

Universidad Autónoma de Sinaloa
Colegio de Ciencias Agropecuarias
Maestría en Ciencias Agropecuarias



TESIS:

**“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE UREA DE LIBERACIÓN LENTA
Y ZEOLITA EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA, CARACTERÍSTICAS
DE LA CANAL, CORTES PRIMARIOS Y COMPOSICIÓN TISULAR DE
OVINOS EN FINALIZACIÓN”**

**Que para obtener el Grado de
Maestro en Ciencias Agropecuarias**

Presenta:

MVZ Jaime Noé Sánchez Pérez

Director de Tesis:

Dr. Horacio Dávila Ramos

Co-Director:

Dr. Juan Carlos Robles Estrada

Asesores:

Dr. Francisco Gerardo Ríos Rincón

Dr. Jesús José Portillo Loera

Culiacán Rosales, Sinaloa 22 de agosto del 2015

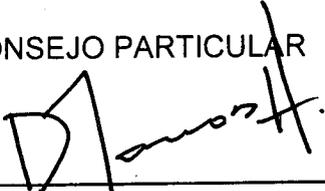
ESTA TESIS FUE REALIZADA POR JAIME NOÉ SÁNCHEZ PÉREZ, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

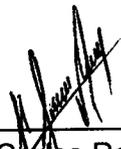
(SELLO DE POSGRADO)

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR


Dr. Horacio Dávila Ramos

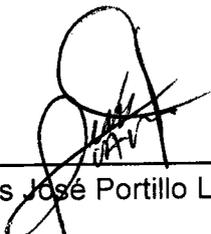
CO-DIRECTOR


Dr. Juan Carlos Robles Estrada

ASESOR


Dr. Francisco Gerardo Ríos Rincón

ASESOR


Dr. Jesús José Portillo Loera

CULIACÁN, SINALOA, 22 DE AGOSTO DEL 2015



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA CULIACÁN
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL FUERTE
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL CARRIZO

En la Ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa, el día 20 de enero del año 2020, el que suscribe Jaime Noé Sánchez Pérez, alumno del Programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias, con número de cuenta 0434600-9, de la Unidad Académica Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la UAS, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Horacio Dávila Ramos y el Dr. Juan Carlos Robles Estrada, y cede los derechos del trabajo titulado “influencia de la adición de urea de liberación lenta y zeolita en la respuesta productiva, características de la canal, cortes primarios y composición tisular de ovinos en finalización” a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, para su difusión, con fines académicos y de investigación por medios impresos y digitales, todo esto en apego al artículo 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor. La Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México) protege el contenido de la presente tesis. Los usuarios de la información contenida en ella deberán citar obligatoriamente la tesis como fuente, dónde la obtuvo y mencionar al autor intelectual. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ATENTAMENTE

Jaime Noé Sánchez Pérez

CORREO ELECTRÓNICO: jnsanchez25@gmail.com
CURP: SAPJ890702HSLNRM05

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto no habría sido posible sin la ayuda de mucha personas.

Agradezco primero a mis padres, ellos me brindaron apoyo incondicional, dirección y consejos, además fueron mi motivación para lograr mis metas, entre muchas otras, el presente trabajo.

A mi director de tesis el Dr. Horacio Dávila Ramos, por darme la oportunidad de trabajar con él, aprender de su experiencia y por su confianza y apoyo durante la realización del presente trabajo, y principalmente por inculcarme la dedicación que se merece una disciplina tan noble e importante como lo es la investigación.

A mi co-director el Dr. Juan Carlos Robles Estrada por los consejos y enseñanzas que durante años de trabajo bajo su dirección me ha dejado.

A mis Asesores el Dr. Francisco Gerardo Ríos Rincón y al Dr. Jesús José Portillo Loera por su apoyo y valiosa experiencia de donde aprendí lo necesario para realizar mis estudios de maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de Maestría

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 Comportamiento de la producción ovina en México.....	2
2.2 Situación de la producción de alimentos de origen animal.....	2
2.3 Aspectos de fisiología ruminal.....	3
2.4 Microbiología ruminal.....	5
2.5 Urea en alimentación de rumiantes.....	6
2.6 Urea de liberación lenta.....	8
2.7 Urea de liberación lenta en la dieta de ganado bovino.....	9
2.8 Urea de liberación lenta en la dieta de ovinos.....	12
2.9 Composición y características de las zeolitas.....	13
2.10 Las zeolitas en la producción animal.....	16
2.11 La zeolita en la producción de ovinos.....	18
III. HIPÓTESIS.....	22
IV. OBJETIVO.....	23
V. MATERIAL Y MÉTODOS.....	24
5.1 Localización de la unidad experimental.....	24
5.2 Manejo de los ovinos al inicio y durante la prueba.....	24
5.3 Dietas experimentales.....	24
5.4 Evaluación de la canal.....	26
5.5 Análisis estadístico.....	27
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
VII. CONCLUSIONES.....	33
VIII. LITERATURA CITADA.....	34

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Consumo y excreción de Nitrógeno de bovinos de leche (kg/año).....	4
2	Efecto de suplementar urea en dietas de ensilado de maíz con múltiples niveles de urea o urea de lenta liberación en desempeño productivo de novillos.....	9
3	Efecto de la inclusión de urea o ULL en variables ruminales de novillos.....	10
4	Efecto de los tratamientos sobre las características de la canal en novillos alimentados con diferentes proporciones de A:FDA.....	11
5	Influencia de los tratamientos sobre el comportamiento productivo de borregos y la energía en la dieta.....	13
6	Clasificación de algunas zeolitas y su fórmula química.....	15
7	Composición de las gallinazas (BS).....	17
8	Concentraciones de ácido acético, propiónico y butírico (mmol) en el líquido ruminal determinado en ovinos que reciben diferentes niveles de zeolita.....	19
9	Influencia del nivel de zeolita sobre comportamiento productivo y energía de la dieta en borregas en finalización.....	20
10	Ingredientes y composición nutrimental de las dietas experimentales.....	25
11	Efecto de la inclusión de zeolita y Optigén® (ULL) en comportamiento productivo en ovinos en finalización.....	29
12	Efecto de la inclusión de zeolita y Optigén® (ULL) en características de la canal en ovinos en finalización.....	30
13	Efecto de la inclusión de zeolita y Optigén® (ULL) en cortes primarios en ovinos en finalización.....	31
14	Efecto de la inclusión de zeolita y Optigén® (ULL) en la composición tisular de ovinos en finalización.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Cinética de degradación de cuatro fuentes de nitrógeno.....	8

RESUMEN

Influencia de la Adición de Urea de Liberación Lenta y Zeolita en Respuesta Productiva, Características de la Canal, Cortes Primarios y Composición Tisular de Ovinos en Finalización

Jaime Noé Sánchez Pérez

Veinticuatro ovinos machos de raza 3/4 Dorper de ($\sim 45.4 \pm 3.1$ kg) de peso se utilizaron en una prueba de comportamiento de 42 días, para conocer la influencia de la urea de liberación lenta (ULL) y zeolita (ZEO) en el comportamiento productivo, características de la canal, cortes primarios y composición tisular de ovinos en finalización. De acuerdo a un diseño en bloques completos, con base en el peso inicial, los ovinos se alojaron en corraletas individuales y se asignaron al azar a uno de cuatro tratamientos. Los tratamientos consistieron: testigo (TEST) que consistió en dieta testigo más adición de urea (0.8%); el tratamiento dos (ULL) consistió en dieta testigo más adición de urea (0.1%) y urea de liberación lenta (0.8%); tratamiento tres (ZEO) dieta testigo más adición de urea (0.8%) y zeolita (2%) y el tratamiento cuatro (ULL+ZEO) fue la dieta testigo más urea de liberación lenta (0.9%) y zeolita (2%). En el peso final, el tratamiento ULL fue superior al TEST (3.06% $P < 0.05$) y al tratamiento ZEO. El tratamiento ULL y el tratamiento ULL+ZEO fueron similares entre sí ($P > 0.05$) en ganancia diaria de peso pero superiores al TEST y al tratamiento ZEO que contenía zeolita. El consumo diario de alimento no mostró diferencia entre tratamientos ($P > 0.05$). Sin embargo, el tratamiento ULL+ZEO mostró mejora en la conversión alimenticia ya que esta fue un 12.64% menor que el TEST. En el peso de la canal caliente los tratamientos no mostraron diferencia respecto al TEST ($P > 0.05$), además el área del ojo de la costilla en el ULL+ZEO fue mayor (11.41% $p < 0.05$) a los demás tratamientos. En la grasa de riñón y pelvis no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$). Además, en los cortes primarios y composición tisular no hubo diferencias ($P > 0.05$). La utilización de ULL en la alimentación de ovinos mejora algunos parámetros evaluados, como el peso final, la ganancia diaria de

peso y la conversión alimenticia, peso de la canal caliente, área del ojo de la costilla y grasa de riñón y pelvis, sin embargo, la utilización de zeolita parece no tener efectos. Una alternativa es la utilización de urea de liberación lenta y zeolita en la dieta de ovinos en finalización.

Palabras clave: zeolita, urea de liberación lenta, ovinos

ABSTRACT

Influence of Adding Slow release Urea and Zeolite in Productive Response, Carcass Characteristics, Composition Tissue and Primal Cuts in Finishing Lambs

Jaime Noé Sánchez Pérez

Twenty-four males breed sheep Dorper 3/4 ($\sim 45.4 \pm 3.1$ kg) of weight were used in a performance test of 42 days, to determine the influence of slow release urea (SRU) and zeolite (ZEO) in the productive performance, carcass characteristics, primal cuts and tissue composition of finishing lamb. According to a complete block design, based on the initial weight, lambs were housed in individual pens and were randomized to one of four treatments. Treatments consisted of: control (TEST) that more control diet consisted of adding urea (0.8%); treatment two (ULL) more control diet consisted of adding urea (0.1%) and slow release urea (0.8%); treatment three (ZEO) control diet further addition of urea (0.8%) and zeolite (2%) and treatment four (ULL + ZEO) was control diet plus slow release urea (0.9%) and zeolite (2%). In the final weight, ULL the treatment was over TEST (3.06% $P < 0.05$) and treatment ZEO. The treatment and ULL ULL + ZEO treatment were similar to each other ($P > 0.05$) in daily weight gain but above the TEST and treatment containing zeolite. The DMI showed no difference between treatments ($P > 0.05$). However, the ULL + ZEO treatment showed improved feed conversion since this was a 12.64% less than TEST. In the hot carcass weight treatments they showed no difference from the TEST ($P > 0.05$), plus the area of rib eye in the ULL + ZEO was higher (11.41% $p < 0.05$) than the other treatments. In the kidney fat and pelvis were no significant differences between treatments ($P > 0.05$). Moreover, in primary cuts and tissue composition there were no differences ($P > 0.05$). The use of ULL in sheep feeding improves some parameters evaluated, and the final weight, daily gain and feed conversion, hot carcass weight, area of rib eye and kidney fat and pelvis, however the use of zeolite seems to have no effect.

