

Universidad Autónoma de Sinaloa
Colegio de Ciencias Agropecuarias
Facultad de Medicina y Veterinaria y Zootecnia
Maestría en Ciencias Agropecuarias



TESIS:

"Efecto de la adición del extracto de *Macleaya cordata* a la dieta con alto riesgo de acidosis sub-aguda en ovinos en finalización bajo temperaturas altas: Características de la masa visceral e integridad del epitelio ruminal"

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

PRESENTA:

Marco Antonio Osuna Pérez

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Alfredo Estrada Angulo

CO-DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Alejandro Plascencia Jorquera

ASESORES:

Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez

Dr. Germán Contreras Pérez

Dr. Claudio Angulo Montoya

Culiacán, Sinaloa, México, Enero del 2016.

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **MARCO ANTONIO OSUNA PÉREZ** BAJO LA DIRECCION 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

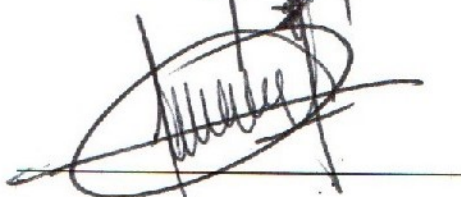
CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR DE TESIS



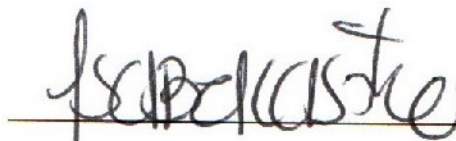
Dr. Alfredo Estrada Angulo

CO-DIRECTOR



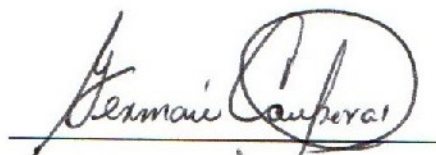
Dr. Alejandro Plascencia Jorquera

ASESORA



Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez

ASESOR



Dr. Germán Contreras Pérez

ASESOR



Dr. Claudio Angulo Montoya

Culiacán Sinaloa, México, Enero del 2016.

DR JORGE FABIO INZUNZA CASTRO
PRESIDENTE DEL COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SINALOA

PRESENTE:

Los abajo firmantes, miembros del Jurado de Grado, hace constar que la Tesis:

Efecto de la adición del extracto de *Macleaya cordata* a la dieta con alto riesgo de acidosis sub-aguda en ovinos en finalización bajo temperaturas altas: Características de la masa visceral e integridad del epitelio ruminal.

Presentada como requisito parcial para obtener el Grado de Maestro en Ciencias Agropecuarias por el:

C. MARCO ANTONIO OSUNA PEREZ

Ha sido revisada y considerando que cumple con los requisitos necesarios, se otorga el VOTO APROBATORIO, para ser impresa y defendida en el Examen de Grado en la fecha que la Universidad asigne para ello.


Dr. Germán Contreras Pérez
Presidente

Atentamente

Dr. Claudio Angulo Montoya
Secretario


Dr. Alfredo Estrada Angulo
Vocal A

Culiacán Sinaloa, México, Enero del 2016.

DEDICATORIA

A mí familia que seguramente serán quienes más orgullosos estén.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primero que todo a las personas que estuvieron involucradas directamente en mi desarrollo académico y personal en esta etapa de mi vida como estudiante de maestría en ciencias; Por supuesto a los directivos del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa por el voto de confianza para permitirme realizar esta meta, a todos mis profesores por las disposición incondicional y siempre de buena voluntad para ofrecer sus conocimientos con buena enseñanza y particularmente al Dr. Rubén Barajas Cruz por su humildad para compartir siempre su opinión académica y personal con el máximo apego a la sinceridad además de considerarme en un principio para formar parte de su equipo e ingresar a la maestría, pero sobre todo al Dr. Alfredo Estrada Angulo por su nobleza personal (le debo gran porcentaje de los créditos para llegar hasta aquí) para darme una segunda oportunidad en esta etapa y así poder concluir la; también por la disciplina mostrada durante el experimento por él y todos los miembros del equipo. A mi madre por su apoyo en todos los sentidos (no terminaría de agradecerle nunca). Y por supuesto a mis compañeros de clase especialmente a los que se volvieron mis amigos (sin etiquetas para que no se me olvide alguien) por el aliento para juntos terminar la obra, echándole humildad, principalmente.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Generalidades y Situación Actual del Ovino en México	3
2.2. Características del Comportamiento de Consumo del Ovino	3
2.3. Alimentación del Ovino en Sistemas Intensivos	4
2.4. Estrés por Calor en el Ovino: Índice de Temperatura y Humedad	5
2.5. Rumen	6
2.6. Fermentación Ruminal	7
2.7. Microbioma Ruminal	8
2.8. Acidosis Ruminal y sus Consecuencias	10
2.9. Extracto de <i>Macleaya cordata</i>	11
III. HIPÓTESIS	13
IV. OBJETIVO	14
V. MATERIAL Y METODOS	15
5.1. Ubicación Geográfica	15
5.2. Procedimiento Experimental	15
5.3. Datos de la Masa Visceral e Integridad del Epitelio Ruminal	18
5.4. Análisis Estadístico	18
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
VII. CONCLUSIONES	23
VIII. LITERATURA CITADA	24

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Ingredientes y composición de la dieta.....	19
2	Temperatura ambiente, humedad relativa, e índice de temperatura- humedad calculado, registradó durante el experimento.....	22
3	Efecto de la adición del extracto de <i>Macleaya cordata</i> sobre las características de la masa visceral e integridad del rumen.....	24

RESUMEN

Efecto de la adición del extracto de *Macleaya cordata* a la dieta con alto riesgo de acidosis sub-aguda en ovinos en finalización bajo temperaturas altas: Características de la masa visceral e integridad del epitelio ruminal

Marco Antonio Osuna Pérez

Veinte ovejas Pelibuey × Katahdin (35 ± 2.3 kg) se utilizaron para determinar los efectos del extracto suplementario de *Macleaya cordata* sobre la masa visceral y la salud del epitelio ruminal en ovejas bajo condiciones de estrés por calor alimentadas con una dieta de alta energía a base de maíz. La dieta basal [(13.9% PC y 2.09 Mcal de energía neta (NE) de mantenimiento/ kg de materia seca (MS)] contenía 49.7% de almidón y el 15.3% de fibra detergente neutro. La fuente utilizada de extracto de *Macleaya cordata* fue SANGROVIT® RS (SANG). Los tratamientos consistieron en un consumo diario de 0 o 0.5 g SANG / oveja. Las ovejas fueron agrupadas por peso y se asignan en pares a 10 corrales (5 corrales / tratamiento). El período experimental duró 70 días. La media del Índice Temperatura Humedad (THI) en el transcurso de este experimento fue 81.7 ± 1.0 (estrés por calor severo). No hubo efecto de la suplementación de SANG en los pesos (g / kg BW) del complejo de estómago, los intestinos y el corazón / pulmón (Cuadro 2). Sin embargo, SANG disminuyó el peso del hígado (10.3%, $p = 0.02$) y aumentó la grasa visceral (16.9%, $p = 0.02$). La suplementación con SANG disminuyó el peso del hígado (10.3%, $p = 0.02$) y aumentó la grasa visceral (16.9%, $p = 0.02$). El epitelio ruminal de las ovejas alimentados con el tratamiento SANG mostró menos inflamación que la de los controles ya que la puntuación para la degeneración hidrópica (2,08 vs 2,34, $p = 0,02$), paraqueratosis (1,30 vs 1,82, $p = 0,03$) y la infiltración de neutrófilos (2,08 vs 2,86, $p = 0,05$) fueron menores en los epitelios ruminales de las ovejas que recibieron SANG comparados con aquellas que no lo recibieron. Se concluye que la suplementación con SANG tuvo efectos discretos sobre la masa visceral, sin embargo ayudó a paliar los efectos negativos de la carga de calor ambiental severo en la salud ruminal de animales consumiendo dietas con alto riesgo de acidosis, principalmente por los efectos anti-inflamatorios del extracto de *Macleaya cordata*.

