

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



TESIS:

Influencia de la adición de extracto de taninos en la carga por nematodos en becerros recién llegados al corral de engorda

Que para obtener el grado de Maestro(a) en Ciencias Agropecuarias

PRESENTA:

MVZ. Melissa Belem Corona Palazuelos

DIRECTOR(A) DE TESIS:

Dr. Rubén Barajas Cruz

CO-DIRECTOR(A) DE TESIS:

Dra. Soila Maribel Gaxiola Camacho

ASESORES:

Dr. Javier Alonso Romo Rubio
MC. Nohemí Castro del Campo

Culiacán, Sinaloa a 22 Agosto del 2015.

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **MELISSA BELEM CORONA PALAZUELOS**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR DE TESIS



DR. RUBÉN BARAJAS CRUZ

CO-DIRECTORA DE TESIS



DRA. SOILA MARIBEL GAXIOLA CAMACHO

ASESOR



DR. JAVIER ALONSO ROMO RUBIO

ASESORA



MC NOHEMÍ CASTRO DEL CAMPO

CULIACÁN, SINALOA, A 22 DE AGOSTO DEL 2015.

DEDICATORIA

A mis padres, Jorge Eduardo Corona Burgueño y María del Rosario Palazuelos Angulo, porque han sido mi mayor orgullo y apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida y por siempre estar a mi lado en las buenas y en las malas, por darme su amor y por siempre ayudarme a salir adelante a pesar de cada obstáculo que se me presentaba en la vida.

A mi director de tesis, el Dr. Rubén Barajas Cruz, quien ha sido una de las personas más importantes en esta etapa de mi vida, dedicándome su valioso tiempo, su confianza, amistad, profesionalismo y apoyo incondicional para mi formación académica.

A dios, por brindarme esta oportunidad y permitirme terminar mis estudios satisfactoriamente.

A mi mejor amiga Eva Xitlalic Murillo Ayala, quien ha sido de gran importancia en esta etapa de mi vida, por apoyarme y siempre estar a mi lado cuando más la necesitaba, por estos 7 años de amistad que me ha brindado y por compartir conmigo tantos bellos y malos momentos, que a pesar de todo nos ha mantenido siempre juntas.

AGRADECIMIENTOS

A mis maestros, por su valiosa dedicación y por compartir conmigo todos sus conocimientos y motivarme a seguir estudiando.

A todos mis compañeros, amigos, familiares y a todas las personas que han estado conmigo a lo largo de todos estos años y me han brindado su apoyo incondicional y de manera personal este tiempo que fue muy importante para mí.

A mis compañeros y amigos Xitlalic Murillo, Teresa Heras, Diego Jiménez, Luis Esteban Soto y a mi director de Tesis el Dr, Rubén Barajas, con los que compartí dos años de esta etapa, por sus consejos y apoyo durante todo el trabajo de Maestría.

A todas las personas que me ayudaron y estuvieron siempre a mi lado para lograr la culminación de mis estudios de Maestría en Ciencias Agropecuarias

Al equipo de trabajo del Laboratorio de Parasitología, en especial a la MC. Nohemí Castro del Campo y al MVZ. Jesús Daniel Solís Carrasco, por la ayuda y el apoyo brindado para realizar mi trabajo de tesis.

A la Universidad Autónoma de Sinaloa y al Colegio de Ciencias Agropecuarias, por toda la ayuda brindada para mi superación académica. Por siempre creer en mí abriéndome las puertas y nunca cerrándome las oportunidades que se me presentaban y por impulsarme a ser mejor persona y profesionista cada día.

A La Ganadera Los Migueles, por brindarme su apoyo y realizar parte de mis experimentos en su unidad experimental.

A CONACYT, por el apoyo brindado durante estos dos años en los que realice mis estudios de Maestría.

CONTENIDO

INDICE DE CUADROS.....	i
RESUMEN.....	ii
ABSTRACT.....	iii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	2
2.1. Nematodos Gastrointestinales en bovinos.....	2
2.1.1. Nematodos.....	2
2.1.1.1. <i>Haemonchus</i> sp.....	3
2.1.1.2. <i>Cooperia</i> sp.....	3
2.1.1.3. <i>Trichostrongylus</i> sp.....	3
2.1.1.4. <i>Oesophagostomum</i> sp.....	4
2.2. Generalidades de los Taninos.....	4
2.3. Clasificación de los Taninos.....	6
2.3.1. Taninos Condensados (TC).....	6
2.3.2. Taninos Hidrolizables (TH).....	7
2.4. Localización de los Taninos.....	8
2.5. Efectos negativos de los Taninos.....	9
2.6. Efectos positivos de los Taninos.....	10
2.7. Efectos Antihelmínticos de los Taninos.....	11
2.7.1 Efecto Indirecto de los Taninos Condensados sobre los parásitos gastrointestinales.....	12
2.7.2. Efecto Directo de los Taninos Condensados sobre los parásitos gastrointestinales.....	13