Keywords: zeolite, urea slow release, lambs

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la demanda tan alta que se tiene de proteína de origen animal, ha propiciado que la producción de alimentos se haga de manera intensiva con el objetivo de asegurar la eficiencia de los procesos y así obtener mayores rendimientos de los animales (Acosta *et al.*, 2008); el objetivo principal es que el animal aproveche en mayor medida los nutrientes suministrados en la dieta. Con lo anterior se logra, entre otras cosas, mayores ganancias diarias de peso, mejor conversión alimenticia y rendimientos superiores en canal. Así como, en algunos casos reducir la emisión de contaminantes al ambiente (Hristov *et al.* 2013).

El uso de fuentes de nitrógeno no proteico (NNP) es una práctica que reduce la dependencia de fuentes de proteína vegetal o animal en la alimentación de los rumiantes, lo que es de gran utilidad en zonas donde los insumos que aportan dichas fuentes de proteínas son escasos o relativamente caros (Owens *et al.* 1980). La urea es la fuente de NNP más utilizada; sin embargo, su uso es limitado por la rapidez con la que se hidroliza, en consecuencia gran parte del amoniaco formado no es aprovechado por las bacterias ruminales (Chalupa, 1968); en este sentido, la incorporación de urea de liberación lenta (ULL) ofrece una degradación menor de la urea, dando más tiempo a las bacterias para su aprovechamiento. También se emplean fuentes minerales como la zeolita que en cierta medida contribuye al mejor aprovechamiento de los nutrientes que el rumiante consume (Urias-Estrada *et al.* 2013), ya que actúa como adsorbente de diversos compuestos a nivel ruminal especialmente de amoniaco (Mumpton, 1999) haciéndolos más disponibles para las bacterias del rumen.

En ovinos, se han realizado múltiples estudios sobre la utilización de ULL o bien con la adición de zeolita en las dietas y ambas tienen un efecto positivo en comportamiento productivo y características de la canal, sin embargo, no existe información cuando se usan conjuntamente, por lo anterior el objetivo del presente experimento fue evaluar una fuente de NNP de liberación lenta con zeolita en comportamiento productivo, características de la canal, cortes primarios y composición tisular de ovinos en finalización.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Comportamiento de la producción ovina en México

La producción de ovinos en México ha sido dinámica; en este ámbito se puede mencionar que en el año 2002 el número de cabezas era de 6, 417,080 mientras que para el 2011 el incremento fue de 25%, ya que se registraron 8, 219,380 cabezas. En contraste en los últimos años la producción de carne en canal pasó de 24,000 toneladas registradas en 1990 a 46,299 toneladas en 2005 (84%); sin embargo, aun con tal cambio en la producción total, en México no se logra satisfacer la demanda de carne de ovino ya que se importan grandes volúmenes al año, cifras que llegan a ser del 45% del consumo nacional (SIAP, 2011; FAOSTAT, 2011). Lo anterior supone un déficit en la producción probablemente sea necesario un incremento en el hato nacional y con ello, además implementar técnicas para hacer eficiente la producción de carne ovina en México.

2.2 Situación de la producción de alimentos de origen animal

La creciente demanda de productos que contengan proteína de alta calidad, ha propiciado un aumento significativo en la población de animales destinados a la producción de carne y leche. Aunado a esto, los sistemas actuales de producción requieren de la aplicación de técnicas que en cierto sentido afectan de manera negativa el medio ambiente (Acosta *et al.*, 2008; FAO, 1998).

Los gases de efecto invernadero antropogénicos, como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O) se han señalado como los principales responsables del incremento de la temperatura mundial. En este sentido el ganado contribuye al cambio climático emitiendo gases de efecto invernadero tanto directamente como de forma indirecta. En el ámbito de la producción pecuaria, la fermentación entérica de los rumiantes y el estiércol producen emisiones de metano y óxido nitroso (Steinfeld *et al.* 2006).

2.3 Aspectos de fisiología ruminal

La característica que hace especiales a los rumiantes es la capacidad de degradar las estructuras de los forrajes y obtener de ellos energía y proteína; lo anterior es por la relación simbiótica que guardan con los microorganismos que habitan en el interior del rumen. Dichos microorganismos son bacterias, protozoos y hongos anaerobios, y dependen del rumiante para disponer de condiciones fisiológicas necesarias para su existencia (Molina, 2013).

Los alimentos que llegan al rumen son fermentados, dando como resultado ácidos grasos volátiles, células microbianas, gases como metano y dióxido de carbono; las células microbianas por su parte son de gran valor nutritivo para el animal y son ellas quienes realizan la fermentación (McDonald *et al.* 1995). La capacidad de degradación de las fibras vegetales o el contenido de carbohidratos de pastos de mala calidad y convertirlos a proteína microbiana le confiere a los rumiantes una importante ventaja al poder asimilar los nutrientes de forma efectiva, que de otra forma no estarían disponibles. Por ello es de suma importancia la simbiosis entre los microorganismos del rumen y el animal (Dewhurst *et al.* 2000).

Para que ocurra la simbiosis se requiere de algunas condiciones como las siguientes:

Anaerobiosis. Para que exista la simbiosis es necesario el metabolismo anaerobio de los microorganismos ruminales ya que al no utilizar oxígeno estos dependen de la vía glucolítica para la obtención de energía, así pues, los productos de desecho de los microorganismos (ácidos grasos volátiles) sirven al rumiante como fuente de energía.

pH ruminal. Cada especie de microorganismo del rumen tiene un rango de pH óptimo para su desarrollo. El rango óptimo se encuentra entre 5.5 a 6.9, de otra manera, cuando el pH se modifica se desarrollan microorganismos que alteran el metabolismo del rumen y el rumiante enferma. Otros aspectos que se conocen son presión osmótica que es de alrededor de 280 miliosmoles/litro, temperatura

que se mantiene entre 38 y 42 °C, además los microorganismos requieren fácil acceso al alimento lo que se logra con el constante movimiento del rumen y del proceso de la rumia (Relling y Martinolli, 2003).

A su vez, los microorganismos son esenciales para el rumiante, ya que son los que llevan a cabo la digestión y fermentación de alimentos fibrosos, que de otra manera no podrían usar de manera eficaz. El tipo de microorganismo que predomina en el rumen son sacarolíticos (Russell *et al.* 1992).

En el cuadro 1 se muestra la cantidad de nitrógeno que consume un bovino, así como, la cantidad que excreta debido a la ineficiencia que tienen para aprovecharlo.

Cuadro 1. Consumo y excreción de Nitrógeno de bovinos de leche (kg/año).

Especie	Consumo de N	Excreción de N
Bovino lechero (alta producción)	163.7	129.6
Bovino lechero (baja producción)	39.1	35.9

Martínez *et al.* (2009)

Los carbohidratos, tales como la celulosa y otros polisacáridos, representan la mayor parte de la dieta de los rumiantes y además constituyen el sustrato principal para la fermentación. Debido a las características fisiológicas de los rumiantes, el aprovechamiento del nitrógeno se ve limitado; esto principalmente cuando la fuente de N es elevada o la tasa de degradación rebasa la capacidad de los microorganismos ruminales, consecuentemente la producción de amoníaco es excesiva y el nitrógeno sobrante debe de eliminarse vía orina (Martínez, 2009; Castañeda-Serrano *et al.* 2013).

La orina es, desde el punto de vista medioambiental, más crítica que el excremento, ya que en ella el nitrógeno se encuentra principalmente como urea. En el medio ambiente existe una alta proporción de microorganismos con actividad

ureásica por lo que el N excretado es fácilmente volatilizado a la atmosfera como amoniaco (Ibarra *et al.* 2006).

2.4 Microbiología ruminal

Los microorganismos son una fuente importante de proteína para el rumiante; durante la digestión los microorganismos se multiplican y sintetizan gran cantidad de proteína cruda (PC) utilizando la proteína presente en los forrajes o bien del nitrógeno no proteico (NNP) como fuente de N, además pueden sintetizar amoniaco de amidas, nitratos, urea, entre otros. Por esta razón los rumiantes podrán crecer sin consumir aminoácidos o proteínas de la dieta. Sin embargo en condiciones de alta demanda para los animales, la cantidad de N aportado por las bacterias no es suficiente y es necesario la suplementación con fuentes de NNP exógeno (Allen y Kirpal, 1969).

El amoniaco en el rumen comprende una fuente importante de N y procede de diversas fuentes y también tiene diferentes destinos, las fuentes incluyen la degradación de proteína e hidrólisis de NNP de la dieta, hidrólisis de la urea reciclada al rumen y la degradación del protoplasma de los microorganismos. Los destinos del amoniaco incluyen la absorción por los microorganismos para producir aminoácidos, la absorción a través de la pared del rumen y descarga hacia el abomaso. Cuando el rumiante consume urea, primeramente se hidroliza en amoniaco y anhídrido carbónico en el rumen mediante la enzima ureasa que es producida por ciertas bacterias. El amoniaco liberado en rumen se combina con los cetoácidos para formar aminoácidos que a su vez se incorporan a la proteína microbiana (Escalona *et al.* 2007).

En un rumen normal, el amoniaco liberado de las fuentes de NNP se encuentra en forma de ion amonio, este ion es soluble y sus cargas impiden que sea absorbido a través de las paredes del rumen. Si el pH es elevado o cuando el amoniaco excede la capacidad de captación de las bacterias este puede estar en forma no cargada, siendo también soluble y de fácil absorción por las paredes ruminales pudiendo alcanzar el torrente sanguíneo, así viajar al hígado y causar

alcalosis, además, el cerebro es un órgano muy sensible a niveles altos de amonio (Escalona *et al.* 2007).

El cerebro depende casi exclusivamente de la degradación de la glucosa hasta la formación de acetil-CoA y su posterior ingreso al ciclo de Krebs para formar la energía que requiere. Para que la acetil-CoA sea metabolizada a través del ciclo de Krebs es necesario una fuente de oxalacetato, y en el cerebro, esta demanda es cubierta por la carboxilación de piruvato. La enzima que cataliza esta reacción, la piruvato carboxilasa, es limitada en el cerebro de tal manera que para el adecuado funcionamiento del ciclo de Krebs, en este órgano, es necesario un constante suministro de oxalacetato. En presencia de altos niveles de amonio, el equilibrio de la reacción es catalizada por la glutamato deshidrogenasa y tiende a favor del glutamato, el cual es dirigido posteriormente hacia glutamina. La formación de glutamina disminuye el nivel de intermediarios del ciclo de Krebs, y por tanto el oxalacetato no aumenta. En el cerebro se reduce la formación de ATP, así aparecen signos de intoxicación por amonio, además que implica un gasto energético innecesario por parte del hígado ya que este debe ser eliminado del organismo transformado en forma de urea (Correa y Cuellar, 2004).

