticoccidianos reducen las pérdidas de producción en rumiantes.¹⁰

Zeolitas

Las zeolitas son una familia de minerales aluminosilicatos cristalinos. La primera zeolita se describió en 1756, por Cronstedt, un mineralogista sueco, que les dio el nombre de origen griego “piedras hirviendo”, refiriéndose a la evolución del vapor de agua cuando la roca se calienta. Actualmente se conocen unas 50 zeolitas naturales y más de 150 se sintetizan para aplicaciones específicas como la catálisis industrial o como carga en la fabricación de detergentes.¹² La Clinoptilolita es una zeolita natural formada por la separación y agrupamiento de cristales en la superficie de ceniza volcánica en lagos o aguas marinas hace millones de años. Este tipo es la más estudiada y considerada la de mayor utilidad. La clinoptilolita, como otras zeolitas, tiene una estructura similar a una celda, formada por tetraedros de SiO_4 y AlO_4 unidos por átomos de oxígeno compartidos. Las cargas negativas de las unidades de AlO_4 se equilibran con la presencia de cationes intercambiables, principalmente calcio, magnesio, sodio, potasio y hierro.¹³

Estos iones pueden ser desplazados por otras sustancias, por ejemplo metales pesados e iones de amoníaco. Este fenómeno se le conoce como intercambio catiónico, y es esta capacidad de la clinoptilolita lo que le da las propiedades útiles. La clinoptilolita se conoce también como adsorbente de ciertos gases, como el sulfuro de hidrógeno y el dióxido de azufre.¹⁴

Aplicaciones de las zeolitas

Eliminación del olor de excretas: Las zeolitas naturales pueden utilizarse en el control de malos olores generados en granjas de producción intensivas. Si se utiliza como aditivo en el alimento, disminuye notablemente el contenido de amoníaco en las heces, también puede utilizarse directamente en el pozo de tratamiento de aguas negras.¹⁵ Tienen una gran capacidad de adsorción de amoníaco y del H₂S que provocan malos olores, y ayudan en el proceso de digestión anaeróbica. El producto resultante es un fertilizante natural de liberación lenta. El nivel óptimo de zeolita para minimizar la emisión de malos olores es independiente del nivel de humedad y del contenido en nitrógeno de los residuos a tratar, aunque se ha demostrado que niveles entre 2 y 4 gramos de zeolita/litro de residuo resultan en la reducción del tiempo de digestión anaeróbica más eficaz. El producto recomendado es el de tamaño 0.9mm de diámetro o menos. Las zeolitas naturales también se utilizan en plantas de tratamiento de residuos para prevenir las emisiones de malos olores en la atmósfera.¹⁶

Desodorizantes y deshumidificantes: Las zeolitas naturales se utilizan en una gran variedad de productos de consumo para eliminar humedad y malos olores. Las zeolitas tienen una gran capacidad de absorción de humedad y pueden reutilizarse simplemente calentando para eliminar la humedad absorbida. De hecho las zeolitas pueden utilizarse en cualquier situación donde la humedad y los malos

olores representan un problema. Son completamente inofensivas para los seres humanos y animales y pueden ser utilizadas repetidamente.¹⁷

Jaulas para aves: Las zeolitas naturales pueden utilizarse en jaulas de pájaros para absorber los excrementos y para eliminar los malos olores. Pueden esparcirse por la base de la jaula y barrerse después de su uso. Son inocuas para las aves y pueden ingerirse sin efectos indeseables o tóxicos.¹⁸

Arena para gatos: Las zeolitas pueden añadirse a la arena de los gatos para eliminar malos olores. Aunque las zeolitas pueden absorber humedad no se forman grumos y los gránulos permanecen separados. Son totalmente inofensivas para animales y seres humanos.¹⁹

Uso de las zeolitas en ganadería

Por sus propiedades fisicoquímicas como lo es la capacidad de intercambio de iones, la adsorción de agua, gases y vapores; se puede aplicar este mineral como aditivo en las dietas de rumiantes, facilitando incorporar micro dosis de los elementos minerales necesarios para un desarrollo óptimo, sin modificar sus propiedades fisicoquímicas.²⁰

Muchos investigadores han demostrado que la inclusión de zeolitas en las dietas de los animales incrementa la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia en los porcinos;^{19,21} becerros,²² ovinos¹⁹ y en pollos de engorda.^{23,24,25,26} Las

zeolitas también aumentan el desempeño reproductivo de las cerdas,²⁷ aumentan la producción de leche en vacas^{26,22} y de huevo.^{29,26} (El Cuadro 1 resume los mecanismos mediante los cuales posiblemente las zeolitas ejercen su actividad en los animales para abasto. Las zeolitas son capaces de reducir el mal olor de las excretas e incrementar la retención de nitrógeno de las mismas, controlar su contenido de humedad y disminuyen la emisión de gas metano producido por la digestión del estiércol.³⁰ Se ha demostrado la reducción en el contenido de humedad de las excretas de animales suplementados con zeolitas.¹²

OTROS USOS DE LA ZEOLITA NATURAL

- Eliminación de amoníaco en piscifactorías.¹³
- Incrementar la ganancia de peso en peces.³¹
- Fabricación de fertilizantes de liberación lenta.¹⁷
- Corrección del suelo.¹⁶
- Medio de crecimiento para plantas.¹⁷
- Potabilización de agua.³¹
- Tratamiento de aguas residuales.³¹
- Modificación del suelo.¹⁶
- Purificación y separación de gases.
- Manipulación de residuos nucleares.
- Material ligero de construcción.
- Control de la contaminación.