III. HIPÓTESIS.....	14
IV. OBJETIVO.....	15
4.1. General.....	15
4.2. Específicos.....	15
V. MATERIAL Y MÉTODOS.....	16
5.1. Experimento 1.....	16
5.2. Experimento 2.....	19
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
6.1. Experimento 1.....	21
6.2. Experimento 2.....	23
VII. CONCLUSIONES.....	26
VIII. LITERATURA CITADA.....	27

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	TÍTULO	PÁGINA
Cuadro 1.	Composición de la dieta ofrecida a los animales utilizados en los dos experimentos.	17
Cuadro 2.	Influencia de la alimentación con extractos de taninos en la cantidad de huevos de nematodos por gramo de heces en becerros al inicio de la engorda en corral (Experimento 1).	22
Cuadro 3.	Influencia de la adición de taninos hidrolizables a la dieta en el conteo de huevos de <i>Haemonchus</i> sp en las heces de becerros al inicio de la engorda en corral.	24
Cuadro 4.	Influencia de la adición de taninos hidrolizables a la dieta en el conteo de huevos de <i>Cooperia</i> sp en las heces de becerros al inicio de la engorda en corral.	25

RESUMEN

Influencia de la adición de extracto de taninos en la carga por nematodos en becerros recién llegados al corral de engorda

Melissa Belem Corona Palazuelos

Setenta becerros fueron utilizados en dos experimentos para establecer la influencia de la adición de extracto de taninos (ET) en la carga por nematodos en becerros recién llegados al corral de engorda. Se utilizaron 30 becerros alojados en grupos de cinco en seis corraletas, se les tomó muestras de heces tres días antes y después de ofrecer los tratamientos durante 28 días y se contó el número de huevos de nematodos por gramo de heces (hgh). Los tratamientos fueron: 1) Dieta de crecimiento sin la adición de ET (Testigo); 2) Testigo más 0.6% ET condensados y 3) Testigo más 0.6% de ET hidrolizables. Los valores de hgh fueron transformados a valores de \log^{10} (n+40). Los resultados fueron analizados por ANDEVA para un diseño completamente al azar. La adición de TH tendió a disminuir ($P = 0.10$) el conteo de hgh de *Haemonchus* sp. Experimento 2. Se utilizaron 40 becerros alojados en grupos de cinco en ocho corraletas, se les tomó muestras de heces durante tres días seguidos, antes y después de ofrecer durante 28 días los tratamientos, que consistieron en: 1) Dieta de crecimiento sin la adición de ET (Testigo); y 2) Testigo más 1.5% de ET hidrolizables. Los valores de hgh fueron transformados a Log^{10} (n+17). Los valores de proporción porcentual de becerros parasitados fueron analizados por la Prueba Exacta de Fisher utilizando tablas de contingencia 2 x 2. Los resultados fueron analizados por ANDEVA para un diseño de bloques completos al azar. La adición de 1.5% de TH disminuyó ($P < 0.01$) el conteo de hgh de *Haemonchus* sp y *Cooperia* sp en los bovinos en engorda. Se concluye que la adición de TH a la dieta disminuye la presencia de *Haemonchus* sp y *Cooperia* sp en becerros recién llegados al corral de engorda.

Palabras clave: becerros, parásitos, taninos

ABSTRACT

Influence tannins extract addition on the amount of nematodes in calves just arrived to feedlot

Melissa Belem Corona Palazuelos

Seventy feedlot cattle were used in two experiments to establish the influence tannin extract (TE) addition on the amount of nematodes in calves just arrived to feedlot. Experiment 1. Thirty calves were used and in groups of five were placed in six pens, during three days fecal samples were taken before and after received 28-days treatments, and eggs per gram of feces (egf) were accounted. The treatments were: 1) Growing diet without TE addition (Control); 2) Control plus 0.6% of Condensed TE; and 3) Control plus 0.6% of Hydrolysable TE. The egf values were transformed to $\log_{10}(n + 40)$ values. Results were analyzed by ANOVA for completely randomly design. The TH tended ($P = 0.10$) to diminish egf account of *Haemonchus* sp. Experiment 2. Forty calves placed in eight pens were used, during three continuous days fecal samples were taken before and after offered treatments during 28 days, that consisted in: 1) Growing diet without TE addition (Control); and 2) Control plus 1.5% of hydrolysable TE. The egf values were transformed to $\log_{10}(n + 17)$ values. The proportion of parasitized calves values were analyzed by analyzed by Fisher's exact test using contingency tables 2 x 2. Results were analyzed by ANOVA for completely randomly design. The addition of 1.5% of hydrolysable tannins diminished ($P < 0.01$) *Haemonchus* sp and *Cooperia* sp egf account in feedlot cattle. It is concluded that the hydrolysable tannins addition to the diet decreases the presence of *Haemonchus* sp and *Cooperia* sp in just arrived to feedlot calves.