Palabras clave: Sangrovit®, acidosis ruminal, estrés por calor, epitelio ruminal.

ABSTRACT

Effect of addition *Macleaya cordata* extract to the high risk of sub-acute acidosis diet in finishing sheep under high temperatures: Characteristics of the visceral mass and integrity of the rumen epithelium

Marco Antonio Osuna Pérez

Twenty Pelibuey × Katahdin ewes (35 ± 2.3 kg) were used in order to determine the effects of supplemental extract of *Macleaya cordata* on visceral mass and ruminal epithelial health in heat-stressed ewes fed with a high-energy corn-based diet. The basal diet [13.9% crude protein and 2.09 Mcal of net energy (NE) of maintenance/kg of dry matter (DM)] contained 49.7% starch and 15.3% neutral detergent fiber. Source of extract of *Macleaya cordata* was SANGROVIT® RS (SANG). Treatments consisted of a daily consumption of 0 or 0.5 g SANG/ewe. Ewes were grouped by weight and assigned to 10 pens (5 pens/treatment), with two ewes per pen. The experimental period lasted 70 days. The mean Temperature Humidity Index (THI) during the course of this experiment was 81.7 ± 1.0 (severe heat stress). Supplemental SANG did not affect ($p \geq 0.12$) organ weights (g/kg EBW) of stomach complex, intestines, and heart/lung. Supplemental SANG decreased liver weight (10.3%, $p=0.02$) and increased visceral fat (16.9%, $p=0.02$). Rumen epithelium of ewes fed SANG had lower scores for cellular dropsical degeneration (2.08 vs 2.34, $p=0.02$), parakeratosis (1.30 vs 1.82, $p=0.03$) and neutrophil infiltration (2.08 vs 2.86, $p=0.05$) than controls. It is concluded that SANG supplementation had discreet effects on visceral organ mass, but helped to ameliorate negative effects of severe ambient heat load on ruminal epithelium health by anti-inflammatory effects of supplemental *Macleaya cordata* extract in lambs fed with a high-energy corn-based diet.

Key words: Feedlot, heat stress, lambs, *Macleaya cordata*, ruminal acidosis, rumen epithelium.

I. INTRODUCCIÓN

El inventario nacional de ganado ovino en México es de alrededor de 8.4 millones de cabezas, con una producción de 57.7 mil toneladas de carne en canal (SIAP, 2013), de los cuales la mayoría son finalizados en climas semiárido, tropical y subtropical (Partida et al., 2013), estas regiones tienen climas cálidos la mayor parte del año, lo que causa estrés a los animales principalmente en la estación de verano cuando el calor es más intenso y el índice de temperatura y humedad (ITH) se eleva (Bernabucci et al., 2009), por lo tanto el consumo de alimento se ve disminuido y hay desequilibrios en el metabolismo ruminal. Por otro lado, es bien conocido que la alimentación de los animales en finalización con dietas ricas en alimentos concentrados representa un desafío para la salud e integridad del epitelio ruminal que a su vez puede impactar a la masa visceral, debido a la cantidad de ácidos grasos y producción de gases derivados del metabolismo microbiano que llega a ser excesiva en estas condiciones. Además, la acumulación de ácido incrementa la presión osmótica del contenido digestivo y puede ocasionar daño en el epitelio de rumen y permitir la entrada sistémica de endotoxinas o bacterias que pueden causar infección o inflamación (Owens et al., 1998; Plaizier et al., 2008). En relación a esto existen productos emergentes de origen natural que contienen sustancias que muestran efecto anti-inflamatorio como sanguinarina entre otros alcaloides (Chaturvedi et al., 1997). El extracto de *Macleaya cordata* contiene una mezcla de alcaloides isoquinoleícos principalmente sanguinarina estandarizado al 1.5% (Zdarilova et al., 2008) el cual ha sido probado en experimentos con animales de granja aunque con resultados todavía inconsistentes (Vieira et al., 2008; Juskiewicz et al., 2010). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia del extracto de *Macleaya*

cordata en las características de la masa visceral e integridad del epitelio ruminal de ovinos de pelo en finalización con dietas de alto riesgo de acidosis bajo condiciones de alta temperatura.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades y Situación Actual del Ovino en México

El ovino, de especie *Ovis aries* forma parte del sub-orden *Ruminantia*, del orden *Artiodactyla* y de la clase *Mammalia*. Es decir, es un mamífero cuadrúpedo ungulado rumiante. Ha sido domesticado y utilizado como ganado por el ser humano a lo largo de 10,000 años y junto con el bovino son los ruminantes más abundantes en el planeta (Van Soest, 1994; NRC, 2007). La mayor población de ovinos ocurre en países en desarrollo y en los trópicos (Van Soest, 1994). Particularmente en México, la mayoría de los ovinos son finalizados en climas semi-árido, tropical y subtropical (Partida et al., 2013). En México la población de ovinos ha aumentado de 7.20 a 8.57 millones representando un 19% de incremento durante el periodo comprendido del año 2005 al 2014 (SIAP, 2015). En el caso del Estado de Sinaloa también se ha registrado un aumento (32%) en el tamaño de la población ovina que va desde 149,096 a 197,842 animales, en el mismo periodo. Asimismo, del año 2000 al año 2014 se ha registrado un aumento del 74% (de 58, 288 a 33, 390 ton) en la producción de carne en canal (SIAP, 2015). Estos datos revelan que la producción de carne de ovino en México y el estado de Sinaloa es cada vez más importante, por lo tanto, se vuelve también más valioso el estudio de los diferentes factores que permitan mejorar la eficiencia productiva de esta especie.

2.2. Características del Comportamiento de Consumo del Ovino

Los ruminantes poseen un único estómago con cuatro compartimentos: retículo, rumen, omaso y abomaso (Van Soest, 1994; Hobson y Stewart, 1997; NRC, 2007). Hofmann (1989), realizó una clasificación de acuerdo a la morfología y al tipo de alimentación de los ruminantes dentro de tres grupos: selectores de concentrado, tipo intermedio, y consumidores de pasto/forraje. El ovino es clasificado dentro del grupo de los consumidores de pasto/forraje al igual que el bovino y se caracterizan por tener un desarrollado sistema de retención y fermentación pre-gástrica, debido a la simbiosis con los microorganismos residentes en el rumen que les permite digerir los carbohidratos estructurales de las paredes celulares de las plantas, comunes en

dietas a base de gramíneas con alto contenido de fibra (Van Soest, 1994; NRC, 2007). En nutrición el término fibra se refiere a los componentes de los alimentos vegetales que no pueden ser digeridos por los sistemas enzimáticos de los mamíferos (Jung, 1997) y las plantas que sirven de alimento para los rumiantes llegan a estar constituidas por los polisacáridos fibrosos como celulosa y hemicelulosa (ricos en enlaces β -glucosídicos que son indigeribles para las enzimas del mamífero) hasta en un 80% de la MS (Gordon, 2008). Las adaptaciones anatómicas del sistema digestivo y la relación simbiótica con los microorganismos que ahí se desarrollan, le han permitido a los rumiantes explotar los recursos fibrosos de los alimentos y la relativa independencia de fuentes externas de vitaminas B y K, así como de aminoácidos esenciales (Hobson y Stewart, 1997). Sin embargo, estas adaptaciones han tenido repercusiones a nivel metabólico, ya que se vuelve necesario el proceso de gluconeogénesis para cubrir la pérdida de carbohidratos disponibles (Van Soest, 1994). Además de otras desventajas que presenta la fermentación pre-gástrica, ya que el catabolismo realizado por los microorganismos puede representar una pérdida de recursos cuando los alimentos son de mayor calidad por el menor contenido de fibra y es que los microorganismos, particularmente las bacterias, degradan las proteínas hasta amoníaco como suministro de N que utilizan para su metabolismo y desarrollo. Sólo del 50 al 70%, del N se encuentra en proteína disponible, el resto está ligado a las estructuras de la pared celular y a los ácidos nucleicos de dichos microorganismos, además parte del excedente de amoníaco que no es utilizado para la síntesis microbiana se absorbe a través de la pared ruminal y es excretado en la orina (NRC, 2007). Por otra parte, la fermentación de los carbohidratos como fuente de energía resulta en la producción de calor y metano, lo que representa una pérdida de energía (Van Soest, 1994; NRC, 2007).