2.5 Urea en alimentación de rumiantes

Los niveles adecuados de proteína degradable y de carbohidratos no estructurales aumentan la eficiencia microbiana, mejoran la digestión de los alimentos y aumentan la producción de ácidos grasos volátiles, mejorando de esta manera la síntesis de proteína microbiana (Manella, 2012).

La sustitución de proteína vegetal o animal por NNP para los rumiantes generalmente reduce los costos de suplementación. Esta práctica reduce la competencia con los seres humanos y otros animales no rumiantes por fuentes de proteína que en ciertos lugares puede ser escasa o costosa en ciertos periodos de tiempo (Owens *et al.*, 1983).

En la formulación de las dietas que se ofrecen a los rumiantes se toma en cuenta el aporte de nitrógeno en forma de proteína verdadera, así como fuentes

de N no proteico. El uso de estas últimas se basa en la capacidad de los microorganismos del rumen en emplear el N en la síntesis proteica. La urea es la fuente de NNP más utilizada, es un polvo blanco cristalino, soluble en agua y se utiliza en la agricultura y alimentación animal, aporta 46% de nitrógeno lo que equivale aproximadamente a un 287.5% de proteína cruda. Sin embargo, la urea presenta limitantes en su uso, principalmente por su rápida hidrólisis por la acción de la ureasa microbiana del rumen, cuya disponibilidad rebaza a la de los carbohidratos solubles que provienen de la degradación de polisacáridos, para la síntesis de proteína microbiana (Marichal *et al.* 2009; Sánchez, 2010). En este sentido se ha observado que niveles superiores a 2.5-3% de urea en los concentrados reduce la palatabilidad de los mismos, y que el consumo excesivo o repentino de animales no adaptados ocasiona toxicidad por exceso de amoníaco (Martínez *et al.* 2009). Además la pérdida del amoníaco producido da lugar a una eventual reducción de N disponible para la síntesis de proteína microbiana. El amoníaco es importante porque es un nutriente esencial para las bacterias que desdoblan o digieren la fibra y el almidón en el rumen (Chalupa, 1968).

La urea comprimida al 1% con 80% de concentrado a novillos presentó un nivel de amoníaco ruminal de 53 mg/dL a los 30 minutos, así mismo niveles de 10% de urea incrementaron los niveles de amoníaco ruminal en 120 mL/dL, tal estado fisiológico provocó que los novillos mostraran temblores musculares 35 minutos después de recibir la alimentación (Owens *et al.* 1983).

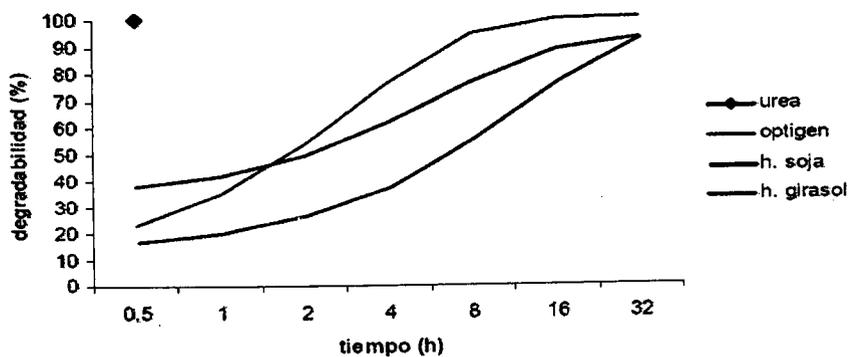
Los resultados del uso de fuentes de NNP en animales que consumen raciones con proteína de origen biológico difiere en aquellos donde el nivel de dicha proteína es limitado, en este sentido, Clanton (1978) utilizó diferentes niveles de urea y otra fuente de NNP (*biuret*) en terneros alimentados con fuentes de proteína vegetal y observó que la ganancia diaria de peso se ve reducida cuando no se suministró una fuente de proteína vegetal, sin embargo, la ganancia diaria de peso fue similar al utilizar las diferentes fuentes de NNP.

2.6 Urea de liberación lenta

La urea es la fuente de NNP más comúnmente utilizada en la alimentación de los rumiantes, pero posee una alta tasa de degradación por las bacterias del rumen, lo que hace que en ocasiones su uso eficiencia en la formación de proteína microbiana se vea limitada, además se menciona el riesgo de intoxicación por exceso de amoniaco (Correa y Cuellar, 2004).

Se han probado fuentes de NNP de liberación lenta que podrían reducir el riesgo de intoxicaciones en los rumiantes, así como mejorar el sincronismo de nutrientes en el rumen sin comprometer el rendimiento del animal. Por el periodo de adaptación requerido de los rumiantes a la urea y con base en la sincronización de la tasa de degradación de nutrientes en el rumen, la digestibilidad de la fibra mejora al usar una fuente de urea de liberación lenta. Optigen II® es una fuente de NNP de lenta liberación, esta aporta un 41% de nitrógeno lo que equivale al 256.25% de proteína cruda (Alltech Inc. 2004), y tiene como características principales que comienza su degradación luego de 20 minutos posterior a su consumo y aporta el máximo de nitrógeno a las 3-4 horas, finalmente se degrada completamente a las 6.5 horas. Sin embargo, resultados obtenidos por Taylor-Edwards *et al.* (2009) sugieren que la suplementación de ULL puede limitar la disponibilidad de nitrógeno a concentración de 0.4%.

Figura 1. Cinética de degradación de cuatro fuentes de nitrógeno



Además se menciona que para el mejor aprovechamiento del NNP, en el rumen debe de existir en la ración una determinada cuantía de carbohidratos fácilmente fermentables, cuyo desdoblamiento proporciona las sustancias adecuadas para la síntesis de aminoácidos y reacciones consumidoras de energía necesarias para la multiplicación de los microorganismos y la conversión de proteína microbiana. La velocidad de la liberación de los carbohidratos debe ser acoplada a la degradación de los compuestos nitrogenados ya que de no ser así se produce una ineficiencia de los microorganismos en el aprovechamiento de N (Melgoza *et al.* 2007).

2.7 Urea de liberación lenta en la dieta de ganado bovino

Experimentos de Taylor-Edwards *et al.* (2009) con ULL y urea convencional (cuadro 2), han arrojado distintos resultados.

Cuadro 2. Efecto de suplementar urea en dietas de ensilado de maíz con múltiples niveles de urea o urea de lenta liberación en desempeño productivo de novillos.

	T	Urea%				ULL%				L	C
		0.4	0.8	1.2	1.6	0.4	0.8	1.2	1.6		
0-28 d											
P. final kg	373	396	395	395	398	386	398	398	388	0.23	0.39
G.D.P. kg/d	1.33	1.50	1.59	1.57	1.55	1.48	1.58	1.64	1.41	0.56	0.16
C.M.S. kg/d	7.10	7.30	7.63	7.52	7.62	7.39	7.74	7.67	7.62	0.75	0.52
E.A. g/kg	186	199	209	202	185	200	204	200	185	0.38	0.09
28-56 d											
G.D.P. kg/d	0.36	0.77	0.74	0.74	0.82	0.53	0.78	0.77	0.64	0.07	0.28
C.M.S. kg/d	6.66	7.57	7.65	7.65	7.67	7.01	7.31	7.52	7.37	0.01	0.35
E.A. g/kg	55	101	96	97	109	76	107	102	87.5	0.17	0.39

G.D.P.=ganancia diaria de peso; CMS=consumo de materia seca; EA=eficiencia alimenticia; T=testigo ULL=urea de lenta liberación, L=lineal, C=cuadrático. Adaptado de Taylor-Edwards *et al.* (2009).

En base a ellos han llegado a la conclusión que la urea de liberación lenta disminuye la velocidad con la que se libera el amoniaco en el rumen sin afectar a otros metabolitos de la fermentación ruminal y que la ULL puede utilizarse como suplemento de NNP para modular la aparición de N en el rumen y puede

proporcionar un rendimiento igual a los suplementos de urea, sin los peligros asociados a este tipo de aditivos. Los resultados obtenidos por estos autores, sugieren que la suplementación de ULL puede limitar la disponibilidad de N a bajas concentraciones (0.4%) pero es equivalente a la urea a concentraciones de 0.8% y 1.2%. El peso final no se afectó por la fuente de urea, pero aumentó cuadráticamente ($P=0.001$) con el aumento en la suplementación de la urea, además los suplementados con urea por encima del 0.8% no mostraron aumento en el peso final. El consumo incrementó cuadráticamente ($P=0.06$) de 0 a 0.8% en la dieta, sin embargo, no muestra incremento al incluir más del 0.8%. La eficiencia también se vio afectada al aumentar cuadráticamente ($P=0.001$) con el aumento en la suplementación.

En el mismo experimento la urea aumentó un 58% el amoniaco ruminal en comparación con ULL en 10 horas como se observa en el (cuadro 3). Las concentraciones a las dos horas después de la suplementación fueron de 25% con un incremento máximo de 147% a las 8 horas. Los resultados muestran que la ULL tiene una tasa de degradación de (6.28%/h) comparado con la urea.

Cuadro 3. Efecto de la inclusión de urea o ULL en variables ruminales de novillos.

	Tratamientos		Valor P
	Urea	ULL	
pH	6.54	6.47	0.36
Amoniaco, mM	14.1	8.9	0.02
Actividad de ureasa ¹ (mmol/minxmL)	89	148	0.06
Degradación. <i>in situ</i> de ULL %/h ²	6.83	5.73	0.48

ULL=urea de lenta liberación; ¹Actividad de la ureasa se determina en muestras de fluido ruminal tomadas 4 h después de la alimentación. ²El estudio llevado a cabo *in situ* en el d 35 con 0, 2, 4, 6, 8, 12, y 24 h Los tiempos de incubación en rumen en novillos alimentados con urea o ULL para 35 d.

El pH no mostró diferencia estadística entre los tratamientos, no así el amoniaco ruminal que disminuyó en un 36.8% ($P=0.02$), mientras que la actividad

de la ureasa aumentó un 3.9% (P=0.06), mientras que la degradación *in situ* de la ULL no mostró diferencia entre la fuente de NNP

López-Soto *et al.* (2014) utilizaron 60 novillos mestizos para evaluar el efecto sobre el crecimiento, la energética de la dieta y características de la canal al combinar urea (0.8%) y ULL (0.8%) en una dieta con una relación de almidón:fibra detergente acida (FDA) en relación 4.5:1, y urea (3.5, 4.5, y 5.5 almidón:FDA). Los resultados se muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4. Efecto de los tratamientos sobre las características de la canal en novillos alimentados con diferentes proporciones de A:FDA.