Key words: feedlot-calves, parasites, tannins

I. INTRODUCCIÓN

Los parásitos gastrointestinales causan pérdidas económicas al afectar la productividad del hospedador, disminuyen la tasa de crecimiento, la fecundidad y aumenta la mortalidad (Min y Hart, 2003; Moreno et al., 2010). Debido al aumento de la resistencia de los parásitos a los antihelmínticos (Montalvo-Aguilar *et al.*, 2006; Gasbarre *et al.*, 2009), se buscan alternativas para su control (Demeler *et al.*, 2009); como puede ser la adición de taninos al alimento, considerando que el consumo de forrajes con taninos mejoran la productividad de rumiantes afectados por parásitos (Min y Hart, 2003; Torres *et al.*, 2008). Los taninos son compuestos polifenólicos, producto del metabolismo secundario de las plantas y se encuentran frecuentemente en frutas, árboles, gramíneas y leguminosas (Arévalo, 2008; Vázquez *et al.*, 2012); los taninos son capaces de formar complejos con otras moléculas; al momento de unirse con las proteínas de membrana, alteran sus funciones y en este sentido afectar a una serie de parásitos (Ortiz, 2010; Beserra *et al.*, 2011; Nogueira, 2011). Es escasa la información relacionada con la inclusión de dosis bajas de distintos tipos de taninos en la presencia de los parásitos gastrointestinales, especialmente nematodos en los bovinos recién llegados al corral de engorda. Corona (2013) no observó efecto de la adición de 0.3% de taninos a la dieta en la carga de nematodos gastrointestinales de bovinos al inicio de la engorda.

Este trabajo se llevó a cabo con el objetivo de establecer la influencia de la adición de 0.6% de extracto de taninos condensados e hidrolizables en la carga por nematodos en becerros recién llegados al corral de engorda.

II. ANTECEDENTES

2.1. Nematodos Gastrointestinales en bovinos

Los parásitos gastrointestinales representan un serio problema a nivel mundial, afectan la productividad del hospedador causando reducciones en las tasas de crecimiento, fecundidad e incremento en la mortalidad; la parasitosis gastrointestinal es una de las enfermedades que mayor impacto económico ocasiona en los sistemas de producción de carne (Moreno *et al.*, 2010). Las parasitosis gastrointestinales que afectan la salud de los rumiantes son producidas generalmente por cestodos, trematodos, nematodos y protozoarios (Enríquez *et al.*, 2009); éstos representan una amenaza para los animales, ya que causan anorexia, reducción en la ingesta, anemia y aumenta el riesgo de infección, que a largo plazo provoca un incremento del periodo necesario para lograr el peso apropiado en los animales de engorda, siendo los nematodos los que producen los problemas más serios (Rodríguez-Vivas, 2001; Quijada *et al.*, 2008). Las infecciones asociadas al pastoreo, principal modo de alimentación de los rumiantes es una actividad que realizan constantemente y aumenta el riesgo de infección; las frecuencias de las cargas parasitarias al interior de la población de hospederos resulta de interés en la formulación de estrategias de control de los parásitos que afectan a los rumiantes (Quijada *et al.*, 2008).

2.1.1. Nematodos

En México, las infecciones parasitarias en condiciones naturales normalmente son mixtas, ocasionadas principalmente por los géneros *Haemonchus*, *Trichostrongylus*, *Cooperia* y *Oesophagostomum* (Rodríguez *et al.*, 2001; Olivares *et al.*, 2006) En regiones de Sudamérica, los géneros predominantes han sido *Haemonchus*, *Cooperia* y *Trichostrongylus* (Bianchin y Honer, 1987; Borges *et al.*, 2012) y en los Estados Unidos (Gasbarre *et al.*, 2009), *Haemonchus*. En bovinos en pastoreo, en Guerrero, México se reporta *Haemonchus*, *Cooperia*, *Oesophagostomum* y *Trichostrongylus*, predominando *Haemonchus* y *Cooperia* (Olivares *et al.*, 2006); en Tamaulipas, México los géneros de mayor prevalencia son *Haemonchus* y *Cooperia* y con menor frecuencia *Ostertagia* y *Trichostrongylus*, así mismo se coincide un estudio de Culiacán, Sinaloa donde se encontró mayor prevalencia del género

Haemonchus (Olivares *et al.*, 2006; Enríquez *et al.*, 2009). Estas infecciones tienen como consecuencia trastornos digestivos y metabólicos que repercuten en la salud y bienestar del hato, los grupos que son más susceptibles a las infecciones con nematodos gastrointestinales son los bovinos jóvenes, cuando la inmunidad todavía no se ha establecido (Rodríguez *et al.*, 2001).