2.3. Alimentación del Ovino en Sistemas Intensivos

Es bien conocido que los rumiantes son menos eficientes productivamente que los no rumiantes a partir de dietas a base de concentrados. Sin embargo, la factibilidad de alimentación de los rumiantes a base de dietas altas en concentrados era debatida hasta antes de 1950, pero el hecho de que

el costo por unidad de energía neta era menor para el grano de maíz que para el forraje ha mantenido esta práctica (Van Soest, 1994). Con la alimentación a base de dietas altas en concentrado los ovinos y bovinos en engorda muestran un mayor consumo de materia seca que con la alimentación a base de forrajes fibrosos, esto sucede porque la digestibilidad de materia seca y la tasa de pasaje de los concentrados aumenta, debido a la mayor densidad y menor cantidad de fibra, tamaño de partículas y volumen total, entonces, estos factores en conjunto significan que el alimento requiere menor tiempo para ser degradado en rumen por los microorganismos y fluir hacia los órganos digestivos posteriores (Van Soest, 1994; NRC, 2007). Este flujo mayor de los sustratos en el rumen hacia los órganos posteriores también aumenta la cantidad de materia orgánica y energía original del sustrato que pasa a intestino sin haber sido utilizada y metabolizada por los microorganismos previamente (Whetsell et al., 2004; Dijkstra et al., 2005). La eficiencia mayor de los animales alimentados a base de concentrados en lugar de dietas más ricas en fibra es la principal razón por la que se mantiene este tipo de sistemas intensivos en la engorda de los animales y el factor más importante es entonces la inclusión mayoritaria de granos rápidamente fermentables en rumen con dichas dietas concentradas (Van Soest, 1994; Whetsell et al., 2004; NRC, 2007).

2.4. Estrés por Calor en el Ovino: Índice de Temperatura y Humedad

La temperatura corporal del animal es un excelente indicador de la susceptibilidad a la carga de calor, sin embargo, utilizar aparatos para monitorear la temperatura corporal de cada animal es poco factible en explotaciones comerciales (Mader et al., 2006). Además existen métodos no invasivos como la escala de jadeo o respiración que pueden servir para monitorear el estado de inconformidad en que se encuentran los animales debido al estrés térmico (Mader et al., 2006; Baumgard y Rhoads, 2012). Thom (1959), desarrollo un método que toma en cuenta la temperatura y la humedad ambiental para establecer rangos que establecen el estado de confort aparente de los animales. Esta herramienta se denomina "índice de temperatura y humedad" (ITH) y de acuerdo a su escala se codifica de la siguiente manera: Normal < 74, alerta 75-79, peligro 80-84 y emergencia > 84 y se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$ITH = T^{\circ}C * 0.81 + (HR * (T^{\circ}C - 14.3)) + 46.4$ (Hahn y Mader, 1997; Hahn, 1999). La mayor productividad de los animales en el sector pecuario se obtiene bajo un rango estrecho de condiciones ambientales (Hahn y Mader, 1997; Hahn, 1999). Cuando la temperatura se encuentra por debajo o por encima de los límites de confort para las respectivas especies, la eficiencia y por lo tanto la productividad se comprometen, debido a que los nutrientes se distribuyen de los propósitos de producción hacia tratar de mantener a salvo la temperatura corporal. En las regiones tropicales las temperaturas son normalmente cálidas la mayor parte del año, principalmente en la estación de verano cuando el calor es más intenso y el índice de temperatura y humedad (ITH) se eleva por encima de los niveles de confort para los animales (Bernabucci et al., 2009). El estrés por calor impacta de manera negativa el crecimiento y las características de la canal de animales en engorda. Además, incrementos en la carga de calor y sus consecuencias acarrearán costos por el cuidado de la salud para los animales, que incluso pueden sucumbir en casos de estrés térmico severo (Baumgard y Rhoads, 2012). Las alteraciones metabólicas debido al estrés por calor se derivan de la disminución en el consumo de materia seca, por lo tanto, se ven afectados el grado y la composición de la ganancia de peso (Mader, 2003; Rhoads et al., 2013).

2.5. Rumen

De los cuatro compartimentos (retículo, rumen, omaso y abomaso) que conforman el estómago de los rumiantes solo el abomaso tiene actividad glandular similar a la función del estómago de los no rumiantes. Por otro lado, el rumen es el de mayor tamaño de los cuatro compartimentos con un volumen de aproximadamente 10 litros en ovinos adultos (Hobson y Stewart, 1997). El rumen sirve como almacén y sitio de fermentación del alimento ingerido, así como de hogar para una diversa población de microorganismos principalmente bacterias, protozoarios y hongos (Van Soest, 1994., NRC, 2007).

Dentro del rumen la compleja población de microorganismos son mantenidos en un ambiente anaeróbico con condiciones normalmente dentro de los rangos siguientes: Contenido de materia seca 10-13%, pH entre 5.5 y 6.9 con una media de 6.4; potencial óxido-reducción (Eh) de -250 a -400mV; temperatura de 38 a 42°C; y una osmolaridad con niveles entre 250 a 350 mOsM/kg⁻¹, con mayor

frecuencia alrededor de 280mOsm/kg^{-1} (NRC, 2007; Febres y Vergara, 2007; Kumar et al., 2015). El contenido ruminal se encuentra en una dinámica constante debido al alimento ingerido, secreciones salivales, y productos del proceso de rumia, así como los gases producidos durante la fermentación microbiana, que son removidos y absorbidos en el epitelio y las partículas pasan al resto del tracto digestivo (Van Soest, 1994., NRC, 2007). El epitelio ruminal está cubierto de papilas que son el sitio de absorción de los ácidos de la fermentación producidos dentro de este mismo compartimento. Las papilas sirven de revestimiento a todo el rumen, pero el tamaño y la densidad varía de acuerdo al estado de desarrollo, a la dieta y al ambiente ruminal (NRC, 2007).

2.6. Fermentación Ruminal

La fermentación es el proceso por el cual los rumiantes se benefician de la alimentación con dietas altas en fibra y este metabolismo es llevado a cabo por los microorganismos en la ausencia de oxígeno (principalmente en el retículo-rumen), por el cual obtienen energía de los carbohidratos provenientes del alimento para su propio desarrollo y producen algunos subproductos orgánicos como ácidos grasos volátiles (AGV), ácido láctico y etanol, además de metano y CO_2 (Van Soest, 1994; Gordon, 2008). Las enzimas microbianas del rumen que hidrolizan a los carbohidratos estructurales de las paredes celulares vegetales como celulosa, hemicelulosa y pectina tienen una tasa menor de fermentación que cuando el animal es alimentado con dietas que contienen principalmente carbohidratos de reserva como el almidón, por lo tanto la producción de AGV es mayor con dietas ricas en carbohidratos solubles. Otra característica ligada a la alimentación con dietas altas en carbohidratos soluble en relación a dietas altas en fibra es la relación de los AGV's que tiende a manifestar una mayor producción de propionato, por lo que la proporción acetato-propionato se reduce. Gran cantidad de la energía original de los alimentos es retenida en los AGV que son en realidad un subproducto de la actividad microbiana ruminal, debido a la incapacidad del metabolismo de los microorganismos para oxidarlos completamente y obtener la mayor cantidad de ATP bajo condiciones aeróbicas. Esta es una situación favorable para el animal hospedero ya que los AGV son absorbidos en la pared ruminal y utilizados por él rumiante como fuente de energía (Van Soest, 1994; Kumar et al., 2015). El

grado en que el sustrato puede ser metabolizado por el microbioma ruminal depende en gran medida de la capacidad del proceso para manipular el oxígeno contenido dentro de los sustratos para producir CO₂ y otros productos de la fermentación (Kumar et al., 2015). Los productos finales de la fermentación microbiana incluyen la producción de gases, principalmente dióxido de carbono y metano que son removidos del animal a través de la respiración y eructación (Van Soest, 1994; NRC, 2007). En el negocio de la engorda de ganado se ha hecho énfasis en maximizar el consumo de energía hasta niveles por encima de las necesidades de mantenimiento para aumentar la ganancia de peso. De esta manera las dietas para animales en finalización llegan a estar constituidas por granos hasta en un 80 a 90% de la materia seca durante la finalización. Esto por lo tanto, representa una alta tasa de fermentación del almidón de los granos, lo cual tiene una gran influencia sobre la aparición de cuadros de acidosis sub-aguda y aguda y la posterior disminución en el desempeño productivo del ganado (Stock et al., 1990).