Cuadro 1. Mecanismos propuestos involucrados en las propiedades de promoción de desempeños productivos por el uso de zeolitas en las dietas

Acción	Mecanismo
Efecto de unión al amoníaco	Eliminación de los efectos tóxicos por la producción de amoníaco por la actividad intestinal microbiana. ^{16,14}
Eliminación fecal de <i>p</i> -cresol	Reducción de la absorción de productos tóxicos de la degradación intestinal microbiana, tales como el <i>p</i> -cresol. ¹²
Efecto retardado del tránsito intestinal	Tasa de paso de la ingesta más lenta a través de los intestinos, provocando un uso más eficiente de los nutrientes. ²⁶
Incremento en la actividad de las enzimas pancreáticas	Efecto favorable en la hidrólisis de los componentes alimenticios en un rango amplio de pH, aumento de energía y retención de proteínas. ³²
Secuestro de aflatoxinas	Eliminación de los efectos de las micotoxinas. ¹⁸

Efectos de las zeolitas en salud animal

Efecto en micotoxicosis

La clinoptilolita, una zeolita natural, tiene índices de adsorción mayores al 80% para las aflatoxinas B₁ y G₂ *in vitro*^{18, 23} y el proceso de adsorción comienza con una reacción rápida en la que la mayor parte de la toxina es adsorbida en los primeros minutos. La eficacia *in vivo* de las zeolitas para mejorar las consecuencias de la aflatoxicosis en aves ha sido verificada en muchos estudios.^{21, 23, 24, 15,29}

Efecto sobre el síndrome diarreico

Se ha publicado que el uso en la dieta de zeolitas naturales reduce la incidencia y disminuye la severidad y duración de las diarreas en los becerros²⁰ y cerdos.²⁷ La clinoptilolita y mordenita son capaces de adsorber e inactivar parcialmente la enterotoxina termolábil de *E. coli in vitro*, evitando su adhesión a la membrana celular intestinal.²¹ Además, la capacidad de adsorción de la clinoptilolita es superior al 94% para el rotavirus y coronavirus bovino.¹⁹

Prevención de enfermedades metabólicas en las vacas

La administración de zeolita en la dieta de los animales durante el periodo seco reduce la biodisponibilidad del Ca dietético y protege eficientemente contra la fiebre puerperal, a través de la estimulación de mecanismos homeostáticos del Ca antes del parto.^{33, 22,34} Además, la clinoptilolita se ha utilizado efectivamente para aumentar el balance de energía durante el periodo seco y el inicio de la lactación.

La adición de clinoptilolita al 2.5% en el concentrado resultó en una incidencia significativamente menor de cetosis (5.9%) durante el primer mes después del parto, en comparación con el grupo testigo (38.9%).^{28, 34} De acuerdo con estos autores, la clinoptilolita aumenta el estado energético de las vacas a través de la estimulación preparto de la producción de propionato en el rumen o mediante el incremento de la digestión post-ruminal del almidón.

Protección en intoxicaciones y envenenamientos

Se ha documentado que las zeolitas reducen efectivamente las concentraciones ruminales de amoníaco mediante la inhibición de la población microbiana.²¹ También se han utilizado para contrarrestar los efectos tóxicos de metales pesados como el plomo¹⁴ e incluso de elementos radioactivos.³¹

Impacto en infecciones parasitarias

De acuerdo con Papaioannou *et al.*,¹⁹ la administración de clinoptilolita al 10% en una dieta convencional en ratas, eliminó las poblaciones de nematodos *Nippostrongylus brasiliensis*. Además el mismo autor menciona que se ha demostrado una restitución acelerada de la actividad de la α -D-glucosidasa y aminopeptidasa en ratas alimentadas con una dieta suplementada con clinoptilolita al 5% que se recuperaban de una infección por *N. brasiliensis*. Confirmando las observaciones en ratas, Deligiannis *et al.*³⁵ demostraron recientemente la eficacia de la clinoptilolita contra infecciones parasitarias en corderos. Ellos observaron que los corderos infectados con nematodos gastrointestinales que fueron alimentados con una mezcla conteniendo 3% de clinoptilolita disminuyeron significativamente su carga parasitaria y cuenta de huevos fecales y demostraron que la suplementación con clinoptilolita redujo el establecimiento de nematodos gastrointestinales y resultó en un desempeño productivo bueno de los animales.

Adicionalmente, las zeolitas también se han utilizado como “portadores cargados” de antihelmínticos a través del retardo de la liberación del fármaco y la prolongación de su acción terapéutica.³⁶ El mecanismo de liberación prolongada implica una desorción lenta de las moléculas del fármaco a través de las cavidades de la superficie externa e interna de la zeolita, y son reemplazadas progresivamente por proteínas del huésped y moléculas de agua, respectivamente, durante el transporte intestinal del compuesto fármaco-zeolita. Se han obtenido resultados prometedores con el uso de zeolita cargada con tetramisol y con pirantel y fenbendazol en ratas infectadas con *N. brasiliensis*,¹⁹ así como con el uso de zeolitas cargadas con diclorvós en cerdos infectados con *Ascaris suum*.³⁶

Justificación

La coccidiosis ovina es una enfermedad que limita la producción y causa mortalidades considerables en corderos. Esta enfermedad puede pasar inadvertida a causa de la ausencia de signos clínicos y por lo tanto los animales consumen la misma cantidad de alimento sin tener una ganancia de peso comparable con los ovinos no infectados. El control actual de esta enfermedad se lleva a cabo mediante el uso de fármacos anticoccidianos, los cuales resultan ser efectivos; sin embargo, son caros y su uso indiscriminado conlleva al surgimiento de cepas resistentes. La búsqueda de nuevas alternativas de control y prevención de la coccidiosis ovina se fundamenta en la necesidad de un producto que reduzca o elimine todo efecto secundario a su uso prolongado y que sea rentable desde el punto de vista económico.

Los productos naturales como la zeolita pueden proporcionar una alternativa para nuevos modelos de control de la coccidiosis con la ventaja de que en nuestro país se encuentra con una alta disponibilidad y a un precio muy accesible para la mayoría de la población.