2.1.1.1. *Haemonchus sp*

Este nematodo se localiza en el abomaso de los rumiantes, inyecta anticoagulantes y cambia constantemente de lugar, siempre existe una marcada anemia (Rojas *et al.*, 2012). Los machos miden 19-22 mm y las hembras 25-34 mm, son hematófagos y en fresco tienen color rojo debido a la sangre ingerida (Barragán y Pertuz, 2006; Armijos, 2013); la pérdida de sangre se calcula de 0.05 mL por parásito, presentándose sangre en las heces a los 6-12 días de la infección (Armijos, 2013). La migración de las larvas a las cavidades de las glándulas gástricas en la pared del abomaso y la lesión causada a la mucosa por fijación de los adultos provocan una abomasitis; interfiriendo en la digestibilidad y absorción de proteínas, calcio y fósforo, aumentando el pH (Barragán y Pertuz, 2006).

2.1.1.2. *Cooperia sp*

Este parásito se localiza en el intestino delgado de los bovinos y con menor frecuencia en el abomaso (Barragán y Pertuz, 2006). Los adultos son de color rojo, están enroscados y miden de 5 a 8 mm de longitud (Barragán y Pertuz, 2006; Armijos, 2013). Estos nematodos producen lesiones superficiales en las vellosidades intestinales produciendo una respuesta inflamatoria intensa y pérdida de proteína plasmática; se alimentan de secreciones y células descamadas del epitelio, entre los signos que se manifiestan por la presencia de éste parásito se encuentran la pérdida del apetito y del peso corporal que puede llegar a un estado de emaciación, a veces se presenta una profusa diarrea acuosa que en algunos casos es intermitente, en terneros produce una gastroenteritis (Armijos, 2013).

2.1.1.3. *Trichostrongylus sp*

Estos nematodos incluyen especies parasitarias del abomaso e intestino delgado; son vermes pequeños de 5-8 mm muy finos y de color pardo rojizo (Barragán y Pertuz, 2006; Armijos, 2013). Los *Trichostrongylus sp.* dañan la mucosa intestinal o

abomasal, lo que puede provocar enteritis o gastritis, diarrea, estreñimiento, decaimiento, pérdida de apetito y peso que pueden ser agudos, sí la infección es masiva puede provocar hasta la muerte en animales jóvenes (Armijos, 2013).

2.1.1.4. *Oesophagostomum sp.*

Se localizan en cualquier lugar del tracto gastrointestinal del píloro al recto, estos nematodos forman nódulos sobre la capa muscular de la mucosa produciendo estructuras quísticas; los machos tienen una longitud de 14-17 mm y las hembras tienen una longitud de 6-14 mm (Armijos, 2013). Las larvas penetran la mucosa del intestino perforando la pared intestinal, el hospedador responde a esta herida produciendo nódulos pequeños de 1 mm de diámetro, afectando la absorción de líquidos, lo que da lugar a diarreas; a veces los nódulos revientan hacia el interior de la cavidad abdominal provocando infecciones bacterianas mortales (Barragán y Pertuz, 2006).

2.2. Generalidades de los taninos

Los taninos son compuestos polifenólicos de elevado peso molecular llegando de 500 a 20000 Da, se encuentran en frutas, árboles y en gramíneas y leguminosas (Carretero, 2000; Arévalo, 2008; Beserra *et al.*, 2011; Játiva, 2011; Vázquez *et al.*, 2012). Los taninos son capaces de formar complejos con otras moléculas, debido a la presencia grupos hidróxilo en la estructura química, y por lo tanto, son capaces de ejercer efectos beneficiosos o adversos dependiendo de la concentración y la naturaleza, las especies, el estado fisiológico del animal y composición de la dieta (Beserra *et al.*, 2011). Una característica importante de los taninos, es que presentan suficientes grupos hidróxilo unidos a estructuras fenólicas que les permiten formar complejos con proteínas, minerales y otras macromoléculas (Casciola *et al.*, 2009) Los taninos son capaces de proteger las proteínas de la degradación y del ataque de la microbiota del rumen y de enzimas digestivas enzimática, haciéndolas resistentes a la degradación (Solano, 1997; Romero, 2000; Casciola *et al.*, 2009; Vázquez *et al.*, 2012).

La formación de complejo tanino-proteína se produce principalmente por medio de cuatro tipos de enlaces:

- **Interacciones hidrofóbicas:** Son reversibles e independientes del pH, se producen entre el anillo aromático del compuesto fenólico y las regiones hidrofóbicas de la proteína.
- **Puentes de hidrógeno:** Son reversibles y dependientes del pH, se dan entre los radicales hidróxilo de los grupos fenólicos y el oxígeno del grupo carbonilo y amida del enlace peptídico de las proteínas.
- **Enlaces covalentes:** Son irreversibles, se producen por la oxidación de los polifenoles a quinonas y la consecuente condensación con el grupo nucleofílico de la proteína.
- **Enlaces iónicos:** Son reversibles, ocurren entre el ion fenolato y el catión de la proteína; este tipo de enlaces es prácticamente exclusivo de los TH debido a que cuando el pH es neutro o algo ácido, existen grupos cargados eléctricamente como consecuencia de la hidrólisis de este tipo de taninos, en el caso de los TC la disociación de los grupos hidróxilo de los compuestos fenólicos se producen sólo a un pH altamente básico (Hervás, 2001; Nogueira, 2011).