2.7. Microbioma Ruminal.

El más eficiente uso de la energía almacenada es a través de la oxidación aeróbica, sin embargo, al no darse estas condiciones en el rumen, los organismos adaptados a tal ambiente pueden ser clasificados en dos grupos: anaerobios facultativos y anaerobios obligados (Kumar et al., 2015). La relación simbiótica entre el animal hospedero y la diversa población microbiana residente logra tres funciones fundamentales para el bienestar nutricional de los rumiantes (Van Soest, 1994):

1. Fermentación de carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa) en fuentes de energía de pronta absorción.
2. Síntesis de proteína utilizable a partir de nitrógeno no proteico.
3. Síntesis de vitaminas K y complejo B.

A pesar de que el medio ruminal posee ciertas condiciones que permiten sólo el desarrollo de vida microbiana anaeróbica obligada o facultativa, existe una diversa población de microorganismos que es explicada principalmente por la compleja alimentación de los rumiantes, constituida por carbohidratos, proteínas,

lípidos y otros compuestos orgánicos, además de minerales (Hungate, 1966). El Microbioma ruminal está conformado principalmente por cuatro tipos de microorganismos; bacterias, arqueas (metanogénicas), protozoarios y levaduras. Aunque la población ruminal (como el medio en el que habitan) se encuentran en una dinámica constante, bajo condiciones normales los microorganismos más abundantes son las bacterias con un rango de 10^7 - 10^{11} células por g de contenido ruminal, después están los protozoarios (que debido a su mayor tamaño, llegan a igualar en masa a la población bacteriana) con aproximadamente 10^4 - 10^6 células por g de líquido del rumen, y después están las levaduras que llegan a ocupar hasta el 10% de la masa microbiana (Hobson y Stewart, 1997; Gordon, 2008; Krause et al., 2013). Ningún microorganismo por separado es capaz de degradar por completo el complejo de sustratos en el medio ruminal, se necesita de la cooperación los diferentes microorganismos residentes para realizar el catabolismo de los alimentos, celulosa, almidón, proteína, hasta monómeros de cada componente que serán utilizados para fermentarse hasta AGV o la síntesis de otros productos (Krause et al., 2013). Las bacterias son los microorganismos más involucrados en el metabolismo ruminal y son esenciales para la supervivencia del animal. Para fines de entender mejor su influencia en el medio ruminal suelen clasificarse de acuerdo al sustrato que emplean y al producto de su metabolismo (el uso mayoritario de un tipo de sustrato no es excluyente del uso de otros). Las bacterias fibrolíticas principalmente *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens* y *Ruminococcus albus*, son generalmente consideradas los organismos responsables de la degradación de las paredes celulares de las plantas en el rumen (Wang y McAllister, 2002), degradan la celulosa y otros carbohidratos estructurales, se desarrollan mejor a niveles de pH entre 6.2 y 6.8 y producen AGV mayormente acetato, mientras que las bacterias amilolíticas como *Ruminobacter amylophilus*, *Eubacterium ruminantium*, *Lactobacillus spp*, *Prevotella ruminicola*, *Streptococcus bovis* y *Succinomonas amylolytica*, que se encargan de degradar el almidón y otros azúcares solubles, tienen un mejor desarrollo en niveles de pH más ácidos, entre 5.5 y 6.0, el producto de su metabolismo son AGV principalmente propionato (Gordon, 2008).

2.8. Acidosis Ruminal y sus Consecuencias

La mayor producción de AGV es una situación deseable bajo condiciones de alimentación con alta densidad energética, sin embargo, surge el problema de la alta cantidad de protones que liberan los ácidos orgánicos en el ambiente ruminal (Aschenbach et al., 2011). La acidosis se define como la disminución de la alcalinidad de los fluidos corporales hasta un pH más ácido. El pH de los fluidos corporales puede o no descender hasta la acidez durante un proceso de acidosis debido a la acción amortiguadora del bicarbonato. Aunque el diagnóstico clínico de la acidosis requiere de un pH sanguíneo por debajo del 7.35, otros signos clínicos como el pH ruminal, anorexia, consumo de alimento inconstante, diarrea y letargia son indicadores de rutina para el diagnóstico de acidosis del ganado de engorda (Owens, 1998). Aschenbach et al. (2011), mencionan una clasificación de la acidosis ruminal en función de la severidad con que se presenta en el animal rumiante en el que se utiliza como referencia el nivel de pH del rumen, tomando como límites un rango del 5.5 al 5.8 para la acidosis ruminal sub-aguda y de 5.2 a 5.0 para la acidosis ruminal aguda. Nagaraja y Titgemeyer (2007), catalogan a la acidosis ruminal como el más prevalente desorden digestivo en el ganado de engorda. En sistemas de producción intensiva, del 14 al 40% del hato es afectado por acidosis. (Calsamiglia et al., 2007). Alimentar al ganado con dietas altas en concentrado aumenta el consumo de materia seca y disminuye la digestión de fibra, por lo tanto la secreción de saliva que llega al retículo-rumen durante la rumia disminuye, además de que la proporción de AGV en rumen es modificada por el desarrollo de microorganismos preferentemente utilizadores de almidón. Estos cambios contribuyen a la reducción en el pH ruminal (Hoover et al., 1984). La acidosis ruminal ocurre solamente cuando la tasa de producción de ácido (AGV) excede la tasa en que el ácido puede ser removido del rumen vía neutralización o absorción (Slyter, 1976; Vasconcelos y Galyean, 2008).

Estimaciones cuantitativas han mostrado que la saliva aporta aproximadamente el 30% de capacidad amortiguadora ruminal (Allen, 1997). La absorción de los ácidos acumulados en el rumen es el mecanismo de reducción de riesgo de acidosis sub-aguda (ARSA) más importante. En condiciones normales, la

absorción de ácidos de cadena corta (AGCC) a través de la pared ruminal remueve el 53% del ácido total del rumen. Así queda claro que la absorción asume un rol central en remover el ácido del rumen. Penner et al. (2011) indican que una manera más práctica de controlar esta problemática sería diseñar estrategias nutricionales que mejoren la función del epitelio ruminal. Es bien conocido que la acumulación de ácido incrementa la presión osmótica y puede ocasionar daño e inflamación en el epitelio de rumen y permitir la entrada sistémica de endotoxinas o bacterias que pueden causar infección o inflamación (Owens et al., 1998; Plaizier et al., 2008). La inflamación retículo-ruminal es un proceso común cuando los rumiantes son alimentados con altas cantidades de granos en sus dietas. La inflamación puede ser definida como una respuesta generalizada inespecífica al daño tisular. Durante el proceso inflamatorio hay acumulación de células inmunológicas y otras moléculas en la zona dañada, las cuales disminuyen la capacidad de función del órgano en proceso de inflamación (Aschenbach y Gabel, 2000). En la industria de la producción de carne, esto ha provocado la búsqueda constante de sustancias con efecto anti-inflamatorio (preferentemente de origen natural) para disminuir el efecto adverso que tiene este proceso de defensa orgánico en el bienestar y desempeño productivo animal (Cragg et al., 1997; Aschenbach y Gabel, 2000).