La ganadería convencional desarrollada en las últimas décadas, se ha sustentado en el uso intensivo de insumos químicos, los que en su mayoría pueden llegar a ser tóxicos y que además contaminan el suelo, agua y alimentos. El desarrollo de una ganadería eficiente y sustentable, la preocupación por la presencia de agentes farmacológicos en los productos alimenticios y la conservación de los

recursos naturales, exigen favorecer la opción de una crianza de animales que fomente prácticas y técnicas amigables con el medio ambiente, donde los fármacos sintéticos no sean la primera elección. El uso de la zeolita es una alternativa para disminuir el impacto provocado por el protozoario parásito *Eimeria spp* sin dañar la salud del animal, el consumidor y el ambiente. El presente trabajo se orienta a proporcionar una alternativa para potenciar la capacidad productiva de los ovinos, controlar naturalmente una enfermedad de importancia económica y sanitaria en nuestro país y poner en práctica una ganadería en beneficio de la salud humana, animal y del ambiente en general.

Objetivo

Evaluar el efecto de la suplementación con zeolita potásica tipo clinoptilolita en la dieta de ovinos infectados naturalmente con *Eimeria spp* sobre la reducción en la excreción de ooquistes de este protozooario.

Hipótesis

La zeolita potásica tipo clinoptilolita reduce la eliminación de ooquistes de *Eimeria spp*.

Material y Métodos

Animales experimentales

Se utilizaron dos grupos (A y B) (n=12) de borregos Suffolk de 2 a 3 meses de edad, machos y hembras, que no habían recibido tratamientos antiparasitarios ni sulfonamidas en los 2 meses previos al estudio. Los corderos recibieron una alimentación a base de heno de avena, ensilado de maíz, sales minerales y concentrado comercial; así como agua *ad-libitum* y se mantuvieron alojados en el Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal (CEPIPSA) ubicado en la Avenida Cruz Blanca No. 486, en San Miguel Topilejo, Delegación Tlalpan, Distrito Federal.³⁷

El Centro cuenta con una superficie total de 33,755 m². Ubicado en el kilómetro 28.5 de la Carretera Federal México – Cuernavaca, a 19° latitud norte y 99° longitud Oeste a una altura de 2760 metros sobre el nivel del mar, el clima de la región es c (w) b (ij) que corresponde a semifrío semihúmedo con lluvias en verano y con una precipitación pluvial de 800 a 1200 milímetros anuales y una temperatura promedio de 19° C.³⁷

Examen clínico

Se realizó un examen físico y pesaje individual antes de los tratamientos y al finalizar el estudio, el cual tuvo una duración de 42 días.

Examen parasitológico

Se tomaron muestras de material fecal directamente del recto del animal el día 0 (antes de administrar la zeolita) y al administrar la zeolita (día 1). Posteriormente se colectaron las muestras a los 7, 14, 21, 28, 35 y 42 días. El material fecal se transportó al Laboratorio de Investigación del Departamento de Parasitología de la FMVZ/UNAM y las muestras se examinaron inmediatamente utilizando la técnica modificada de McMaster.³⁸ Se registró la consistencia fecal de acuerdo con la siguiente clasificación: 1: firmes, sólidas y formadas. 2: semilíquidas a líquidas. 3: acuosas. 4: hemorrágicas con/sin tejido.³⁹

Los resultados cuantitativos obtenidos se registraron como ooquistes por gramo de heces (opg) y se analizaron en términos de la siguiente clasificación: (0= ooquistes no detectables; $1 \leq 100$ opg; $2 \leq 1000$ opg; $3 \leq 10,000$ opg; $4 \geq 10,000$ opg).³⁹

Se identificaron las especies de *Eimeria spp* después de provocar la esporulación *in vitro* en dicromato de potasio al 2% durante 20 días bajo oxigenación constante y controlando la humedad de las muestras.⁴⁰

Técnica Modificada McMaster⁴¹

En un vasito de McMaster graduado con dos líneas, se ponen 28 ml de solución saturada de azúcar o sal (hasta la primera línea) agregar y disolver el excremento

hasta desplazar la solución a la segunda línea. Después se procede a homogenizar la muestra con una varilla de vidrio, se toma el vasito de McMaster y se agita para completar la homogenización. Posteriormente se pone un pedazo de gasa de 5 cm aproximadamente (que funciona como colador) y se toma con un gotero la cantidad suficiente para llenar las cámaras de McMaster, cuidando de no incluir burbujas a la cámara. Se deja reposar unos minutos para permitir a los huevecillos flotar. Se observa al microscopio con el objetivo 10X (seco débil). Deben de contarse todos los huevecillos que queden incluidos dentro de las cuadrículas de las cámaras. Si no se cuentan ambas cuadrículas se multiplicará el número total de huevecillos por 50; si se cuenta una sola cuadrícula deberá multiplicarse por 100.

Suplemento de zeolita

Se utilizó un suplemento comercial de zeolita potásica tipo clinoptilolita que consistió en 25 g (20 g anhidro) de polvo silicato de aluminio sódico sintético.

Diseño experimental

Los ovinos del grupo A fungieron como testigos no tratados. A los ovinos del grupo B les fue administrado diariamente un suplemento de 25 g de zeolita comercial en el alimento durante seis semanas. Los ooquistes de *Eimeria spp* se obtuvieron a partir de muestras fecales colectadas del recto de ovinos naturalmente infectados. La eficacia anticoccidiana fue medida mediante la prueba de reducción en el

número de ooquistes por gramo de heces en comparación con los valores pre-tratamiento y del grupo testigo de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$E = \frac{XC - XT}{XC} \times 100$$

Donde:

E = Porcentaje de efectividad

XC = Promedio de ooquistes por gramo de heces en el grupo testigo

XT = Promedio de ooquistes por gramo de heces en el grupo tratado

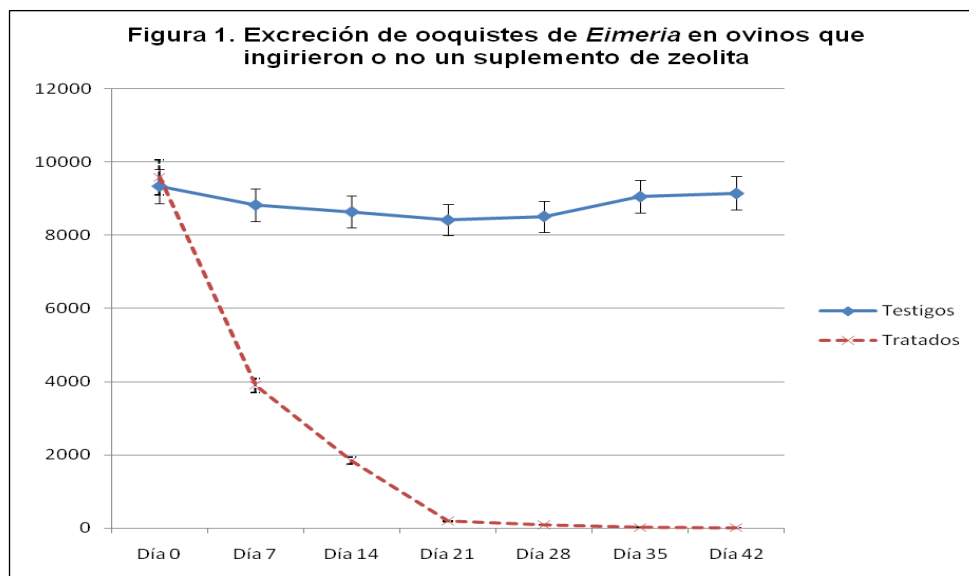
Análisis estadístico

Para el estudio estadístico de los resultados de los análisis coprológicos se utilizó el análisis de varianza no paramétrico por rangos de t-Student.⁴¹ Esta prueba fue realizada para el número de ooquistes por gramo de heces inicial y luego para las observaciones de los 7, 14, 21, 28, 35 y 42 días post-tratamiento. Para las variables continuas se calcularon las siguientes estadísticas descriptivas: media, desviación estándar, mediana, mínimo, máximo, percentil 25% y percentil 75%. El resto de las variables se estudiaron utilizando un análisis de varianza. Se aplicó la prueba de Spearman para determinar la correlación entre la excreción de ooquistes y la consistencia fecal. Se tomó como nivel de significancia el 5%.

Resultados

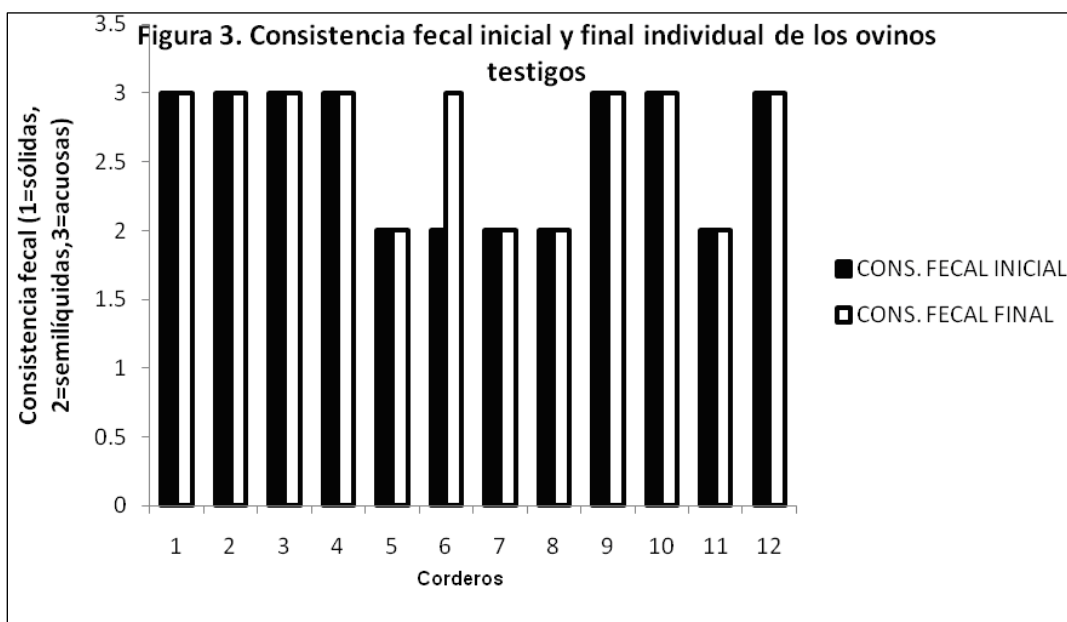
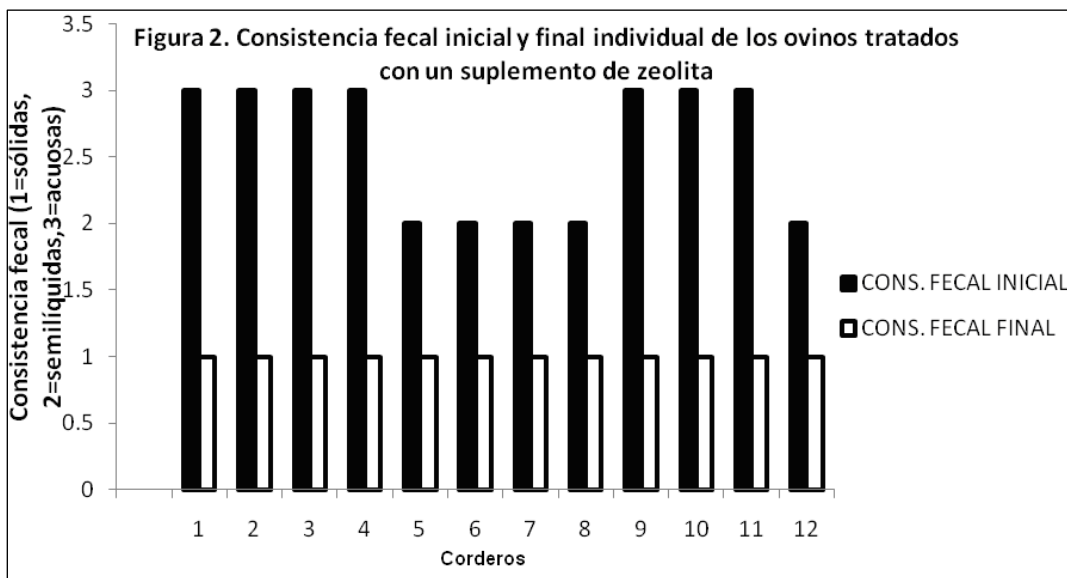
Excreción de ooquistes y Consistencia fecal