	Tratamientos				EEM	ULL+ U-4.5	A:FDA	
	ULL+ U-4.5	U-3.5	U-4.5	U-5.5			L	C
Réplicas	5	5	5	5				
N	15	15	15	15				
PCC, kg	301.7	293.1	302.7	308.6	4.12	0.86	0.02	0.72
PCF, kg	298.1	289.6	299.1	305.0	4.07	0.86	0.02	0.72
Pérdida por goteo,%	1.20	1.18	1.19	1.19	0.023	0.73	0.87	0.98
Rendimiento de la canal %	65.40	64.66	65.50	65.10	0.32	0.78	0.81	0.28
Área ML, cm ²	78.10	77.18	78.30	80.73	1.079	0.90	0.04	0.62
EGD, cm.	0.62	0.62	0.61	0.67	0.065	0.94	0.61	0.70
GRP, %	1.93	2.00	2.00	2.13	0.154	0.76	0.55	0.73
Marmoleo	3.27	3.20	3.28	3.33	0.157	0.95	0.55	0.95

PCC=peso de la canal caliente, PCF=peso de la canal fría, ML=músculo *Longissimus*. EGD=espesor de grasa dorsal, GRP=grasa de riñón y pelvis. A:FDA=proporción almidón:fibra detergente ácido, L=lineal, C=cuadrático.

En dicho estudio, se observó que la combinación de urea y ULL no afectó la ganancia diaria de peso, pero disminuyó el consumo de materia seca como porcentaje del peso corporal, afectando así la eficiencia alimenticia y la energía de la dieta. Además a medida que la relación almidón:FDA aumentó, el consumo diario de alimento, la ganancia diaria de peso, la eficiencia alimenticia y la energía

de la dieta aumentaron linealmente. La combinación de urea y ULL no afectaron las características de la canal.

Otro aspecto que se observó fue que a medida que la relación almidón:FDA aumentó, el peso de la canal caliente, y el área del músculo *Longissimus dorsi* aumentaron linealmente. Los autores concluyeron que la combinación de urea y ULL en dietas con relación de almidón:FDA de 4.5:1 aumenta un 8% la eficiencia energética de la dieta.

2.8 Urea de liberación lenta en la dieta de ovinos

Owens *et al.* (1983) utilizaron urea de liberación lenta recubierta con aceite de linaza y tung, en un ensayo en ovejas y encontraron una mayor aceptación del alimento comparado con niveles similares de urea granulada, de un 7% hasta un 17% con niveles de un 5 y 10% respectivamente. Sin embargo, la retención de nitrógeno fue similar entre las fuentes de NNP pero menor comparado con la de harina de soya suplementada.

En ovinos se han incluido mezclas de urea convencional con ULL en dietas de borregos con diferentes proporciones de Almidón:FAD (Aguilar-Hernández *et al.*, 2013). Utilizaron diferentes proporciones de almidón y fibra (AF3, AF4 y AF5). En sus resultados (cuadro 5) se observa que el consumo de MS no es afectado.

La combinación de urea incrementó la GDP, la eficiencia alimenticia, la EN de la dieta y la retención aparente de energía por unidad de MS consumida ($P \leq 0.04$).

Al aumentar la proporción almidón:fibra se encontró un aumento lineal ($P=0.01$) en GDP, eficiencia alimenticia y la EN de la dieta, la retención aparente de energía por unidad de MS fue máxima (Cuadrático $P=0.04$) para AF4.

Finalmente llegaron a la conclusión de que la combinación de urea y ULL tiene efectos positivos sobre el crecimiento y la energía de la dieta de finalización cuando hay cierta proporción de A:F en la dieta.

Cuadro 5. Influencia de los tratamientos sobre el comportamiento productivo de borregos y la energía en la dieta.

	Tratamientos					U4		
	U4	AF3	AF4	AF5	EEM	Vs. AF4	L	C
Peso inicial, kg	36.61	36.49	36.75	36.73	0.21	0.66	0.42	0.60
Peso final, kg	49.89	49.30	52.34	52.42	0.64	0.02	<0.01	0.09
GDP, kg	0.235	0.229	0.278	0.280	0.013	0.04	0.02	0.15
CMS, kg	1.237	1.257	1.335	1.295	0.046	0.16	0.57	0.31
EA, kg/kg	0.190	0.180	0.208	0.216	0.006	<0.01	<0.01	0.03
EN, Mcal/kg								
Mantenimiento	2.03	1.98	2.15	2.21	0.02	0.01	<0.01	0.03
Ganancia	1.37	1.33	1.48	1.53	0.02	0.01	<0.01	0.03
Observado/esperado de la EN								
Mantenimiento	1.02	1.04	1.08	1.05	0.01	<0.01	0.42	0.03
Ganancia	1.02	1.05	1.10	1.06	0.01	<0.01	0.60	0.02
CMS	0.98	0.94	0.90	0.94	0.01	<0.01	0.57	0.01

GDP=ganancia diaria de peso; CMS=consumo de materia seca; E.A.=eficiencia alimenticia; L=lineal; C=cuadrático; A:F=proporción almidón:forraje. Adaptado de Aguilar-Hernández *et al.* (2013).

2.9 Composición y características de las Zeolitas

Las zeolitas naturales, son de origen volcánico, con estructuras cristalinas de aluminio-silicato de álcali, en las que prevalece el Mg, Ca, Na, y K, una de sus características es su capacidad de adsorción e intercambio iónico y como reservorio de amonio. Comprenden un grupo de aproximadamente 40 aluminosilicatos, entre las más importantes para la producción animal son la clinoptilolita y la mordenita (Pulido y Ferhing, 2004; Pond, 1984).

En su estructura poseen aluminio y silicio, donde se presentan los tetraedros alternos. Este armazón contiene canales donde se encuentran los cationes Na, Ca, Mg y K que neutralizan las cargas y moléculas de agua. El armazón Si/Al-O de la zeolita es rígido pero los cationes no son parte integrante

de este armazón y con frecuencia se les llaman cationes intercambiables; son bastante móviles y fácilmente reemplazables por otros cationes. La presencia y posición de los cationes en las zeolitas es importante por varias razones: la sección transversal de los anillos y canales de la estructura puede alterarse al cambiar el tamaño de las moléculas que puede adsorberse. Además, un cambio en la ocupación catiónica modifica la distribución de la carga dentro de las cavidades y por tanto el comportamiento de adsorción y actividad catalítica (Vizcano, 1998).

Las aplicaciones de las zeolitas dependen de sus propiedades físicas y químicas entre las que están la capacidad de intercambio catiónico, adsorción, estabilizador del equilibrio ácido-básico, catálisis deshidratación y rehidratación y reactividad biológica (Mumpton, 1984).

Las zeolitas naturales se emplearon en la producción animal hace más de 30 años en Japón, China, y más recientemente en Cuba, Estados Unidos, México, Australia, Francia y Ecuador; sus principales aplicaciones han estado dirigidas a obtener mejoras tanto económicas como de manejo y en aspectos sanitarios (Maigua, 2007; Reyes *et al.* 2003).

La clinoptilolita es una zeolita natural formada por la desvitrificación de ceniza volcánica en lagos o aguas marinas hace millones de años. Este tipo es la más estudiada y la de mayor utilidad. Se presenta de forma natural como rocas de origen volcánico y son minerales del grupo aluminosilicatos hidratados compuesto por aluminio, sílice, hidrogeno y oxigeno altamente estables, con forma similar a una jaula.

Las cargas negativas de las unidades de aluminio se equilibran con la presencia de iones intercambiables, como el calcio, magnesio, sodio potasio y hierro. Estos iones pueden ser desplazados por otras sustancias, por ejemplo metales pesados e iones de amonio (Cosme, 1988).

En el cuadro 6 se muestra la formula química y el tamaño de poro de algunos tipos de zeolitas.

Cuadro 6. Clasificación de algunas zeolitas y su fórmula química.

Tipo de Zeolita	Fórmula química	Volumen de poro*
Grupo de las analcimas		
Analcimas	$\text{Na}_{16} (\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.18
Wairakita	$\text{Ca}_8 (\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.18
Leucita	$\text{K}_{16} (\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96})$	0
Grupo de las natrolitas		
Natrolita	$\text{Na}_{16} (\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.21
Edingtonita	$\text{Ba}_2 (\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{20}) 6\text{H}_2\text{O}$	0.35
Thompsonita	$\text{Na}_4\text{Ca}_8 (\text{Al}_{20}\text{Si}_{20}\text{O}_{80}) 24\text{H}_2\text{O}$	0.32
Grupo de las filipsitas		
Filipsita	$(\text{K}, \text{Na})_5 (\text{Al}_5\text{Si}_{11}\text{O}_{32}) 10\text{H}_2\text{O}$	0.30
Garronita	$\text{NaCa}_{2.5} (\text{Al}_6\text{Si}_{10}\text{O}_{32}) 14\text{H}_2\text{O}$	0.41
Gismondina	$\text{Ca}_4 (\text{Al}_8\text{Si}_8\text{O}_{32}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.47
Grupo de las heulanditas		
Heulandita	$\text{Ca}_4 (\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}) 24\text{H}_2\text{O}$	0.35
Clinoptilolita	$\text{Na}_6 (\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}) 24\text{H}_2\text{O}$	0.34
Estilbita	$\text{Na}_2\text{Ca}_4 (\text{Al}_{10}\text{Si}_{26}\text{O}_{72}) 32\text{H}_2\text{O}$	0.38
Grupo de las mordenitas		
Mordenita	$\text{Na}_8 (\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) 24\text{H}_2\text{O}$	0.26
Ferreirita	$\text{Na}_{1.5}\text{Mg}_2 (\text{Al}_{5.5}\text{Si}_{30.5}\text{O}_{70}) 18\text{H}_2\text{O}$	0.26
Epistilbita	$\text{Ca}_3 (\text{Al}_6\text{Si}_{18}\text{O}_{18}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.34
Grupo de las chabasitas		
Chabasita	$\text{Ca}_2 (\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24}) 13\text{H}_2\text{O}$	0.48
Erionita	$(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Na}, \text{K})_{4.5} (\text{Al}, \text{Si}_{27}\text{O}_{72}) 72\text{H}_2\text{O}$	0.36
Zeolita L	$\text{K}_6\text{Na}_3 (\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}) 21\text{H}_2\text{O}$	0.28
Grupo de las faujasitas		
Faujasitas (X, Y)	$\text{Na}_{12}\text{Ca}_{12}\text{Mg}_{11} (\text{Al}_{59}\text{Si}_{133}\text{O}_{384}) 26\text{H}_2\text{O}$	0.53
Zeolita A	$\text{Na}_{12} (\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{18}) 27\text{H}_2\text{O}$	0.47
Zeolita ZK-5	$\text{Na}_{30} (\text{Al}_{30}\text{Si}_{66}\text{O}_{192}) 98\text{H}_2\text{O}$	0.45
Grupo de las laumontitas		
Laumontita	$\text{Ca}_4 (\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.35
Yagawaralita	$\text{Ca}_4 (\text{Al}_8\text{Si}_{20}\text{O}_{56}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.30
Grupo de las pentasil		
Zeolita ZSM-5	$\text{Na}_n (\text{Al}_n\text{Si}_{96-n}\text{O}_{192}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.32
Zeolita ZSM-11		

* cm^3 de agua/ cm^3 de cristal.