La proteína no es degradada en el rumen, pero está disponible para la digestión en el abomaso e intestino delgado, en un rango de pH de entre 5 y 7.5 en el rumen, la proteína permanece unida a los taninos, pero a pH bajos ($\text{pH} < 3.5$) la proteína es liberada (Arévalo, 2008; Beserra *et al.*, 2011). Los taninos forman parte del sistema de defensa contra los herbívoros y otros patógenos de las plantas como bacterias, hongos, insectos y virus, éstos compuestos determinan la apetencia por las plantas por los herbívoros debido a las características astringentes de estos compuestos; de esta manera la planta reduce la frecuencia de ataque de los rumiantes y mejora sus posibilidades de sobrevivir; las plantas que reciben mayor ataque de los herbívoros son capaces de aumentar su concentración de taninos (Torres *et al.* 2008; Játiva, 2011).

Los taninos condensados se caracterizan porque se unen a la proteína por puentes de hidrógeno; esta unión resulta fuerte a nivel abomasal, aumenta la cantidad de proteína excretada por las heces, y los taninos hidrolizables se unen a la proteína por interacciones hidrofóbicas, que resulta débil a nivel abomasal, aumenta la cantidad

de proteína by-pass degradada a nivel intestinal, lo que mejora el balance de nitrógeno, ya que una menor cantidad de nitrógeno sería excretado por las heces. (Lasa *et al.*, 2012).

La formación de complejos entre los taninos y las proteínas mediante enlaces no covalentes resultan estables en rangos de pH comprendidos entre aproximadamente 3.5 y 8, estos complejos, estables a pH ruminal, se disocian a un pH inferior a 3.5, como en el abomaso pH 2.5-3 o superior como es el pH del duodeno (Nogueira, 2011). Los taninos se fijan a casi la totalidad de las proteínas, formando así complejos insolubles al pH fisiológico (pH 7.4), además de formar vínculos directos con las proteínas, los taninos establecen "puentes" entre las proteínas formando puentes de hidrógeno entre sus grupos hidróxilo y los sitios electronegativos de la proteína, lo que produce la precipitación de las mismas (Ortiz, 2010).

2.3. Clasificación de los Taninos

Los taninos, de acuerdo con su estructura, se clasifican en taninos condensados (TC) y taninos hidrolizables (TH).

2.3.1. Taninos Condensados (TC)

Los taninos condensados también denominados proantocianidinas, son polímeros no ramificados de hidroxiflavonoles (flavan-3-ol, flavan-3,4-diol), que provienen de la esterificación de flavonoides, como las catequinas o flavan-3-oles, y unidos mediante enlaces de átomos de carbono (Min y Hart, 2003; Torres *et al.*, 2008; Vázquez *et al.*, 2012). Los TC tienen, en general un peso molecular mayor que los TH 1000-20000 vs. 500-3000 Da (Hervás, 2001; Nogueira, 2011). No son fácilmente hidrolizables y tienden a polimerizarse a productos insolubles amorfos especialmente en presencia de ácidos minerales (Min y Hart, 2003). Los taninos condensados son los que se encuentran en forma más común en forrajes de leguminosas (Solano, 1997). La toxicidad por TC está asociada con los cambios en la degradación de proteínas y carbohidratos; no son absorbidos en el aparato digestivo, pero causan daño en la mucosa, disminuyendo la absorción de nutrientes, además reducen la absorción de aminoácidos esenciales como la metionina y lisina (Romero, 2000). Los productos con estos taninos se fabrican en su mayoría a partir de la madera del quebracho (Min y Hart, 2003). Los taninos condensados son encontrados principalmente en plantas dicotiledóneas, las plantas herbáceas tienen a menudo TC en las semillas,

por ejemplo: alfalfa, semillas de algodón y en los pétalos de las flores (Arévalo, 2008). Los taninos presentes en las plantas, muestran una gran mejoría en la resistencia de los animales afectados por parasitosis gastrointestinales, por lo que resulta interesante la incorporación de especies forrajeras con una adecuada concentración de taninos dentro de los sistemas de producción, para disminuir las pérdidas productivas originadas por las parasitosis gastrointestinales y reducir el uso de antihelmínticos (Otero e Hidalgo, 2004).