La Figura 1 muestra que en todos los grupos de ovinos tratados, la excreción de ooquistes disminuyó significativamente ($P \leq 0.05$) con relación al grupo testigo y al día 0, antes de la administración de la zeolita. La eficacia anticoccidiana de la zeolita fue de 74.75% después de 42 días de ingestión. El análisis estadístico de los opg cuantificados demostró que en el grupo que ingirió la zeolita existió una reducción significativa ($P \leq 0.05$) en el número de opg excretados. En contraste, en el grupo testigo se detectó un aumento significativo ($P \leq 0.05$) en la cantidad de opg eliminados en las heces.



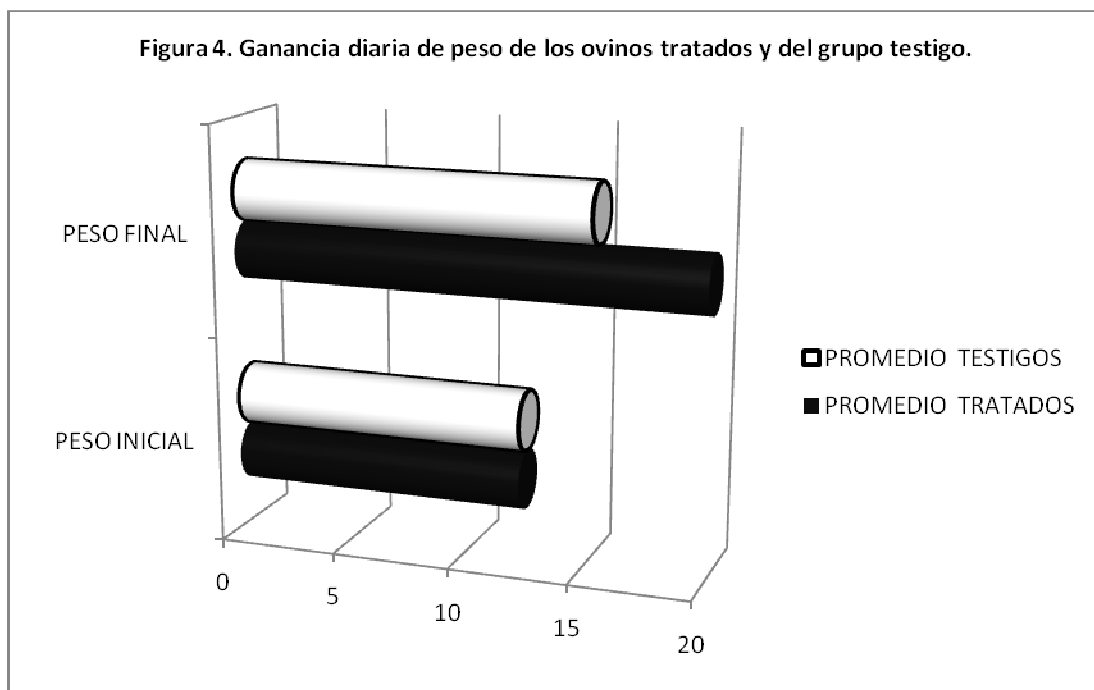
Con respecto a la valoración de la consistencia fecal, las Figuras 2 y 3 muestran que se observó una consistencia más sólida de las heces 42 días después del

tratamiento en los corderos tratados, mientras que en el grupo testigo la consistencia fecal se mantuvo igual o empeoró. El análisis cuantitativo permitió demostrar que las tasas de excreción de ooquistes se correlacionaron significativamente con la consistencia fecal.



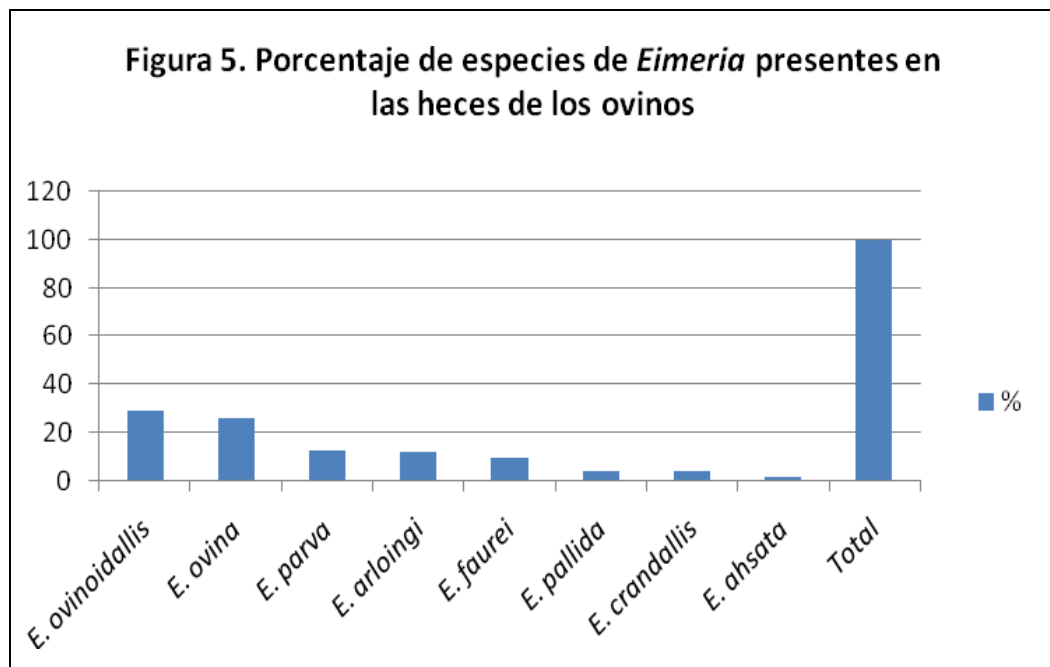
Ganancia diaria de peso (gdp)