2.9. Extracto de *Macleaya cordata*

Macleaya cordata también conocida como *Bocconia cordata* o Plumme-poppy, es una planta originaria del este de Asia (China y Japón), que ha sido utilizada por siglos como medicina alternativa en la cultura China (Kosina et al., 2004). El extracto de *Macleaya cordata* (Sangrovit®RS) contiene sanguinarina estandarizado al 1.5%, entre otros alcaloides isoquinoleicos; Zdarilova et al. (2008), sugieren adicionar el extracto de *Macleaya cordata* en el alimento con dosis de 20-100 ppm del producto para animales de granja, aunque puede variar y ajustarse de acuerdo al objetivo zootécnico, consumo de alimento y especie animal, ya que incluso se ha administrado en dietas para ratas con dosis de 7,000 ppm (Zdunczyk et al., 2010) o 14,000 ppm (Stiborova et al., 2008) con la finalidad de evaluar el peligro de toxicidad del extracto. En este mismo sentido Zdarilova et al. (2008), han mencionado que el peligro potencial que representa el alcaloide para el rumiante se ve disminuido por la poca absorción que se ha

observado de sanguinarina en los animales (98% no es absorbido en intestino). El extracto de *Macleaya cordata* puede tener efecto sobre las funciones del aparato digestivo, incluyendo en la motilidad intestinal y en los procesos de fermentación (Jankowski et al., 2009), debido a la inhibición de ciertas enzimas como la descarboxilasa aminoácido aromática, lo que se presume ayuda a que el efecto negativo de bacterias y hongos se vea disminuido (Mellor, 2001). Al mismo tiempo el extracto de *Macleaya cordata* ha mostrado un efecto positivo sobre el perfil de ácidos grasos de cadena corta en el contenido digestivo de pollos en engorda principalmente propionato (Juskiewicz et al., 2011). Teóricamente todos estos efectos son favorables para los rumiantes alimentados con dietas altas en energía y bajo temperaturas ambientales altas; sin embargo, es escasa la información disponible sobre los efectos de adicionar la alimento con el extracto de *Macleaya cordata* en las características de la masa visceral e integridad del rumen de ovinos en finalización alimentados con dietas altas en carbohidratos solubles en condiciones climáticas que propician un ITH por encima del rango de confort y riesgo de sufrir una acidosis ruminal sub-aguda (ARSA).

III. HIPÓTESIS

La adición del extracto de *Macleaya cordata* a la dieta con altas cantidades de carbohidratos solubles, mejora las características de la masa visceral e integridad del epitelio ruminal de ovinos de pelo bajo condiciones de altas temperaturas.

IV. OBJETIVO

Evaluar el efecto de la adición del extracto de *Macleaya cordata* a la dieta con altas cantidades de carbohidratos solubles, en las características de la masa visceral e integridad del epitelio ruminal de ovinos de pelo bajo condiciones de altas temperaturas.

V. MATERIAL Y METODOS

5.1. Ubicación Geográfica

El trabajo se llevó a cabo en la "Unidad Experimental para Engorda de Pequeños Rumiantes", y en el Laboratorio de Análisis de Alimentos, ubicados en las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, localizados un km al oriente del km 3.5 por la carretera federal número 15 tramo Culiacán – Mazatlán, en Culiacán, Sinaloa; así como también en el rastro municipal. Geográficamente la ciudad de Culiacán se localiza a 20° 48' latitud Norte y 107° 23' longitud Oeste, a una altura de 60 m sobre el nivel del mar, una temperatura media anual de 24.8 °C, con 33.3 y 16.3 °C como temperaturas máximas y mínimas promedio, y 44.5 y 1.5 grados centígrados de temperatura máximas y mínimas extremas; con 144, 159 y 92 días despejados, medio nublados y nublados al año respectivamente, con una precipitación pluvial promedio anual de 675 mm, con lluvias en verano (julio a septiembre), el clima de la región se clasifica como cálido semi-seco (CIAPAN, 2002).

5.2. Procedimiento Experimental

Se utilizaron 20 ovinos hembras cruzados de las razas Pelibuey x Katahdin, con un peso vivo promedio de 35 ± 2.3 kg para llevar a cabo una prueba con duración de 70 días para determinar el efecto de los tratamientos en las características de la masa visceral y la salud del epitelio ruminal. Dos semanas antes del inicio del experimento los ovinos fueron tratados con desparasitantes (Tasasel 5%, Fort Dodge, Animal Health, México) y se les aplicó vía intramuscular 1×10^6 UI Vitamina A (Synt-ADE, Fort Dodge, Animal Health). Al inicio del experimento los animales fueron pesados (electronicscale; TORREY TIL/S: 107 2691, TORREY Electronics Inc, Houston Tx, EE. UU.) Antes de servir el alimento de la mañana y asignado a uno de cinco grupos por peso y agrupados en 2 en cada una de las 10 corraletas de 6 m² totalmente techados, con bebedero y 1 m de comedero lineal. Los tratamientos fueron formulados a prueba de respuesta a la adición del extracto de *Macleaya cordata* a la dieta (Cuadro 1.)

con alto riesgo de acidosis sub-aguda en borregas en finalización en época de temperaturas altas.

Los tratamientos fueron:

1. Dieta basal sin extracto de *Macleaya cordata* (Testigo)
2. Dieta basal+ la adición de 0.5 g del extracto de *Macleaya cordata* (SANG).

El riesgo de acidosis es considerado por el porcentaje de almidón (carbohidrato soluble) y fibra detergente neutro (FDN) presente en las dietas (49.65 y 15.35 %, respectivamente). El extracto de *Macleaya cordata* fue ofrecido en la presentación del producto comercial SANGROVITORS (Phytobiotics; Futterzusatzstoffe GmbH, Eltville, Alemania) con un contenido estandarizado de 1.5% de sanguinarina en el producto. La dosis del extracto de *Macleaya cordata* utilizada fue 0.5 g/día por borrega y se pesó con una balanza de precisión (Ohaus, mod AS612, Pine Brook, NJ, EE. UU.) Previamente se mezcló durante 5 minutos con ingredientes minoritarios (Urea, piedra caliza, sal y minerales traza) antes de la incorporación completa a la mezcla integral de la dieta. El producto final se mezcló con el resto de los ingredientes con una mezcladora de paletas (model 30910-7, Coyoacán, México) con capacidad para 2.5 m³. Para evitar contaminación, la mezcladora se limpió entre cada tratamiento. Los tratamientos fueron asignados al azar a las corraletas dentro de cada bloque. Las borregas se pesaron en la mañana antes de servir el alimento los días 1 y 70 (antes del sacrificio de los animales) del experimento. Los ovinos tuvieron acceso *ad libitum* a la dieta de su respectivo tratamiento. Diariamente la cantidad de alimento fue ajustada para permitir el mínimo (< 5%) de rechazo alimenticio en el comedero. La cantidad de alimento ofrecido y de alimento rechazado se peso diariamente. A las borregas se les ofreció alimento fresco dos veces al día, a las 0730 y 1730 h. Se hizo lectura de comederos visualmente entre 0710 y 0720 h cada mañana, los rechazos fueron recogidos y pesados diariamente para determinar el alimento consumido. Los ajustes de incremento o disminución de alimento programado se llevaron a cabo en la servida de alimento de la tarde. Diariamente se tomaron muestras de alimento y rechazo para realizar análisis de materia seca en el horno de secado de muestras a 105°C durante 24 horas hasta obtener el peso sin humedad (método 930.15, AOAC 2000). Las muestras

de alimento estuvieron sujetas a los siguientes análisis: materia seca (secado en horno a 105°C hasta que se pierda la humedad, aprox. 24 horas; método 930.15; AOAC, 2000); proteína cruda (N x 6.25, método 984.13; AOAC, 2000); cenizas (método 942.05; AOAC, 2000); aFDNom (Van Soest et al., 1991), corregido por ceniza-FDN, al incorporar α -amilasa estable en calor (Ankom Technology, Macedon, NY) a 1 ml por 100mL de solución FDN (Midland Scientific, Omaha, NE)]; extracto etéreo (método 920.39; AOAC, 2000); almidón (Zinn, 1990).