2.3.2 Taninos Hidrolizables (TH)

Los taninos hidrolizables, provienen de la esterificación de compuestos polifenólicos no flavonoides, como el ácido gálico o elágico (Vázquez *et al.*, 2012). Son polímeros con una molécula central que generalmente está formada por un compuesto de carbohidrato como glucosa o un polifenol como la catequina (Solano, 1997). Son hidrolizables químicamente por enzimas y están constituidos por un núcleo compuesto por un glúcido, cuyos grupos hidróxilo se encuentran esterificados con ácidos fenólicos, básicamente, ácido gálico y hexahidroxidifenico (Torres *et al.*, 2008; Nogueira, 2011; Vázquez *et al.*, 2012). Los taninos se unen fuertemente a proteínas ricas en aminoácidos como prolina, glicina, ácido glutámico y péptidos por dos interacciones importantes: puentes de hidrógeno entre el grupo carbonilo de los péptidos y los hidrógenos del grupo hidróxilo de polifenoles e interacción hidrofóbica entre los aminoácidos neutros y los anillos aromáticos de los taninos (Vázquez *et al.*, 2012). Los TH son potencialmente tóxicos para los rumiantes, ya que son degradados por los microorganismos del rumen y absorbidos en forma de pirogalol, una toxina con efecto tanto hepatotóxico como nefrotóxico, pudiendo ocasionar la muerte; se derivan en galotaninos y elagitaninos por hidrólisis ácida (Min y Hart, 2003; Otero e Hidalgo, 2004; Torres *et al.*, 2008).

El metabolismo microbiano y la digestión gástrica convierten a los TH en metabolitos de bajo peso molecular de fácil absorción; las lesiones asociadas a toxicidad por TH son gastroenteritis hemorrágica, necrosis del hígado y daño en el riñón con necrosis de los túbulos proximales (Romero, 2000). Los TH son más tóxicos que los TC por su rápida absorción que no se enlazan con las proteínas y se absorbe de manera pura o a una mayor concentración; los TH originan necrosis severas y ulceraciones del epitelio del esófago, abomasal, intestinal y de los tejidos hepáticos y renales, pueden causar la muerte entre los 5 y los 10 días post ingestión (Ortiz, 2010).

2.4. Localización de los Taninos

La estructura química de los taninos varía cualitativa y cuantitativamente en vegetales y frutas, unos son característicos de alguna fruta y otros de algún vegetal en específico; los factores que afectan la presencia de taninos en vegetales son las condiciones ambientales, genéticas o estado de maduración del fruto o la planta (Vázquez *et al.*, 2012). Los taninos son muy abundantes en la naturaleza y están presentes en pequeñas o grandes cantidades en prácticamente todas las plantas, más del 30% de las plantas que se reproducen por semilla lo contienen, con porcentajes que varían ampliamente de una planta a otra: su presencia puede limitarse a unos pocos puntos porcentual o hasta 60-70% (Játiva, 2011; Nogueira, 2011). En condiciones normales, los taninos representan del 2 al 7% del peso fresco de la planta, esta cantidad representa la suma de todos los tipos de taninos presentes en el vegetal, las concentraciones pueden aumentar debido al estrés producido por el ataque de patógenos (Vázquez *et al.*, 2012). Tanto los taninos hidrolizables como los condensados se encuentran principalmente, en hojas de árboles, arbustos y leguminosas, las plantas herbáceas tienen a menudo taninos en las semillas (Otero e Hidalgo, 2004), el contenido en taninos de árboles y arbustos varía ampliamente lo que reduce su aprovechamiento por el animal, así como también con las mucoproteínas de la saliva, lo que provoca la sensación de astringencia característica de los taninos y, consecuentemente, la baja palatabilidad de las plantas que contienen cantidades elevadas de estos compuestos (Vázquez *et al.*, 2012).

Se encuentran frecuentemente en las plantas en diferentes estructuras: la madera, corteza, hojas, en las flores (Nogueira, 2011; Vázquez *et al.*, 2012). En los vegetales, todos los órganos pueden contener taninos: las raíces, los rizomas, corteza, madera, hojas, flores, frutos y granos; hay una distribución de TH y de TC en las diferentes estructuras de las plantas, del mismo modo, a nivel celular, los TH están mayormente presentes en las paredes celulares y los espacios celulares, mientras que los TC están sobre todo almacenados en las vacuolas intracelulares bajo su forma libre y en proporción variable, ligado a fibras (como la lignina) de las paredes celulares o a las proteínas celulares (Ortiz, 2010). En las semillas de algunas plantas los taninos se encuentran muy concentradas en la piel oscura de la semilla, por ejemplo, en el grano de sorgo, aproximadamente el 81.6 % de los

taninos se encuentran en la piel de la semilla; mientras que en las hojas de las plantas los taninos se localizan en la vacuola citoplasmática o en la pared celular (Solano, 1997). Los taninos se sintetizan en el retículo endoplásmico y se almacenan en una gran vacuola central de la célula (Romero, 2000; Vázquez *et al.*, 2012).