La clinoptilolita intercambia preferentemente amonio frente a sodio. Esta actuaría como un intercambiador de iones por el amonio e iones metálicos y

puede selectivamente absorber moléculas de gas simple y vapor (Mumpton y Fishmann, 1977). Se mencionan efectos en la peristalsis o en la presión osmótica del contenido intestinal en rumiantes. Además su efecto en la absorción de humedad en el tracto digestivo, unido a su efecto astringente adicional, reduce la velocidad del tránsito del bolo alimenticio, también se ha observado una estimulación en el crecimiento de las células epiteliales en la zona de las microvellosidades del intestino delgado (Rivera, 2005).

Las proteínas y los aminoácidos o cualquier fuente de NNP que llegan al rumen son degradados a amoníaco. Las zeolitas en este sentido interactúan directamente en el metabolismo proteico en las diferentes especies gracias a su capacidad de intercambio catiónico y capacidad de absorber compuestos nitrogenados (García *et al.* 1992).

El amoníaco retenido por la zeolita es liberado lentamente al ambiente ruminal en la misma magnitud que la zeolita regenera su estado normal. Se señala que el 15% del amoníaco presente en el rumen puede ser captado por la zeolita, lo que permite una mejor utilización del N por los rumiantes (Gutiérrez *et al.* 1999).

2.10 Las Zeolitas en la producción animal

Las zeolitas se han utilizado ampliamente en la alimentación animal, en cerdos se ha probado su eficacia en el control de las diarreas causadas por *E. coli*, también se observan efectos en los parámetros productivos en esta especie (Martínez *et al.* 2004).

Otro aspecto importante es el uso de las zeolitas en el control de olores en las instalaciones donde se alojan aves, ya que la zeolita tiene la capacidad de capturar el amoníaco liberado por las excretas, esto se corrobora al observar los niveles de N total y N-NH₃ en las excretas de gallinas alimentadas con zeolita (3%) ya que al analizar las excretas (Cuadro 7) se obtuvieron niveles mayores a las del grupo control (0%), según los autores Lon-Wo *et al.* (2010) sus resultados indican mayor retención de N total en las gallinazas de las aves que recibieron zeolita.

Además, mencionan que al observar la dinámica de muestreo/h se evidencia la reducción en la volatilización del amoniaco en la excreta de aves alimentadas con zeolita, en 10 d solo se liberaron al ambiente 30.6 ppm de amoniaco a diferencia de esto en las excretas control hubo una gran liberación de nitrógeno amoniacal al ambiente, este ascendió a 937 ppm.

También, su utilización en la alimentación de aves de corral parece tener efectos positivos en algunos, parámetros, en este sentido, Berto *et al.* (2013) utilizaron tres niveles de calcio (2.5, 3.1 y 3.7%) y cuatro niveles de clinoptilolita (0.0, 0.15, 0.25, y 0.50%) en aves de la línea Hixes Brown® para evaluar la calidad de los huevos y algunos parámetros productivos de las aves.

Cuadro 7. Composición de las gallinazas (BS).

Medidas	Zeolita %		EE±
	0	3	
MS, %	25.36	31.20	0.24**
N total mg g ⁻¹	2.91	5.38	0.63**
N-NH ₃ mg g ⁻¹	0.69	1.19	0.07**
N/NH ₃	0.20	0.29	0.08**

**P<0.01 fuente: Lon-Wo *et al.* (2010)

Los autores encontraron que los niveles de clinoptilolita o los de calcio no afectaron el porcentaje de huevos intactos ni el promedio del peso del huevo (P>0.05), tampoco se afectó la masa del huevo por la influencia de la clinoptilolita, sin embargo, si fue afectada por los niveles de calcio (P<0.05) ya que al utilizar el nivel de 2.5% de calcio, los huevos tuvieron menor masa comparados con los niveles de 3.1 y 3.7% de calcio. La conversión alimenticia por docena de huevo incrementó por los niveles de clinoptilolita solo al utilizar 2.5% de calcio. Los autores concluyeron que al incluir hasta 0.50% de clinoptilolita no tiene beneficios en la calidad del huevo.

En otro estudio realizado por Coutinho *et al.* (2002) en el cual utilizaron 24 becerros Santa Gertrudis de 280 kg de peso que fueron alimentados durante 127 días incluyendo 15 días de adaptación con dieta que consistió en ensilado de maíz + concentrado (80.5% de grano de maíz molido, 14% de pasta de soya, 2.5% de urea, y 3% de suplemento mineral) para el tratamiento 1 y ensilado de maíz + concentrado (78% de grano de maíz molido, 14% de pasta de soya, 2.6% de urea, 3.0% de minerales y 2.4% de urea) para el tratamiento 2. Los resultados para la ganancia diaria de peso fue de 1.35 y 1.41 kg respectivamente, el consumo de materia seca en relación con el peso vivo fue de 2.53 y 2.59% para los tratamientos 1 y 2, respectivamente, sin embargo, no hubo diferencia estadística, el índice de conversión que obtuvieron fue de 6.03 y 5.93 kg de MS/kg de ganancia y el pH fue de 5.36 y 5.51 para tratamiento 1 y 2, respectivamente, sin embargo, no hubo diferencia significativa excepto para el pH fecal. En el trabajo los autores mencionan que la inclusión de zeolita no afecta significativamente los parámetros estudiados excepto el pH fecal e indican que lo anterior puede deberse a una mejor utilización del almidón ya que la zeolita sustituyó en parte el maíz molido sin comprometer el rendimiento de los animales.

2.11 La zeolita en la producción de ovinos

La adición de zeolita a ovinos (Rivera, 2005), no mostró diferencias en el pH del rumen, en concentración de N-NH₃, ni para concentración de AGVs. El ácido propiónico fue mayor para el tratamiento 1.5% de zeolita comparado con el 3.0 y 4.5%, pero solo entre horas de muestreo y no entre la interacción tratamiento por hora de muestreo. El autor concluyó que al adicionar zeolita se tuvieron algunas mejoras en los parámetros ruminales. Estos resultados coinciden con Ruiz *et al.* (2007) quienes obtuvieron mayor concentración de ácido propiónico con 1.5% de zeolita en dietas de alfalfa y concentrado, sin efectos en concentración de N-NH₃ en rumen (Cuadro 8).

Ruiz *et al.* (2008), en el cual utilizaron cuatro ovinos Pelibuey con cánulas ruminales, en los cuales evaluaron los efectos de la adición de cuatro niveles de zeolita a la ración, 0, 1.5, 3.0 y 4.5%, en la digestibilidad y consumo de nutrientes.

Los autores no encontraron diferencias significativas para la digestibilidad de la materia seca (67.9, 69.9, 69.3 y 70.8%), digestibilidad de la materia orgánica (72.8, 73.5, 77.6 y 79.7%) y digestibilidad de la fibra ácido detergente (32.2, 34.4, 37.4 y 33.4%).

Tampoco observaron efectos en el consumo de materia seca, materia orgánica, fibra ácido detergente, fibra neutro detergente y proteína cruda. Sin embargo, hubo efecto cuadrático significativo ($p=0.002$) para las medias de consumo de fibra detergente ácido digestible (72.0, 94.4, 98.6 y 87.3 g/animal/día).

Cuadro 8. Concentraciones de ácido acético, propiónico y butírico (mmol) en el líquido ruminal determinado en ovinos que reciben diferentes niveles de zeolita.

Ácidos	Niveles de zeolita %				EE±
	0.0	1.5	3.0	4.5	
Acético	42.76	43.26	41.73	41.28	1.68
Propiónico	14.86 ^a	19.67 ^b	14.88 ^a	15.22 ^a	0.98
Butírico	4.87	5.62	5.36	5.28	0.29

^{ab} literales diferentes en hilera indican diferencia estadística ($P<0.06$)

Urías-Estrada *et al.* (2013) evaluaron distintas dosis de zeolita en dietas de finalización con alto contenido de proteína (cuadro 9).

En dicho estudio, la adición de zeolita no afectó el consumo diario de materia seca, sin embargo a medida que se aumentó en nivel de zeolita la EN de la dieta tuvo una tendencia lineal a aumentar ($P=0.10$) e incremento la retención aparente de energía por unidad de MS consumida ($P=0.02$).

Los autores llegaron a la conclusión de que la zeolita en dietas de finalización altas en proteína para corderos puede ofrecer ciertas ventajas en la eficiencia de utilización del N y por lo tanto de la energía.

Es importante mencionar que la utilización de aluminosilicatos en la alimentación de animales, depende en gran medida de la naturaleza y composición química del producto. En un estudio realizado por Gutiérrez *et al.* (2008) en el cual añadieron 0, 100 y 300 g de bentonita natural y 100 g de zeolita para estudiar el efecto de los aluminosilicatos en la degradación ruminal de los compuestos nitrogenados.

Cuadro 9. Influencia del nivel de zeolita sobre comportamiento productivo y energía de la dieta en borregas en finalización.

	Tratamientos				EEM	Valor de P	
	0%	1%	2%	3%		L	C
Peso							
Inicial	31.09	31.09	31.16	31.26	0.302	0.40	0.71
Final	35.90	35.13	35.84	36.01	0.437	0.59	0.31
Consumo MS, kg	1.083	0.983	1.036	1.031	0.050	0.65	0.36
GDP, kg/día	0.229	0.193	0.223	0.226	0.020	0.81	0.35
Eficiencia kg/kg	0.211	0.195	0.215	0.218	0.010	0.38	0.39
EN de la dieta, Mcal/kg							
Mantenimiento	1.937	1.910	1.985	2.009	0.037	0.10	0.51
Ganancia	1.289	1.265	1.331	1.352	0.032	0.10	0.50
Proporción observado/esperado							
Mantenimiento	0.999	0.995	1.040	1.060	0.019	0.02	0.49
Ganancia	0.999	0.989	1.050	1.080	0.025	0.02	0.50
Consumo MS	1.00	1.00	0.952	0.930	0.022	0.02	0.53

GDP=ganancia diaria de peso; EN=energía neta; L=lineal; C=cuadrática; P=probabilidad; adaptado de Urias-Estrada *et al.*, (2013).