La Figura 4 ilustra la diferencia significativa ($P \leq 0.05$) que se presentó en la ganancia de peso de los ovinos tratados. La gdp promedio a los 42 días del estudio fue de: 0.180 kg en los corderos que recibieron zeolita y de 0.07 kg en los testigos.



Especies identificadas

Después de mezclar las muestras fecales individuales con dicromato de potasio al 2% en un matraz con constante oxigenación y humedad durante 20 días, se observó que *E. ovinoidalis* y *E. ovina* y *E. parva* fueron las especies más frecuentemente excretadas en los animales testigos y tratados (Figura 5).



Discusión

Uno de los principales problemas infectocontagiosos que enfrenta la industria ganadera son las parasitosis gastrointestinales, entre las que se encuentra las coccidias. Es por esto que resulta congruente que una línea de investigación de punta a nivel mundial, sea la búsqueda de compuestos aditivos naturales que protejan activamente a los animales cuando se presente el ingreso de agentes patógenos. En medicina veterinaria es importante establecer la relación costo-beneficio para que un producto sea redituablemente útil, por lo que dentro de la elección del producto natural se consideró uno de fácil adquisición y bajo costo como la zeolita tipo clinoptilolita. Este mineral ha sido utilizado en la alimentación animal, sobre todo en porcinos, aves y bovinos con resultados alentadores, ya que ha sido demostrado su efecto sobre la ganancia de peso, prevención de enfermedades metabólicas, aflatoxicosis y diarreas.¹⁹ Con base en estos antecedentes, en el presente estudio fue probada la inclusión de zeolita en la alimentación de corderos para evaluar sus efectos sobre la excreción de ooquistes de *Eimeria spp*, consistencia fecal y ganancia de peso.

Los resultados obtenidos al administrar clinoptilolita en la dieta de corderos permitieron observar una reducción significativa en la excreción de ooquistes en los ovinos tratados. Cabe señalar que si bien la eficacia anticoccidiana obtenida (74.75%) no fue elevada en comparación con un fármaco comercial como el toltrazuril, la cantidad de ooquistes excretados no aumentó aún cuando a la mitad del estudio los ovinos fueron destetados. Asimismo, los animales se mezclaron

con animales adultos al momento del destete y aún así no hubo una reinfección aparente en los borregos que siguieron consumiendo clinoptilolita. Esto es muy deseable debido a que en condiciones reales, el destete desencadena una serie de elementos neuroendócrinos que inmunosuprimen a los corderos y los hacen más susceptibles a la coccidiosis. En el caso de los ovinos alimentados con clinoptilolita, se observó que aún con las condiciones estresantes, no se excretaron más ooquistes; en contraste con el grupo testigo que tuvo un aumento en la eliminación de ooquistes de *Eimeria spp* en las heces. Por otro lado, cabe señalar que los corderos tratados tuvieron una mayor ganancia de peso y una consistencia fecal sólida en comparación con los testigos que no consumieron clinoptilolita. La ganancia de peso superior a los testigos coincide con los hallazgos documentados por Elliot y Edwards,¹⁵ Balevi *et al.*²³ en aves de engorda, Gunther²¹ en porcinos y Papaioannou *et al.*¹⁹ en ovinos y bovinos. La consistencia fecal de los ovinos que ingirieron clinoptilolita fue sólida en comparación con los testigos infectados que excretaron heces acuosas. Se ha comprobado que la zeolita ejerce un efecto antidiarreico,¹⁹ por lo que en este estudio fue contemplada su utilización para evaluar su efecto en una enfermedad intestinal caracterizada por la diarrea en corderos. Los resultados obtenidos sustentan la actividad de la zeolita como un compuesto que previene la diarrea.

Debido a que éste es el primer estudio que se realiza para conocer la eficacia anticoccidiana de la zeolita, no es posible comparar los resultados obtenidos con estudios previos.

Con respecto a las especies encontradas, cabe señalar que la más prevalente durante el estudio fue *E. crandallis*, una de las más patógenas. Este resultado contrasta con las observaciones de Cortés³ quien encontró *E. parva* en el rebaño ovino del CEPIPSA. Una razón por la que la especie más prevalente no coincidió en ambos experimentos es que Cortés³ trabajó con ovinos adultos, mientras que en el presente estudio se incluyeron corderos. La patogenicidad de las especies de *Eimeria spp* está relacionada con la edad del huésped,¹⁰ por lo que posiblemente se encontró una especie más patógena en un huésped más susceptible en vista de que su sistema inmune está menos desarrollado que en los huéspedes adultos.

Por otro lado, el periodo de muestreo coincidió con una temporada de frío, lluvias y el destete, por lo que posiblemente el estrés influyó también en que prevaleciera la especie más patógena; a diferencia de los hallazgos de Cortés³, quien realizó los estudios en una época del año diferente.