2.5. Efectos negativos de los Taninos

Generalmente los taninos inducen una respuesta negativa cuando son consumidos, estos efectos pueden ser instantáneos como el sabor astringente, amargo o desagradable, pueden tener una respuesta tardía relacionada con efectos tóxicos o antinutricionales (Romero, 2000). Los taninos tienen efecto negativo sobre el consumo voluntario de los animales, digestibilidad de los alimentos y eficiencia de producción, estos efectos varían dependiendo del contenido y tipo de taninos ingeridos (Hervás, 2001; Torres *et al.*, 2008).

La selectividad del animal en pastoreo hacia una especie de planta en particular, está determinado en parte genéticamente, tanto por el efecto fisiológico y nutricional del animal, así como de la disponibilidad de forraje en el ambiente; los taninos forman parte importante de las características que determinan la apetencia por las plantas por los herbívoros debido a las características astringentes de estos compuestos pueden reducir el consumo de forraje de leguminosas por una disminución en la palatabilidad (Solano, 1997, Torres *et al.*, 2008; Vázquez *et al.*, 2012). Los taninos, se unen a las proteínas salivales y se adhieren a las membranas mucosas de la boca, lo que disminuye la aceptación de la ración (Torres *et al.*, 2008; Vázquez *et al.*, 2012), de esta manera la planta reduce la frecuencia de ataque de los rumiantes y mejora sus posibilidades de sobrevivir; las plantas que reciben mayor ataque de los herbívoros son capaces de aumentar su concentración de taninos (Torres *et al.*, 2008).

La astringencia es la sensación causada por la formación de complejos entre taninos y la glicoproteínas de las glándulas salivales; aumenta la salivación disminuyendo el consumo y la palatabilidad de las plantas (Otero e Hidalgo, 2004; Torres *et al.*, 2008). Al momento en que el animal está masticando logra romper las paredes celulares, liberando de las vacuolas los taninos a la boca del animal; los taninos comienzan su acción durante la masticación, al producirse la ruptura del tejido

celular y exponer los taninos a las proteínas y carbohidratos (Romero, 2000). Esta liberación de los taninos puede, en algunos casos, desencadenar un efecto sobre el consumo voluntario (CV) del alimento y puede modificar las funciones ruminales y post-ruminales; en los rumiantes esta reducción del CV puede deberse a diversas causas como la astringencia, resultante de los enlaces de los taninos con las proteínas salivares, en particular con las proteínas ricas en prolina, o bien una disminución en la digestibilidad de uno o varios de los componentes de los alimentos (Otero e Hidalgo, 2004; Torres *et al.*, 2008).

Los efectos negativos de los taninos sobre la digestión en los rumiantes, inicia cuando hay signos de pérdidas en la producción ligados a la ingestión de fuertes cantidades de taninos que provocan perturbaciones en el proceso de digestión, a nivel del rumen, los enlaces tanino-proteína son menos digeridos esto sucede en el abomaso, el consumo de los taninos afecta también la digestión de lípidos y la producción de ácidos, las ingestiones masivas de taninos pueden perturbar la digestibilidad por una reducción global de la actividad enzimática de la flora; en el intestino, los TC afectan la fisiología digestiva al interactuar con las proteínas de la membrana de las células disminuyendo así la absorción de ciertas moléculas, como los minerales (Ortiz, 2010).

2.6. Efectos positivos de los Taninos

Los TC pueden ocasionar una mayor producción en el animal, al consumir en cantidades moderadas los efectos son generalmente positivos y no reducen el consumo voluntario; al unirse y formar complejos con la proteína de la dieta, evitan su degradación en el rumen y por tanto, una mayor cantidad de aminoácidos disponibles que llegan a intestino (Torres *et al.*, 2008) y hay una mejora de los índices productivos de los animales (Torres *et al.*, 2008; Nogueira, 2011). Los taninos mejoran la utilización de la proteína dietética, provocando un incremento en las tasas de crecimiento, peso vivo, mejorando el bienestar y la salud animal, ya que los taninos disminuyen las cargas parasitarias (Ortiz, 2010). En los rumiantes, el timpanismo resulta en una acumulación de gas excesivo debido a la fermentación ruminal de proteínas solubles en la ración; se sabe que algunas leguminosas tienen aunque no tan altos, ciertos contenido de taninos condensados, los que permiten en cierta medida atenuar los efectos de este tipo de hinchazón del rumen (Torres *et al.*, 2008; Nogueira, 2011). Los taninos inhiben el crecimiento y la multiplicación de

microorganismos del rumen por su fijación a los constituyentes de las paredes celulares, bloqueando así el transporte molecular vital para el microorganismo (Ortiz, 2010).