Cuadro 1. Ingredientes y composición de la dieta

Concepto	Base Seca (%)
Ingrediente	
Maíz quebrado	70.00
Pasta de soya	8.00
Heno de sudán	10.00
Melaza de caña	7.50
Grasa amarilla	2.00
Sal micromineralizada ¹	2.50
Composición química² (% MS)	
Proteína cruda	13.86
Extracto etéreo	5.13
Fibra detergente neutral	15.35
Almidón	49.65
Energía neta calculada (Mcal/kg de la MS)	
Mantenimiento	2.05
Ganancia	1.38

¹Contenido de pre-mezcla mineral: PC, 50%; Calcio, 28%; Fosforo, 0.55%; Magnesio, 0.58%; Potasio, 0.65%; NaCl, 15%; Vitamina A, 1,100 IU/kg; vitamina E, 11 UI/kg; ² basada en los valores nutrimentales de cada ingrediente (NRC, 2007) con excepción de la grasa, a la que le fue asignada un valor de EN_m y EN_g de 6.00 y 4.75 Mcal/kg, respectivamente (Zinn, 1988).

Para determinar los cambios histológicos en el epitelio ruminal, se prepararon diapositivas de microscopia de luz usando hematoxilina y eosina como mencionan Odongo et al. (2006).

5.3. Datos de la Masa Visceral e Integridad del Epitelio Ruminal

Todos los pesos de los tejidos se reportaron en base al tejido en fresco. Datos previos sugieren que hay poca variación entre peso de los órganos viscerales en fresco y en seco (Neville et al., 2008). La masa de los órganos fue expresada en g de tejido fresco por kg de peso corporal vacío final (PCV). PCV representa el peso vivo final lleno menos el total contenido digestivo. La masa visceral llena se calculó por la sumatoria de todos los componentes viscerales (complejo estomacal + intestino delgado + intestino grueso + hígado + pulmón + corazón), incluyendo el contenido digestivo. El complejo estomacal se calculó como la suma del peso del rumen, retículo, omaso y abomaso sin contenido digestivo.

5.4. Análisis Estadístico

Los datos de las características del epitelio ruminal fueron analizados como un diseño de bloques completos al azar de los tratamientos. La unidad experimental fue la corraleta con 2 animales. Las variables de los datos histológicos y de masa de órgano visceral se analizaron usando el procedimiento MIXED (Instituto SAS, 2004), en un modelo con tratamiento y corraleta como efectos fijos e interacción tratamiento x corral y canales individuales dentro de la corraleta por tratamiento como subclase como efecto aleatorio. Se consideró diferencia significativa cuando el valor de P fue menor o igual a 0.05 y tendencia cuando el valor de P fue > 0.05 pero < 0.10 .

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El experimento fue llevado a cabo de del mes de Junio a Agosto del 2014, la media de los valores de ITH durante el curso de este estudio fue de 81.7 ± 0.97 (Cuadro 2). Que de acuerdo con el código del Índice de Temperatura y Humedad (ITH normal < 74; Alerta 75 – 79; Peligro 79 – 84, y emergencia > 84), los ovinos en este experimento fueron expuestos a una situación de peligro debido a las condiciones relativamente altas de temperatura y humedad en el ambiente, incluso diariamente durante al menos 6 horas al día los ovinos estuvieron bajo el código de emergencia (>84).

Cuadro 2. Temperatura ambiente, humedad relativa, e índice de temperatura-humedad calculado, registradó durante el experimento

Semana	TA, °C			HR, %			ITH ¹		
	Media	Min	Max	Media	Min	Max	Media	Min	Max
1	33.10	21.40	41.10	48.20	16.00	92.00	82.20	64.50	104.20
2	31.80	20.89	39.51	49.60	24.29	92.43	80.80	64.89	101.62
3	31.28	21.50	39.26	51.48	27.89	79.29	80.42	65.79	97.91
4	29.90	23.10	37.14	69.14	41.34	93.40	81.33	68.71	97.73
5	31.99	23.93	38.61	58.74	38.10	91.57	82.65	69.41	99.85
6	32.03	24.81	38.51	59.15	35.81	84.43	82.77	70.23	97.96
7	33.14	23.69	39.06	51.49	32.60	87.31	82.89	68.61	99.57
8	30.95	23.84	37.44	60.76	36.73	87.36	81.52	69.18	96.86
9	30.24	24.57	36.69	65.19	40.87	88.74	81.22	70.46	95.89
10	29.76	20.93	30.83	65.18	35.87	77.64	80.52	65.69	84.13
Media	31.16	23.30	37.19	60.14	36.15	86.21	81.67	68.51	96.23

¹ITH= $0.81 \times \text{temperatura ambiental} + [(\text{humedad relativa} \times (\text{temperatura ambiental} - 14.4))] + 46.4$. Código del ITH (ITH Normal < 74; Alerta 75-79; Peligro 79-84, y emergencia > 84).

La inflamación o cualquier anomalía a nivel celular en el epitelio del rumen es consecuencia de alteraciones en las constantes fisiológicas ruminales como el pH o la presión osmótica que se reflejan en un efecto negativo en el crecimiento y la salud, debido a la disminución en la absorción de moléculas como los AGV que sirven de nutrimento para los ovinos. A lo largo de los años con el uso de ciertos antibióticos se ha logrado un relativo control técnico de los

microorganismos ruminales, de su metabolismo y crecimiento con resultados benéficos para la salud y el desempeño del rumiante. Sin embargo, legislaciones recientes en la Comunidad Económica Europea (2006) que prohíben el uso de antibióticos en animales destinados al consumo humano han establecido una tendencia mundial hacia la búsqueda de alternativas que logren alcanzar estos efectos benéficos en la salud de los animales, pero sin poner en riesgo la salud de los consumidores. El extracto de *Macleaya cordata* es un aditivo utilizado recientemente en la industria de los animales de granja debido a sus propiedades farmacológicas, entre ellas, el efecto antimicrobiano y antiinflamatorio que se le ha atribuido. Sanguinarina es el principal alcaloide isoquinoleico responsable de la actividad antiinflamatoria del extracto de *Macleaya cordata* y esto se debe a que es un potente inhibidor de la activación de la NF- κ B (factor nuclear potenciador de las cadenas ligeras kappa de las células B activadas) que está implicado en la respuesta inflamatoria de los tejidos. Khadem et al. (2014), concluyen que el extracto de *Macleaya cordata* tiene un efecto positivo en la disminución de la respuesta inflamatoria y mejoramiento en el desempeño productiva de pollos de engorda.

En este trabajo no hubo efecto de la suplementación de SANG en los pesos (g/kg PV) del complejo de estómago, los intestinos y el corazón / pulmón (Cuadro 3). Sin embargo, SANG disminuyó el peso del hígado (10.3%, $p = 0.02$) y aumentó la grasa visceral (16.9%, $p = 0.02$). Hasta donde sabemos, no hay información disponible en relación con los efectos de la suplementación de SANG sobre la masa visceral de los rumiantes. En un informe anterior (Jankowski et al., 2009), el suplementar SANG disminuyó (11.1%) la masa hepática en pollos de engorde. La base para el aumento de la grasa visceral con la suplementación de SANG no es clara. En estudios anteriores (Smink y Van der Kolk, 2004; Plascencia y Zinn, 2014), se demostró que la suplementación de SANG aumentó la concentración molar de acetato ruminal, y el aumento de acetato ruminal puede contribuir a una mayor acumulación de grasa visceral (Smith y Crouse, 1984).