El mecanismo de acción de la clinoptilolita se ha relacionado con su capacidad para adsorber moléculas e intercambiar cationes. En el presente estudio no se determinó el mecanismo mediante el cual la clinoptilolita actuó contra las coccidias. Sin embargo se sugiere que pudo haber sido mediante alguna de las siguientes propuestas:

a) La capacidad de adsorción de agua de la clinoptilolita produjo un bolo fecal más seco y compacto por efectos sobre la presión osmótica en el lumen intestinal, lo cual pudo haber influido sobre la esporulación de los ooquistes. Para confirmar esta hipótesis, se sugiere que en estudios futuros se lleve a cabo una técnica de esporulación de ooquistes con dicromato de potasio al 2% en materia fecal de animales infectados que hayan consumido zeolitas para comparar la cantidad de ooquistes esporulados en las heces de estos animales contra los que no hayan ingerido el mineral.

b) Se ha demostrado que la administración de zeolitas reduce la incidencia de diarrea a través del aumento de inmunidad en bovinos y porcinos recién nacidos,⁴² por lo que este efecto inmunoestimulante pudo haber contrarrestado la infección de *Eimeria spp.* Para poder comprobar esta suposición, sería necesario llevar a cabo una prueba de ELISA que determine los niveles plasmáticos de interferón-gamma en los animales experimentales.

c) La clinoptilolita tiene la capacidad de adsorber sustancias de la dieta que pueden predisponer a síndromes de mala absorción intestinal a través de una actividad enzimática baja,²⁷ por lo que posiblemente también pueda interactuar con la superficie celular de *Eimeria spp* reteniéndola en las partículas adsorbentes de la zeolita.

CONCLUSIONES

Se sugiere llevar a cabo más estudios que permitan dilucidar el mecanismo de acción de este mineral para proponerlo como una alternativa viable en el control y prevención de la coccidiosis en rumiantes y aviar, pues por su bajo costo y fácil disponibilidad sería un aditivo alimenticio potencial que minimizaría los altos costos de los tratamientos con fármacos anticoccidianos y el riesgo de resistencia a los mismos sin dañar la salud del animal, el consumidor y protegiendo el ambiente, pues se ha demostrado que las zeolitas reducen las emisiones de metano en los rumiantes.¹⁷

REFERENCIAS

1. Velasco, R.J.A.: Determinación de especies de Eimeria spp. por exámenes coproparasitoscópicos y su control mediante desparasitación programada en becerros lactantes del municipio de La Concordia, Chiapas. Tesis de licenciatura: Fac. De Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma De México. México, 1991.
2. Speedy, W.A.: Producción Ovina; La ciencia puesta en práctica. Compañía Editorial Continental. México 1987.
3. Cortés, M.Y.E.: Eficacia Del Extracto De Té Verde En Corderos Infeccionados naturalmente Con Eimeria spp. Tesis De Licenciatura: Fac. De Med. Vet y Zoot. Universidad Nacional Autónoma De México. México, D.F. 2010.
4. García, G.V.M.: Identificación de especies de Eimeria spp. En Becerros Lactantes del Municipio De Putla Guerrero, Oaxaca Y su control Por desparasitación Programada. Tesis De Licenciatura: Fac. De Med. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma De México. México, D.F. 1991.
5. Quiroz, R.H.: Parasitología Y Enfermedades Parasitarias De Animales Domésticos. Ed. Limusa. México D.F. 1994
6. Taylor, M.A. Coop, R.L. and Wall, R.L.: Vet Parasite. 3rd. ed. Oxford: Blackwell, 2007.
7. Kauffman, J.: Parasitic infections of domestic animals. A Diagnostic Manual. Boston: Birkhäuser, 1996.

8. Gregory, M.W. Catchpole, J. Joyner, L.P. and Parker, B.N.: Observations on the epidemiology of coccidial infections in sheep under varying conditions of intensive husbandry including chemoprophylaxis with monensin *Parasitol.*, 87: 421-427 (1983). (Pt 3)
9. Gauly, M. Krauthahn, C. Bauer, C. and Erhardt, G.: Pattern of *Eimeria* oocyst output and repeatability in naturally infected suckling Rhon lambs. *J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health.*, 48: 665-673 (2001).
10. Jolley, W.R. and Bardsley, K.D.: Ruminant coccidiosis. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.*, 22: 613-21 (2006).
11. Amarante, A.F. and Barbosa, M.A.: Species of coccidia occurring in lambs in Sao Paulo State, Brazil. *Vet Parasitol.*, 41: 189-193 (1992). (3-4)
12. Thilising, T. Jorgensen, R.J. and Poulsen, H.D.: In vitro binding capacity of zeolite A to calcium, phosphorous and magnesium in rumen fluid as influenced by changes in pH. *J Vet Med A.*, 53: 57-64 (2006).
13. Filippidis, A. Godelitsas, D. Charistos, P. Misaelides and A. Kassoli-Fournaraki.: The chemical behavior of natural zeolites in aqueous environments: Interactions between low-silica zeolites and 1 M NaCl solutions of different initial pH-values. *Appl. Clay Sci.*, 11: 199 (1996).
14. Bernal, M.P. Lopez-Real, J.M.: Natural zeolites and sepiolite as ammonium and ammonia adsorbent materials. *Biores Technol.* 43: 27-33 (1993)

15. Elliot, M.A. Edwards Jr, H.M.: Comparison of the effects of synthetic and natural zeolite on laying hen and broiler chicken performance. *Poult Sci*, 70: 2115–2130 (1991).
16. Dyer, A. and Keir, D.: Ion exchange and pH tolerance in molecular sieve zeolites. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 132: 423-441 (1989)
17. Mumpton, F.A.: La Roca magica: Uses of natural zeolites in agriculture and industry. *Proc Natl Acad Sci. USA.*,96: 3463-3470 (1999)
18. Sarr, A.B. Mayura, K. Kubena, L.F. Harvey, R.B. and Phillips, T. D.: Effects of phyllosilicate clay on the metabolic profile of aflatoxin B1 in Fischer-344 rats. *Toxicol. Lett.*, **75**: 145–151 (1995)
19. Papaioannou, D.S. Katsoulos, P.D. Panousis, N. and Karatzias, H.: The role of natural and synthetic zeolites as feed additives on the prevention and/or the treatment of certain farm animal diseases: A review. *Micropor Mesop Mat*, 84: 161-170 (2005)
20. Vargas, E.L. Barahona, A.C. Hernández, E.M. y Ramírez, B.E.: Uso De Las Zeolitas Naturales (Clinoptilolita) Previamente Tratadas Para Mejorar el comportamiento en ovinos.
21. Gunther, K.D.: Zeolite minerals in pig and poultry feeding. *Schweinewelt*, 15: 15–19 (1990)