Los resultados mostraron que la digestibilidad aparente de la materia seca y el nitrógeno difirió entre los tratamientos y resultó menor en animales tratados con 300 g de bentonita, además la producción de NH₃ varió en el tiempo y alcanzó valores de hasta 14.2 mmol/L con la adición de zeolita fue menor para los tratamientos en los que se utilizó la bentonita natural donde los valores no

sobrepasaron los 9.0 mmol/L sus resultados mostraron que existen diferencias entre estos minerales, mientras que las zeolitas fueron capaces de retener el amoníaco y liberarlo posteriormente la bentonita pareció proteger las proteínas ante el ataque de los microorganismos. Finalmente los autores recomiendan utilizar la zeolita cuando la fuente de alimento es mayormente fibroso y de mala calidad, mientras que la bentonita debe sugerirse para dietas con proteínas de alto valor biológico destinadas a rumiantes.

III. HIPÓTESIS

La adición de NNP de liberación lenta (Optigén 1200®) y zeolita mejora la respuesta productiva, las características de la canal, cortes primarios y la composición tisular de ovinos en finalización.

IV. OBJETIVO

General:

Evaluar el efecto de la adición de urea de liberación lenta (Optigén 1200®) y zeolita en la respuesta productiva, características de la canal, cortes primarios y composición tisular de ovinos en finalización.

Objetivos específicos:

1. Evaluar la respuesta productiva: ganancia diaria de peso, consumo de alimento y eficiencia alimenticia.
2. Evaluar en la canal: peso de la canal caliente, rendimiento de la canal, área del *Longissimus dorsi*, cortes primarios y composición tisular.

V. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Localización de la unidad experimental

El experimento se desarrolló en la Unidad Experimental de Engorda para Ovinos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa. La zona se caracteriza por tener un clima semiseco, muy cálido, extremo con lluvias en verano; se localiza a 107° 21' longitud Oeste y a 24° 46' de latitud Norte, a 79 msnm; la temperatura promedio anual es de 25.9 °C con máxima de 30.4°C en Junio y Julio, y mínima de 20.6 °C en Enero; la humedad relativa promedio es de 68 %, con máxima de 81 % en Septiembre y mínima de 51 % en Abril; la precipitación anual promedio es de 688.5 mm (CIAPAN, 2002).

5.2 Manejo de los ovinos al inicio y durante la prueba

Se utilizaron 24 ovinos de peso inicial (45.4 ± 3.1 kg) en una prueba que duró 42 días. Los ovinos se manejaron mediante identificación con arete enumerado y pesaje (báscula ganadera tipo individual NORAC, con indicador digital: Rice Lake Weighing Systems, Modelo: IQ+335-2A), se vacunaron contra pasteurelisis neumónica por vía subcutánea (Inmunovac® 11 vías), se desparasitaron con Saguaymicplus® Triclabendazole 10% y Albendazole 10% a dosis de 10 mg/kg/pv, y se vitaminaron a dosis de 5000 U.I./kg/pv (Synt-ADE®, Fort Dodge, Animal Health). La fase de adaptación constó de 4 semanas. El experimento inició con el pesaje de los borregos a las 06:00 h enseguida se asignaron a los tratamientos según su peso inicial, el alimento se ofreció a las 09:00 h de ese mismo día. Los tratamientos se distribuyeron aleatoria y uniformemente en cada corraleta.

5.3 Dietas experimentales

Las dietas y su aporte nutrimental se muestran en el cuadro 10 y se prepararon cada semana en la planta de alimentos y se utilizó una mezcladora horizontal con capacidad para 3 toneladas. Además se tomaron muestras semanales de las dietas para determinar el porcentaje de materia seca ofrecida.

Cuadro 10. Ingredientes y composición nutrimental de las dietas experimentales.

Ingrediente (%)	Tratamientos			
	(TEST)	(ULL)	(ZEO)	(ULL+ZEO)
Maíz quebrado	60	60	59.2	59.1
Paja de trigo	15	15	15	15
Pasta de soya	10.3	10.4	11.5	11
Melaza	8.9	8.7	7.0	7.0
Grasa animal	2.5	2.5	2.5	2.5
Suplemento Mineral ¹	2.5	2.5	2.5	2.5
Urea	0.8	0.1	0.8	0.0
Optigén 1200®	0	0.8	0	0.9
Zeolita (Clinoptilolita)	0	0	2.0	2.0
Composición nutrimental				
ENm, Mcal/kg	1.95	1.95	1.92	1.91
ENg, Mcal/kg	1.31	1.31	1.29	1.29
PC%	14.55	14.63	14.64	14.68
EE%	5.38	5.38	5.36	5.36
FDN%	19.85	19.86	19.87	19.86
FDA%	12.18	12.18	12.2	12.2
Almidón, %	55.95	55.84	54.01	54.00
Almidón:FDA	4.59	4.58	4.42	4.42

¹Agromix ovinos: PC 50%, P 2% Mg 0.8%, K 0.8%, Cu 2500 ppm, Fe 2700 ppm, Mg 1800 ppm, Zn 2600 ppm, vitamina A 225000 U.I., lasolacid sódico 1500 ppm. TEST=dieta testigo + urea, ULL=dieta testigo + Optigén 1200® y urea, ZEO=dieta testigo + zeolita y urea, ULL+ZEO=dieta testigo + optigén 1200® + zeolita. Optigén 1200®=urea de liberación lenta, PC=proteína cruda, E.E.=extracto etéreo, FDN=fibra detergente neutra, FDA=fibra detergente ácida. (NRC, 1985).

El alimento se ofreció dos veces por día (0900 h y 1600 h) en una proporción aproximada de 30:70 respectivamente. La cantidad de alimento total ofrecida por día se realizó con manejo de comedero para tener una cantidad mínima (<5%) de alimento sobrante al día siguiente. Para evaluar sobrantes, los comederos se revisaron visualmente cada día de las 08:40 h a 08:50 h. El ajuste de ofrecido (incrementos o disminuciones) se realizó en la servida vespertina.

5.4 Evaluación de la canal

Transcurridos los 42 días de prueba los ovinos se transportaron al rastro y se registró el peso vivo al sacrificio. Posterior al sacrificio, se registró el peso de la canal caliente (PCC) y se calculó el rendimiento de la canal (RC). Las canales se enfriaron a 2C° durante 24 horas y se pesó la canal fría (PCF), posteriormente se transportaron a la sala de cortes y calidad de carne de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

En la sala de cortes se dividieron las canales longitudinalmente a la columna vertebral. De la media canal izquierda se registró el espesor de grasa dorsal y el área del ojo de la costilla (AOC) perpendicularmente al músculo *Longissimus dorsi*. Además se obtuvieron los cortes primarios correspondientes para obtener su rendimiento, del cuarto anterior se obtuvieron: costillar (IMPS 204), pecho (IMPS 209), hombro (IMPS 206), brazuelo (IMPS 210) y del cuarto posterior: lomo (IMPS 231), Falda (IMPS 232E) y pierna (IMPS 233) con base al lineamiento establecido por el Instituto de Especificaciones Para la Compra de Carne (IMPS, por sus siglas en inglés Institutional Meat Purchase Specifications, 1996) aprobado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés United States Department of Agriculture). Se registró el peso de cada corte y se dividió entre el peso de la canal fría dividido entre cien para obtener su rendimiento. De la paleta izquierda se obtuvo la composición tisular, para esto se procedió a obtener por separado músculo, grasa y hueso de forma manual, para luego registrar el peso de cada componente.

5.5 Análisis estadístico

El diseño experimental fue bloques completos al azar. Los tratamientos fueron asignados a 24 corraletas experimentales con corrales de réplica, seis por tratamiento. La unidad experimental la constituyó el corral.

Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk} \text{ (Steel y Torrie, 1988).}$$

Dónde:

Y_{ijk} =variable de respuesta,

μ = Promedio general,

T_i =Efecto de tratamiento,

β_j =Efecto de bloque,

ε_{ijk} =Error experimental.

A las variables para comportamiento productivo (GDP, CA y EA) y características de la canal (PCC, PCF, EGD y AOC), cortes primarios y composición tisular se les realizó comparación múltiple de medias por la prueba de Tukey. Se aplicó análisis de la varianza para un diseño en bloques completos al azar utilizando el procedimiento MIXED de SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC).

Se estableció un nivel de alfa (≤ 0.05) para aceptar diferencia estadística.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 11 se muestran el resultado de los tratamientos en el comportamiento productivo de los ovinos. El peso final incrementó 3.72% ($P < 0.05$) con el tratamiento que contenía ULL en respecto al TEST, sin embargo, el tratamiento ZEO no mostró diferencia significativa ($P > 0.05$). Aunque la zeolita ha mostrado tener efectos positivos en algunas especies, al respecto Bosch y Schiffer (1997) observaron un aumento del 20% en la eficiencia alimenticia en aves de corral. Por otro lado, la combinación de ZEO+ULL fue superior al TEST 3.06% ($P < 0.05$) y al tratamiento ZEO, pero no mostró diferencia con ULL. La GDP se comportó de manera similar ya que el tratamiento ULL y el tratamiento ULL+ZEO fueron similares entre sí ($P > 0.05$) pero superiores al tratamiento TEST y al tratamiento ZEO. Respecto al tratamiento con zeolita, Ruiz *et al.* (2007) no observaron cambios en el consumo de materia seca en ovinos que se alimentaron con 0, 1, 2 y 3% de zeolita, sin embargo, Forouzani *et al.* (2004) encontraron diferencias significativas al incluir 60 g de zeolita/kg de alimento en una dieta basada en ensilaje tratado con urea, heno de alfalfa y cebada.

En un estudio con novillos Angus, Bourg *et al.* (2009) observaron un incremento de 5.12% en la GDP al utilizar urea al 1.2% contra ULL al 1.3%, también encontraron una disminución en el consumo de materia seca (0.7%). Las ganancias diarias de peso y las mejoras en la conversión alimenticia pueden ser explicadas por un mejor aporte de energía en función de una mayor eficiencia ruminal lo que mejora la eficiencia de la dieta (Manella, 2012).

El consumo diario de alimento no mostró diferencia significativa entre tratamientos ($P > 0.05$). En un experimento con novillos utilizando ULL al 0.8%, Taylor-Edwards *et al.* (2009) observaron una reducción del 4.4% en el consumo de materia seca, sin embargo, esto solo se observó en los últimos 28 de 56 días que duró la prueba.