El epitelio ruminal de las ovejas adicionadas con SANG mostró menos inflamación que la de los controles ya que la puntuación para la degeneración hidrópica (2,08 vs 2,34, $p = 0,02$), paraqueratosis (1,30 vs 1,82, $p = 0,03$) y la infiltración de neutrófilos (2,08 vs 2,86, $p = 0,05$) fueron menores en los epitelios

ruminales de las ovejas que recibieron SANG comparados con aquellas que no lo recibieron. Del mismo modo, la administración de suplementos de compuestos contenidos en SANG a pollos sometidos a altas temperaturas ambientales han mostrado que mejora la salud intestinal como consecuencia del aumento de la altura de las vellosidades, del ancho de vellosidades, de la relación altura de las vellosidades y la superficie de la cripta, así como del aumento de la superficie el área de yeyuno (Reansoi, 2002). Del mismo modo, los efectos anti-inflamatorios de SANG se han informado anteriormente (Tanaka et al., 1993), y parece ser más pronunciado en los animales en condiciones que contribuyen a un mayor riesgo de inflamación.

Cuadro 3. Efecto de la adición del extracto de *Macleaya cordata* sobre las características de la masa visceral e integridad del rumen

Concepto	Adición de SANG (g/d)		EEM	Valor de P^1
	0	0.5		
Peso de órganos (g/kg PV)				
Complejo estomacal	30.14	33.39	1.35	0.12
Intestinos	48.03	49.60	2.20	0.62
Hígado	17.05	15.29	0.44	0.02
Corazón/pulmones	24.61	24.98	0.66	0.69
Grasa visceral	40.20	48.42	2.17	0.02
Cambios histológicos en epitelio ruminal				
Degeneración hidrópica	2.34	2.08	0.27	0.51
Infiltración de neutrófilos	2.86	2.08	0.25	0.05
Paraqueratosis	1.82	1.30	0.15	0.03

¹ Valor de $P \leq 0.05$, significa que hubo diferencia estadística debida a los tratamientos.

En los rumiantes, la acidosis sub-aguda es una causa primaria de los procesos inflamatorios en el tejido epitelial ruminal (Plaizier et al., 2012). Niewold (2007) sugirió que los efectos de los aditivos promotores de crecimiento de tipo antimicrobiano natural tal vez estén también mediados a través de mecanismos anti-inflamatorios. Según Vieira et al. (2008), esto abre una nueva ventana de oportunidad en la búsqueda de aditivos para promover el crecimiento de los

animales. Por lo tanto, es posible que la búsqueda de alternativas a los promotores del crecimiento no signifique necesariamente una búsqueda de sustancias con el mismo modo de acción de los antimicrobianos actualmente utilizados.

VII. CONCLUSIONES

Se concluye que la suplementación con SANG tuvo efectos discretos sobre la masa visceral, sin embargo, ayudó a paliar los efectos negativos de la carga de calor ambiental severo en la salud ruminal de animales consumiendo dietas con alto riesgo de acidosis, principalmente por los efectos anti-inflamatorios de suplementar Sangrovit.

VIII. LITERATURA CITADA

- Allen M. S. 1997. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *J. Dairy Sci.* 80:1447-1462.
- AOAC. 2000. Official Methods of analysis. Association of Official Analytical Chemist. E.U.A.
- Aschenbach, J. R., y Gabel G. 2000. Effect and absorption of histamine in sheep rumen: significance of acidotic epithelial damage. *J Anim Sci.* 78:464-470.
- Aschebach J. R., Penner G. B., Stumpff F., y G. Gäbel. 2011. RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM: Role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. *J. Anim. Sci.* 89:1092-1107
- Baumgard L. H., y Rhoads R. P. 2012. RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM: Ruminant Production and Metabolic Responses to Heat Stress. *J. Anim. Sci.* 90:1855-1865.
- Bernabucci, U., Lacetera N., Danieli P. P., Bani P., Nardone A., Ronchi B. 2009. Influence of different periods of exposure to hot environment on rumen function and diet digestibility in sheep. *Int. J. Biometeorol.* 53:387-395.
- Calsamiglia, S. Busquet, M., Cardozo, P. W., Castillejos, L., y Ferret, A. 2007. Invited Review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *J. Dairy Sci.* 90:2580-2595.
- Cannas A., Tedeschi L. O., Fox D. G., Pell A. N. Van Soest P. J. 2004. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. *J Anim Sci.* 82:149-169.
- Canton J.G., y Quintal, J. A., 2007. Evaluation of growth and carcass characteristics of pure Pelibuey sheep and their cross with Dorper and Katahdin breeds. *J Anim Sci.* 85:1: 571 (Abstr.).
- Chaturvedi M. M., Kumar A., Darnay B. G., Chainy G. B., Agarwal S., Aggarwal B. B. 1997. Sanguinarine (pseudocheleerythrine) is a potent inhibitor of NF-kappaB activation, IkappaBalpha phosphorylation, and degradation. *Journal of Biological Chemistry* 272:30129-30134.
- CIAPAN. 2002. Guía para la asistencia técnica del Valle de Culiacán. INIFAP. Culiacán, Sinaloa, México. 97 pp
- Consortium. 1988. Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Agricultural Research and Teaching. Consortium for Developing a Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Agricultural Research and Teaching. Champaign, IL.
- Cragg G. M., Newman D. J., Snader K. M. 1997. Natural products in drug discovery and development. *J Nat Prod.* 60:1:52-60.

- Dijkstra J., Forbes J. M., France J. 2005. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. CABI Publishing. 2da edición.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 3ª ed. México D.F.
- Graham, J. P., J. J. Boland, and E. Silbergeld. 2007. Growth promoting antibiotics in food animal production: An economic analysis. Public Health Rep. 22:79-87.
- Gordon, 2008. Animal nutrition science. www.cabi.org
- Hahn, G.L. Y T. L. Mader. 1997. Heat waves in relation to thermoregulation, feeding behavior and mortality of feedlot cattle. 5to Simp. Int. Livest. Environ. Amer. Soc. Agric. 563-567.
- Hahn, G. L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. J. Anim. Sci. 77: 2:10-20.
- Hicks, C.R. 1973. Fundamental Concepts in the Design of Experiments. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- Hobson P. N., y C. S. Stewart, 1997. The rumen microbial ecosystem. Black. Acad. Pro. 2da edición. Londres Inglaterra.
- Hofmann R. R. 1989. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. Oecologia. 78:443-457.
- Hoover W. H., Kincaid C. R., Varga G. A., Thayne W. V., y Junkins L. L. 1984. Effects of solids and liquid flows on fermentation in continuous cultures. IV. pH and dilution rates. J Anim Sci. 58: 3:692-699.
- Hungate R. E. 1966. The rumen and its microbes. New York: Academic Press. 533 p.
- Jankowski J., Zduńczyk Z., Juśkiewicz J., Kozłowski K., Lecewicz A., Jeroch H. 2009. Gastrointestinal tract and metabolic response of broilers to diets with the *Macleayacordata* alkaloid extract. Arch. Geflügelk. 73:95-101.
- Juákiewicz J., Gruzauskas R., Zdunczyk Z., Semaskaite A., Jankowski J., Totilas Z., Jarule V., Sasyte V., Zdunczyk P., Raceviciute-Stupeliene A., Svirmickas G., 2010. Effects of dietary addition of *Macleayacordata* alkaloid extract on growth performance, caecal indices and breast meat fatty acids profile in male broilers. J. Anim. Physiol. Anim. 95: 171-178.
- Juákiewicz J., Zdunczyk Z., Gruzauskas R., Dauksienė A., Raceviciute-Stupeliene A., Totilas Z., 2013. Comparative effects of dietary phytobiotic (*macleayacordata* alkaloid extract) and probiotic (*pediococcus acidilactici* 18/5 m) preparations as single supplements or in combination on fermentative processes in the broiler chickens caeca. Vet Med Zoot., 62: (84) 50-55.