22. Horst, R.L. Goff, J.P. Reinhardt, T.A. and Buxton, D.R.: Strategies for preventing milk fever in dairy cattle. *J Dairy Sci*, 80: 1269-1280 (1997).
23. Balevi, T. Coskun, B. Kurtog, Lu.V. And Umucalilar, D.: The effects of zeolite in broiler diets on the growth performance and humidity nitrogen ammonia and phosphorus content of the litter. *Veteriner Bilimleri Dergisi* 14: 33–38 (1998)
24. Arrollo, L.A. Muñiz, M.R.A. y Rojas, H.R.: Inclusión De Una Zeolita (Clinoptilolita) En Dietas Para Pollos De Engorda. Decima Quinta Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria. México (Veracruz). (INIFAP-SAGARPA) 2002.
25. Fethiere, R. Miles, R.D. and Harms, R.H.: The utilization of sodium in sodium zeolite A by broilers. *Poult Sci.* 73: 118–121 (1994)
26. Olver, M.D.: Effect of feeding clinoptilolite (zeolite) on the performance of three strains of laying hens. *Br Poult Sci.* 38: 220–222 (1997).
27. Papaioannou, D.S. Kyriakis, S.C. Papasteriadis, A. Roubies, N. Yannakopoulos, A. and Alexopoulos, C.: Effect of in-feed inclusion of a natural zeolite (clinoptilolite) on certain vitamin, macro and trace element concentrations in the blood, liver and kidney tissues of sows. *Res Vet Sci.*, 72: 61-8 (2002)

- 28.DesCoteaux, L. Krinock, R. and Lissemore, K.: Evaluation of new diagnostic tests to predict hypocalcaemia in mature dairy cows. *Bov Pract.*, 30: 186-187 (1997).
- 29.Yannakopoulos, A.L. Christaki, E. and Florou-Paneri, P.: Effect of age and carcass composition on the onset of sexual maturity in quail under normal feeding regimens. *Br Poult Sci.*, 36 (5): 771-7 (1995).
- 30.Sundararajan, U. Thomas, K.J. Crompton, E.M. Ramamurthy, V.: Probing Zeolites with Organic Molecules: Supercages of X and Y Zeolites Are Superpolar. *Langmuir* 16: 265-274 (2000).
- 31.Misaelides, P. Godelitsas, A.: Removal of heavy metals from aqueous solutions using pretreated natural zeolitic materials: The case of mercury(II). *Toxicol Environ Chem.*, 51: 21-29 (1995)
- 32.Cabezas, M.J. Salvador, D. and Sinisterra, J.V.: Stabilization activation of pancreatic enzymes adsorbed on to a sepiolite clay. *J Chem Technol and Biotechnol*, 52: 265–274 (1991).
- 33.Jorgensen, R.J. Hansen, T. Jensen, J.L. and Thilsing, H. T.: Effect of oral drenching with zinc oxide or synthetic zeolite A on total blood calcium in dairy cows. *J Dairy Sci.*, 84: 609-613 (2001).
- 34.Pallesen, A. Pallesen, F. Jorgensen, R.J. and Thilsing, T.: Effect of pre-calving zeolite, magnesium and phosphorus supplementation on periparturient serum mineral concentrations. *Vet J.*, 175: 234-239 (2008).

35. Deligiannis, K. Lainas, Th. Arsenos, G. Papadopoulos, E. Fortomaris, P. Kufidis, D. and Stamateris, C.: The Effect Of Feeding Clinoptilolite On Food Intake And Performance Of Growing Lambs Infected Or Not With Gastrointestinalis Nematodes. *Livestock Sci*, 96: 195-203 (2005).
36. Dyer, A. Morgan, S. Wells, P. and Williams, C.: The use of zeolites as slow release anthelmintic carriers. *J Helminthol.*, 74 (2): 137-41 (2000).
37. URL: <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/centros/cepipsa/localizacion.html>
38. Taylor, M.A.: Diagnosis and control of coccidiosis in sheep. In *Practice*, 17: 172-177 (1995).
39. Mundt, H.C. Bangoura, B. Rinke, M. Rosenbruch, M. and Dauschies, A.: Pathology and treatment of *Eimeria zuernii* coccidiosis in calves: investigations in an infection model. *Parasitol Int.*, 54: 223-230 (2005).
40. Eckert, J. Taylor, M. Catchpole, J. Licois, D. Coudert, P. and Bucklar, H.: Morphological characteristics of oocysts, in: European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research (COST). European Commission, Luxembourg, Report 89/820: Biotechnology. 1995
41. Rodriguez, V.R.I. Dominguez, A.J.L. y Cob, G.L.A.: Técnicas diagnosticas De Parasitología Veterinaria. Fac. De Med. Vet. Y Zoot. Universidad Autónoma De Yucatan. México (Yucatan) 1994.
42. Zar, J.H.: *Biostatistical Analysis*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1989.

43. Fratrić, N, Stojić, V. Janković. D. Šamanc, H. Gvozdić, D.: The effect of a clinoptilolite based mineral adsorber on concentrations of immunoglobulin G in the serum of newborn calves fed different amounts of colostrums. *Acta Vet.*, 55: 11-21 (2005).