Cuadro 11. Efecto de la inclusión de zeolita y Optigén® (ULL) en comportamiento productivo en ovinos en finalización.

	Tratamientos				EEM
	TEST	ULL	ZEO	ULL+ZEO	
Días de prueba	42	42	42	42	
Réplicas	6	6	6	6	
Peso inicial, kg	45.34	45.67	45.36	45.28	0.40
Peso final, kg	55.29 ^a	57.35 ^b	54.98 ^a	57.04 ^b	0.91
GDP (kg/día)	0.237 ^a	0.278 ^b	0.229 ^a	0.280 ^b	0.013
Con. MS(kg/día)	1.238	1.335	1.275	1.279	0.048
CA	5.22 ^a	4.80 ^b	5.56 ^a	4.56 ^c	0.90

Con. MS=consumo de materia seca, GDP=ganancia diaria de peso, CA=conversión alimenticia, EEM=error estándar de la media. ^{ab}Literales diferentes en hilera indican diferencia estadística (P<0.05).

En el presente trabajo el tratamiento ZEO+ULL mejoró la conversión alimenticia ya que esta fue un 12.64% menor que el tratamiento testigo. López-Soto *et al.* (2014a) observaron que la eficiencia alimenticia incrementó 14.2% (P=0.02, tendencia en el consumo de alimento a disminuir en 5.1% (P=0.06), con la utilización de 0.8% de ULL y 0.8% de urea.

En las características de la canal que se muestran en el cuadro 12 se observa que con la inclusión de zeolita no se observaron diferencias con respecto al testigo (P>0.05), pero los tratamientos ULL y ZEO+ULL fueron superiores al tratamiento testigo y por ende al tratamiento ZEO (P<0.05); el peso de la canal caliente mostró el mismo efecto, ya que no hubo diferencia entre el tratamiento ZEO y TEST en un estudio con becerros Santa Gertrudis realizado por Coutinho *et al.* (2002) obtuvieron rendimientos en peso de la canal caliente de 54.22 y 55.66%, en el área del ojo de la costilla de 26.72 y 26.92 cm² /100 kg de peso vivo y la grasa de riñón y pelvis fue de 2.4 y 2.55% para los tratamientos 1 y 2 respectivamente sin encontrar diferencia significativas.

En el presente trabajo los tratamientos ULL y ULL+ZEO no mostraron diferencias entre sí aunque fueron mayores a ZEO y al testigo. Además el área del ojo de la costilla en el tratamiento ULL+ZEO fue mayor (11.41%, $P < 0.05$) a los demás tratamientos. En la grasa de riñón y pelvis no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$). Pinos-Rodríguez *et al.* (2010), López-Soto *et al.* (2014b) no encontraron efectos de los tratamientos sobre las características de la canal al usar ULL.

Cuadro 12. Efecto de la inclusión de zeolita y Optigén® (ULL) en características de la canal en ovinos en finalización.

	Tratamientos				EEM
	TEST	ULL	ZEO	ULL+ZEO	
Días de prueba	42	42	42	42	
Réplicas	6	6	6	6	
PCC (kg)	31.69 ^a	32.57 ^b	30.66 ^a	32.39 ^b	0.56
Rendimiento, %	55.32 ^a	56.8 ^b	55.76 ^a	56.79 ^b	0.31
AOC, cm ²	17.91 ^a	17.51 ^a	17.22 ^a	19.8 ^b	0.55
GRP, %	1.38	1.34	1.34	1.38	0.09

PCC=peso de la canal caliente; AOC=área del ojo de la costilla; GRP=grasa de riñón y pelvis, ^{ab}Literales diferentes en hilera indican diferencia estadística ($P < 0.05$)

Una posible explicación del porque la zeolita se comporta de mejor manera que el tratamiento testigo es porque esta tiene la capacidad de interactuar con el amoníaco que se encuentra en rumen; lo captura y libera paulatinamente (Berto *et al.* 2013), así también aunado a la menor tasa de liberación del amoníaco de la ULL hace más eficiente la digestibilidad y utilización de los nutrientes en el rumen (Taylor-edwards *et al.* 2009).

En el cuadro 13 se muestran los resultados sobre los cortes primarios, en él se observa que los tratamientos no afectaron los cortes primarios de ovinos en finalización.

Cuadro 13. Efecto de la inclusión de zeolita y Optigén® (ULL) en rendimiento de cortes primarios en ovinos en finalización.

Corte (%)	Tratamientos					Valor de P
	TEST	ULL	ZEO	ULL+ZEO	EEM	
Cabeza	5.49	6.07	5.80	5.42	0.104	0.101
Cuello	3.08	3.37	3.34	3.39	0.090	0.612
Cuarto anterior	41.05	39.59	45.22	43.58	1.286	0.416
Paleta	15.27	15.85	16.18	15.72	0.222	0.644
Costilla	6.81	7.06	7.76	7.53	0.158	0.298
Rack	8.27	9.14	9.29	8.89	0.185	0.299
Pecho	2.28	3.50	2.37	2.48	0.398	0.619
Hombro	8.29	9.54	9.76	8.95	0.224	0.084
Cuarto posterior	40.98	42.22	41.34	43.44	0.728	0.718
Falda	6.40	6.29	6.77	7.02	0.140	0.260
Lomo	8.09	8.41	8.31	8.47	0.153	0.854
Pierna	26.44	27.48	28.17	27.94	0.425	0.564

EEM=error estándar de la media, ^{ab}Literales diferentes en hilera indican diferencia estadística (P<0.05).

Al respecto, Ríos-Rincón *et al.* (2012), obtuvieron rendimientos similares entre tratamientos (P>0.06) en cuello, hombro, pecho y lomo (9.2, 18.5, 7.2 y 8.1%) en corderos Katahdin x Pelibuey. Mientras que en el presente trabajo los promedios fueron de (3.29, 9.1, 2.65 y 8.32%) respectivamente. Además el porcentaje de la pierna en dicho experimento fue de 27.80% en promedio, mientras que en el presente trabajo fue de 27.50%. Los mismos autores mencionan que los cambios en los cortes primarios se deben a factores como la raza, el peso y hasta la cantidad de energía y proteína en la dieta; mismos factores que afectan la

composición tisular de la ganancia, (cuadro 14) en el presente trabajo las variables no fueron afectadas por los tratamientos.

Cuadro 14. Efecto de la inclusión de zeolita y Optigén® (ULL) en la composición tisular de ovinos en finalización.

Componente (%)	Tratamientos					Valor de P
	TEST	ULL	ZEO	ULL+ZEO	EEM	
Músculo Total	64.52	62.96	63.46	65.71	0.539	0.277
Grasa total	16.29	17.26	17.25	15.88	0.481	0.739
Hueso	17.55	18.58	17.77	17.50	0.280	0.366

EEM=error estándar de la media.

Los efectos observados en cortes primarios y composición tisular de la ganancia pueden deberse a que los tratamientos utilizados en el trabajo, fueron formulados de manera que proporcionaron aproximadamente la misma cantidad de energía y proteína, la raza de los ovinos fueron homogéneas y el peso al inicio de la prueba fue similar.

VII. CONCLUSIONES

Se concluye que la suplementación con 0.8 y 0.9% Optigén 1200® solo o combinado con 2% de clinoptilolita mejora la respuesta productiva de ovinos en finalización, modifica las características, sin embargo, la composición en cortes primarios y tisular de las canales no fueron modificados.

VIII. LITERATURA CITADA

- Acosta G. Z., Guevara G.V., y F. J. M Plascencia., 2008, evaluación de impacto ambiental del establecimiento de sistemas silvopastoriles en la cuenca del río San Pedro, Camaguey, Cuba, *Zoot. Trop.*, 26(3): 175-178.
- Aguilar-Hernández J.A., López-Soto M.A., Dávila-Ramos H., Estrada-Angulo A., Ríos F.G., Calderón J.F., Barreras A. Plascencia A. 2013. Efecto de la combinación de urea y Optigén sobre el comportamiento productivo y la energía de la dieta en borregos consumiendo dietas con diferentes proporciones de almidón:FAD. Memorias: XXIII reunión internacional sobre producción de carne y leche en climas cálidos Mexicali B.C.
- Allen D. Tillman and Kirpal S. Sidhu, 1969. Nitrogen metabolism in ruminants: rate of ruminal ammonia production and nitrogen utilization by ruminants a review, *J. Anim. Sci*, 28:689-697.
- Alltech Inc., 2004. Potencial concentrations of optigen in the environment and comparison to similar residues from others sources.
- Berto D.A., E. A. García, K. Pelicia, F. Vercese, A de B. Molino, AF da. Silveira, J. A. F. Vieira, E. S. F. Murakami. 2013. Effects of dietary clinoptilolite and calcium levels on the performance and egg quality of comercial layers. *Rev. Bra. Cie. Agríc.* Vol. 15, núm. 3, 169-286.
- Bosch, P. y Schifter, I. 1988. La zeolita una piedra que hierve. SEP. Fondo de cultura económica. Primera edición. México, D.F. pp. 82.
- Castañeda-Serrano R.D., A. Ferriani-Branco, S. Teixeira, T. García-Días, A. Diego-Sofiatí. 2013. Urea de lenta liberación en dietas para bovinos productores de carne, digestibilidad, síntesis microbiana y cinética ruminal. *Agrociencia*, 47:1, pp. 13-24.
- Chalupa W. 1968, problems in feeding urea to ruminants, *J. Anim. Sci.* 27:207-219.
- CIAPAN. Centro de Investigaciones Agrícolas del Pacifico Norte. 2002. Guía para la asistencia técnica del Valle de Culiacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Culiacán, Sinaloa, México. P. 97.
- Clanton D.C. Non-protein nitrogen in range supplements, 1978. *J. Anim. Sci.* 47:765-779.
- Correa H.J.C. y Cuellar A.E.G., 2004. Aspecto clave del ciclo de la urea con relación al metabolismo energético y proteico en vacas lactantes. *Rev. Colombiana Cien. Pec.* 17:1.