- Jung, Hans-Joachim G. 1997. Analysis of Forage Fiber and Cell Walls in Ruminant Nutrition. Conference: New Developments in Forage Science Contributing to Enhanced Fiber Utilization by Ruminants. 810-813.
- Juškiewicz J., Gruzauskas R., Zduńczyk Z., Semaskaite A., Jankowski J., Totilas Z., Jarule V., Sasyte V., Zduńczyk P., Raceviciute-Stupeliene A., y Svirmickas G. 2011. Effects of dietary addition of *Macleaya cordata* alkaloid extract on growth performance, caecal indices and breast meat fatty acids profile in male broilers. *J. Anim. Physiol. Anim.* 95: 171–178.
- Khadem A., Soler L., Everaert., y Niewold T. 2014. Growth promotion in broilers by both oxytetracycline and *Macleaya cordata* extract is based on their anti-inflammatory properties. 112:1110-1118.
- Kosina, P., Walterova, D., Ulrichova, J., Lichnovsky, V., Stiborova, M., Rydlova, H., Vicar, J., Krecman, V., Brabec, M.J., Simanek, V. 2004. Sanguinarine and chelerythrine: assessment of safety on pigs in ninety days feeding experiment. *Food and Chemical Toxicology* 42: (1) 85-91.
- Krause D. O., Nagaraja T. G., Wright A. D. G., y Callaway T. R. 2013. Board-invited review: Rumen microbiology: Leading the way in microbial ecology. *J Anim. Sci.*91: (1) 331-341.
- Kumar A. P., Nandan D. K., Singh R. 2015. Rumen microbiology: from evolution to revolution. Springer. 1era edición. India.
- Mader T. L. 2003. Environmental stress in confined beef cattle. *J. Anim. Sci.* 81:E2:E110–E119.
- Mader T. L., Davis M. S., y Brown-Brandt. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84: 712–719
- Mellor S. 2001. Natural appetisers from plants. *Feed Mix.* 9:29–31
- Nagaraja T. G., Titgemeyer E. C 2007. Ruminal acidosis in beef cattle: the current microbiological and nutritional outlook. *J. Dairy. sci.* 1:E17-38.
- Neville T. L., Ward M. A., Reed J. J., Soto-Navarro S. A., Julius S.L., Borowicz P.P., Taylor J.B., Redmer D.A., Reynolds L. P., y Caton J. S. 2008. Effects of level and source of dietary selenium on maternal and fetal body weight, visceral organ mass, cellularity estimates, and jejunal vascularity in pregnant ewe lambs. *Journal of Animal Science.* 86:890–901.
- NRC. 2007. Nutrien requirement of small ruminant. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Odongo N. E., AlZahal O., Lindinger M. I., Duffield T. F., Valdes E. V., Terrell S. P., y McBride b.w. 2006. Effects of mild heat stress and grain challenge on acid-base balance and rumen tissue histology in lambs. *J. Anim. Sci.* 84: 447-455.
- Owens F. N., Secrist D. S., Hill W. J., y Gill D. R. 1998. Acidosis in Cattle: A Review. *J. Anim. Sci.* 76: 275–286.

- Partida J. A., Braña D., Jiménez H., Ríos F., Buendía G. 2013. Producción de carne ovina. Centro Nacional de Investigación disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Libro técnico No. 5
- Penner G. B., Steele M. A., Aschenbach J. R., y McBride B. W. 2011. RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM: Molecular adaptation of ruminal epithelia to highly fermentable diets. *J. Anim. Sci.* 89: 1108–1119
- Plaizier J. C., Krause D. O., Gozho G. N., McBride B. W. 2008. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: the physiological causes, incidence and consequences. *Vet J.* 176 (1):21-31.
- Rhoads R. P., Baumgard L. H., y Suagee J. K. 2013. 2011 AND 2012 EARLY CAREERS ACHIEVEMENT AWARDS: Metabolic priorities during heat stress with an emphasis on skeletal muscle. *J. Anim. Sci.* 91: (6) 2492-2503.
- SAS Institute. 2004. 'SAS/STAT: user's guide statistic. Release 9.1.' (SAS Institute Inc.: Cary, NC)
- Slyter L. L. 1976. Influence of acidosis on rumen function. *J. Anim. Sci.* 43: (4): 910-929.
- SIAP. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. Avance comparativo de la producción pecuaria. (En línea) <http://www.siap.gob.mx>. Consultado en Jun 5, 2014.
- SIAP. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. Avance comparativo de la producción pecuaria. (En línea) <http://www.siap.gob.mx>. Consultado en Oct 17, 2015.
- Steel G. D. y H.J. Torrie. 1988. Bioestadística, Principios y Procedimientos 2ed. McGraw-Hill. México, D.F.
- Stiborova M., Vostalova J., Zdarilova A., Ulrichova J., Hudecek J., Tschirner K., Simanek V. 2008. Macleayacordata extract and Sangrovit® genotoxicity. *Biomedical Papers of the Medical Faculty of the Palacky University, Olomouc, Czech Republik.* 152: 35–39.
- Stock R A., Sindt M. H., Parrott J. C., y Goedecken F. K. 1990. Effects of grain type, roughage level and monensin level on finishing cattle performance. *J. Anim. Sci.* 68: (10) 3441-3455
- Thom, E. C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise* 12: 57–59
- Vasconcelos J.T., y Galyean M. L. 2008. ASAS Centennial Paper: Contributions in the *Journal of Animal Science* to understanding cattle metabolic and digestive disorders. *J. Anim. Sci.* 86: 1711–1721.
- Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy. Sci.* 74: 3583–3597.

- Van Soest, 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell Univ. Press. 2da edición. Nueva York.
- Vieira S. L., Oyarzabal O. A., Freitas D. M., Berres J., Pena J. E. M., Torres C. A., Coneglian J. L. B. 2008. Performance of broilers fed diets supplemented with sanguinarine-like alkaloids and organic acid. *Journal of Applied Poultry Research*. 17: 128–133.
- Wang Y., McAllister T., Rode L., Beauchemin K., Morgavi D., Nsereko V., Iwaasa A., y Yang W. 2002. Effects of exogenous fibrolytic enzymes on epiphytic microbial populations and *in vitro* digestion of silage. *J Sci Food Agr*. 82:760-768.
- Whetsell M. S., Prigge E. C., y Nestor E. L. 2004. Influence of mass of ruminal contents on voluntary intake and digesta passage in steers fed forage and a concentrate diet. *J. Anim. Sci*. 82: 1806–1817.
- Zdarilova, A., Vrublova, E.; Vostalova, J., Klejdus, B., Stejskal D., Proskova J., Kosina P., Svobodova A., Vecera R., Hrbac J., Cernochova D., Vicar J., Ulrichova J., Simanek V. 2008. Natural feed additive of *Macleaya cordata*: safety assessment in rats a 90-day feeding experiment. *Food and Chemical Toxicology*. 46: 3721–3726.
- Zduńczyk Z., Gružasuskas R., Juśkiewicz J., Semaškaitė A., Jankowski J., Godycka-Kłos I., Jarule V., Miezeleiene A., y Alencikiene G. 2010. Growth performance, gastrointestinal tract response, and meat characteristics of broiler chickens fed a diet containing the natural alkaloid sanguinarine from *Macleaya cordata*. *J. Appl. Poult. Res*. 19: 393–400.
- Zinn R. A. 1988. Comparative feeding value of supplemental fat in finishing diets for feedlot steers supplemented with or without monensin. *J. Anim. Sci*. 66: 213-227.
- Zinn R. A. 1990. Influence of steaming time on site of digestion of flaked corn in steers. *J. Anim. Sci*. 68: 776-781.
- Zinn R. A., Barreras A., Owens F. N., y Plascencia. 2008. Performance by feedlot steers and heifers: Daily gain, mature body weight, dry matter intake, and dietary energetic. *J. Anim. Sci*. 86: 2680-2689.