- Cosme, 1988. La zeolita mineral del siglo XX uso y aplicaciones, (en línea) (consultado diciembre de 2014). Disponible en. <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/las-zeolitas.pdf>
- Coutinho J. L. V. F., W. Henrique, R. M. Pérez, C. L. Justo, P. A. de Siqueira, P.S. Coser. 2002. Efeito da zeolita na engorda de bovinos em confinamento. Arch. Lat. Prod. Anim. 10(2):93-96.
- Molina D. P.W., 2013. Caracterización de las comunidades bacterianas fibrolíticas en el ecosistema ruminal de vacas de lechería alimentadas en base a ensilaje y pradera (Memoria). <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/fam722c/doc/fam722c.pdf>.
- Dewhurst, J. Davies, R. y Merry, J. 2000. Microbial protein supply from the rumen. Animal. F. and Sci Tech. 85(1): 1-21.
- Escalona R., P. Ramírez, G. Barzaga, B. De la cruz, C.R. Maurenis. 2007. Intoxicación por urea en rumiantes. Dpto. de Sanidad Animal, Universidad de Granma. En línea: www.produccion-animal.com.ar (acceso noviembre de 2014).
- FAO. Food and Agriculture Organization. 1998.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics.
- Forouzani R., E. Rowghani, M. J. Zamiri. 2004. The effect of zeolita on digestibility and feedlot performance of Mehraban male lambs given a diet containing urea-treated Maite silage. A. Sci. 78:179-184.
- García, R., A. Elías, M. A. Menchaca, 1992. Uso de la zeolita en vacas lecheras II. Efecto en la producción de leche. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 26:133 pp. 295-301
- Gutiérrez O., J. Galindo, A. Oramas, J. Cairo. 2008. Efecto de la suplementación con bentonita y zeolita en la protección de la proteína ruminal. Estudios in vivo. Rev. C. C. Ag., vol. 42, núm. 3, pp. 255-258.
- Gutiérrez, O., L. Castro, A. Orama. 1999. Efecto de la zeolita en la excreción fecal de nitrógeno y minerales en carneros con dietas de forraje verde y piensos comerciales. Rev. Cubana Cienc. Agric. 33:291.
- Hristov A.N., Oh J., Firkins, J.L. Dijkstra. J. Kebreab, E. Waghorn, G. Makkar H.P.S. Adesogan, T.A. Yang, W. Lee C. Gerber, P.J.B. Henderson, J.M. Tricarico. 2013. Special topics-mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. J. Anim. Sci. 91:5045-5069.

- Ibarra D., L. Latrille, F. Wittwer. 2006. Incremento de la proteína no degradable en rumen de vacas lecheras: 2. Efectos sobre utilización y excreción del nitrógeno. *Ar. Med. Vet.*, vol. 38, pp. 219-225.
- IMPS. Institutional Meat Purchase Specifications. For Fresh Lamb and Mutton Serie 200. USDA. Washington, D.C. 1996:136.
- Lon-Wo E., A. Acosta, M. Cárdenas. 2010. Efecto de la zeolita natural (clinoptilolita) en la dieta de gallina ponedora. Su influencia en la liberación de amoníaco por las deyecciones. *Rev. Cubana Cienc. Agric.*, vol. 44, núm. 4, pp. 389-392.
- López-Soto M. A., C. R Rivera-Méndez., J. A Aguilar-Hernández., A. Barreras, J. F. Calderón-Cortés, A. Plasencia, H. Dávila-Ramos, A. Estrada-Angulo, Y. S. Valdés-García. 2014a. Effects of combining conventional urea and a slow-release urea product on characteristics of digestion, microbial protein synthesis and digestible energy in steers fed diets with different starch:ADF ratios. *Asian-Australias J. Anim. Sci.* 27:187-193.
- López-Soto M. A., J. A. Aguilar-Hernández, H. Dávila-Ramos, A. Estrada-Angulo, F. G. Ríos, J. D. Urias Estrada A. Barreras, J. F. Calderón, A. Plasencia. 2014b. Effects of a combining feed grade urea and slow-release product on performance, dietary energetic and carcass characteristics of steers fed finish diets. *Journal of Applied Animal Research*, DOI. 10.1080/09712119.2014.963104.
- Maigua W. 2007. Publicación técnica. Zeolita natural en la contaminación ambiental con nitrógeno en la categoría de cerdas gestantes. (en línea) consultado noviembre 2014. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bistream/123456789/1764/1/17t0781.pdf>
- Manella M. 2012. Urea de liberación lenta en la alimentación de rumiantes, sitio argentino de producción animal. Consultado octubre 2013 web: www.produccion-animal.com.ar
- Marichal M. de J., Trujillo A.L., Guerra M.H., Carriquiry M., Piaggio L. 2009. Comparación de las cinéticas de liberación de N-NH₃ in vitro y de la degradación ruminal del N de la urea protegida, urea y subproductos agroindustriales. *Agrociencia*, vol. 13 núm. 2 pp. 52-59.
- Martínez M., M. Castro, K. Hidalgo, L. Ayala, R. Pérez, L. Hernández, L. Báez. 2004. La utilización efectiva de la zeolita natural para el control de las diarreas. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* vol. 38, núm. 4, pp. 395-398.
- Martínez M. A. L. 2009. Urea de lenta liberación ruminal como sustituto de proteína vegetal en dietas para rumiantes. *REDVET (revista electrónica de veterinaria)* vol. 10 N°12 1695-7504.
- McDonald, P., R. Edwards, J. Greenhalgh, C. Morgan, 1995. *Nutrición animal* 5ª edición. Zaragoza, España. Acribia S.A. pp.145-147

- Melgoza L.M.C., Rocha A.R. Plata F.P. Mendoza G.M., Sandoval H.T., 2007. Recubrimiento pelicular de comprimidos matriciales de alta densidad y pellets para la liberación modificada de urea en rumiantes. Rev. Mexicana Cienc. Farm. octubre-diciembre, año/vol. 38, Núm. 004.
- Mumpton F. A. 1984. Zeolites naturals. In zeo-agriculture. Eds. W. G. Pond y F. A. Mumpton. Westview Press. Boulder. Colorado.
- Mumpton F.A., Fishmann P.H., 1977. The application of natural zeolites in animal science and aquaculture, J. Anim. Sci. 45:1188-1203.
- Mumpton, A. 1999. *La roca mágica: Uses of natural zeolites in agriculture and industry*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. Vol. 96, pp. 3463-3470.
- Mumpton, F.A. 1984. The rol of natural Zeolites in agriculture and aquaculture. In: W.G. POND and F.A. Mumpton. Ed. Zeo Agriculture. Use of natural Zeolites in agriculture and aquaculture. Pp. 3-27. Westview Press, Bulder, CO, USA.
- NRC, 1985. Nutrient requirement of sheep. (6th Rev. Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- Owens F.N., Bergen W.G. 1983. Nitrogen metabolism of ruminant animals: historical perspective, current understanding and future implications, J. Anim. Sci. 57:498-518.
- Owens F.N., K. S. Lusby, K. Miswicki, O. Forero. 1980. Slow ammonia release from urea: rumen and metabolism studies. J. Anim. Sci. 50:527-531.
- Pinos-Rodríguez JM, Peña LY, González-Muñoz SS, Bárcena R, Salem A. 2010. Effects of a slow-release coated urea product on growth performance and ruminal fermentation in beef steers. Italian. J. Anim. Sci. 9:16-19.
- Pond W. G. 1984. Responce of growing lambs to clinoptilolite or zeolite NaA added to corn, corn-fish meal and corn-soybean meal diets. J. Anim. Sci. 59:1320-1328.
- Pulido R. G., A. Fehring. 2004. Efecto de la adición de una zeolita natural sobre la respuesta productiva de terneras de lechería, postdestete. Archivos de Medicina Veterinaria, vol. 36, núm. 2, pp. 197-201.
- Relling, A. Y Mattioli, G. 2003. Publicación técnica. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. (On line). Universidad Nacional de La Plata. La Plata. <http://ecaths1.s3.amazonaws.com/catbioquimicavet/fisio%20dig%20rumiantes.pdf> (fecha de acceso 10 jun. 2014).
- Reyes J. J., R. García, S. Rey. 2003. Utilización de la zeolita y el carbonato de calcio (CO₃Ca), como aditivos en las mezclas de mieles de caña de azúcar, enriquecidas con aceite vegetal y harina proteica para vacas lecheras en pastoreo. Rev. Cubana Cien. Agríc. vol. 37, núm. 4, pp. 375-380.

- Ríos-Rincón F. G., A. Estrada-Angulo, A. Plascencia, M. A. López-Soto, B. I. Castro-Pérez, J. J. Portillo-Loera, J. C. Robles-Estrada, J. F. Calderón-Cortés, H. Davila-Ramos. 2014. Influence of protein and energy level in finishing diets for feedlot hair lambs: growth performance, dietary energetics and carcass characteristics. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 27:55-61.
- Rivera M.T.M., 2005. Zeolita en la alimentación de ovinos: parámetros ruminales y producción de gas *in vitro*. Tesis de maestría. pp. 1-12 Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Ruiz, O., C. Yamicela, A. Elías, C. Arzola, C. Rodríguez, J. Salinas, O. La O, C. Holguín. 2008. Efecto de cuatro niveles de zeolita en la digestibilidad y consumo de nutrientes en ovinos alimentados con heno de alfalfa y concentrado. Nota técnica. *Rev. Cubana Cienc. Agric.*, vol. 42, núm. 4, pp. 367-370.
- Ruiz, O., C. Yamicela, M.T. Miranda, A. Elías, C. Arzola, C. Rodríguez, O. La O. 2007. Niveles de zeolita y sus efectos en indicadores de la fermentación ruminal en ovinos alimentados con heno de alfalfa y concentrado. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* vol. 41, núm. 3, pp. 253-257.
- Russell J.B., J. D. O'Connor, D. G. Fox, P. J. Van Soest, C. J. Sniffen. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. *J. Animal Sci.* 70:3551-3561.
- Sánchez J. A. M. 2010. Evaluación de efectos biológicos y mecanismos de acción de la urea protegida para rumiantes. Tesis de Doctorado, postgrado en recursos genéticos y productividad ganadería.
- SAS. 1999. SAS User's Guide. Statistics, Statistical Version 8. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina. 956 p.
- SIAP. 2011. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Página web: www.siap.sagarpa.gob.mx
- Steel R. G. D., J. H. Torrie. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. Segunda edición. McGraw-Hill Inc. U.S.A.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C., 2006. Livestock's long shadow. FAO, Rome 2006.
- Taylor-Edwards C.C., Hibbard G. S.E.K, Mcleod K.R., Axe D.E., Vansant E.S., Kristensen B., Harmon D.L. 2009. Effects of slow-release urea on ruminal digesta characteristics and growth performance in beef steers. *J Anim. Sci.* 87:200-208.
- Urias-Estrada J.D., Estrada-Angulo A., Ríos F.G., Robles-Estrada J.C., Dávila-Ramos H., López-Soto M.A., Barreras A., Calderón J.F., Plascencia A., 2013. Efecto de la adición de diferentes niveles de zeolita en el

comportamiento productivo y energía de la dieta de corderos en engorda.
Memorias: XXIII reunión internacional sobre producción de carne y leche en
climas cálidos Mexicali B.C.

Vizcanio R. B. E. 1998. Identificación y caracterización de la zeolita natural tipo
Clinoptilolita. Tesis de Maestría. Universidad Austral de Chile.