Los taninos presentan propiedades antioxidantes capturando los radicales libres o aún mejor inactivando los iones precursores de la oxidación, los taninos son excelentes barredores de radicales libres; como lo son el hierro y el cobre, de forma libre son químicamente inestables y altamente reactivos; ellos atacan el ADN y alteran el proceso de replicación, causando mutaciones cancerígenas; así, las actividades antimutagénico y contra el cáncer han sido atribuidos a algunos taninos, debido a sus propiedades antioxidantes (Torres *et al.*, 2008; Ortiz, 2010).

Cuando los taninos son utilizados en la dieta de los rumiantes conllevan a algunos efectos metabólicos como el aumento en el bypass proteico ruminal, al formar complejo con las mismas, evitando el ataque bacteriano (complejo estable entre pH 3-5.5 desdoblándose en el duodeno, al elevarse el pH del medio a 7.5); así como un retardo en el pasaje intestinal, aumentando los tiempos de retención del alimento, mejorando la acción de enzimas digestivas y permitiendo un mejor intercambio y absorción de nutrientes (López, 2008).

Otro beneficio de los taninos sobre producción animal; es que ayudan y actúan directamente sobre los parásitos internos, además de actuar indirectamente en la salud animal al tener mayor cantidad de proteína disponible (Torres *et al.*, 2008; Nogueira, 2011).

2.7. Efectos Antihelmínticos de los Taninos

Los taninos se utilizan para reducir la incidencia de endoparásitos o para disminuir la carga parasitaria, los taninos provenientes de la ingesta, mejoran el desempeño productivo de animales afectados por las parasitosis gastrointestinales; es decir, su nivel productivo no se ve afectado por la enfermedad (Otero e Hidalgo, 2004, Torres *et al.*, 2008; Vázquez *et al.*, 2012).

Durante las parasitosis los individuos afectados, manifiestan dos síntomas bien característicos: la disminución del apetito y el incremento de los requerimientos proteicos, este último debido a la pérdida de nitrógeno por diversas vías (sangre, plasma y epitelio intestinal), este nitrógeno nos indica el estatus de la utilización de la proteína en los rumiantes (Huntington *et al.*, 2001) y una disminución en la concentración del Nitrógeno Ureico en Plasma, se interpreta como un aumento en la

proteína no degradada en rumen (Dabiri y Thonney, 2004). Recientemente, se ha demostrado que aquellos rumiantes parasitados por nematodos gastrointestinales que consumen forrajes con taninos condensados en su composición, experimentan una reducción de la carga parasitaria cuando se comparan con aquellos que reciben forrajes de las mismas características, pero carentes de taninos (Casciola *et al.*, 2009).

Las plantas que contienen componentes antihelmínticos son alternativas de control integral de los parásitos gastrointestinales en una producción sustentable, muchas plantas han sido utilizadas para el control de estos parásitos, utilizando desde hojas, extractos, tallos, frutos, semillas, etcétera (Torres *et al.*, 2008; Ortiz, 2010). Corona (2013) no observó efecto de la adición de 0.3% de taninos a la dieta en la carga de nematodos gastrointestinales de bovinos al inicio de la engorda; para que haya una disminución en la carga parasitaria por nematodos la cantidad de taninos condensados agregados a la dieta debe de estar entre el 2.5 y el 5% de la materia seca (Butter *et al.*, 2000).

Los mecanismos que explican la acción de los taninos en los animales afectados por parasitosis gastrointestinales pueden ser clasificados como de tipo directo: el efecto es sobre el parásito en sí mismo e indirecto: afectan el estado general del individuo y modifican la respuesta del animal a la enfermedad (Otero e Hidalgo, 2004).

2.7.1. Efecto Indirecto de los Taninos sobre los nematodos gastrointestinales

Los taninos provenientes de la ingesta, ayudan a mejorar el desempeño productivo de animales afectados por las parasitosis gastrointestinales, al mejorar la respuesta del hospedero se afecta la biología del parásito y por consiguiente se retrasa el crecimiento del mismo; esta resistencia generada por el huésped está gobernada por mecanismos inmunes, así mismo el nivel productivo no se ve afectado por la enfermedad, ya que estamos hablando de un estado de resiliencia, el cual es la habilidad del hospedero de resistir a los efectos patológicos de los parásitos en el tracto gastrointestinal (Arévalo, 2008; Ortiz, 2010).

Entonces el efecto indirecto principalmente participa en aumentar y mejorar la resiliencia (menos signos clínicos y mejor crecimiento) y resistencia (menor cantidad de huevos de nematodos en heces, menor carga parasitaria y menor fertilidad de hembras parasitadas) de los animales infectados con nematodos (Torres *et al.*,

2008). Las plantas ricas en metabolitos secundarios juegan un papel importante en la resiliencia del hospedero parasitado, aumentan la capacidad para enfrentar una infección sin castigar o comprometer su rendimiento (Ortiz, 2010). Los taninos al proteger a las proteínas de la degradación ruminal, aumenta la disponibilidad en el intestino delgado; debido a una mayor disponibilidad de proteínas, aumenta la inmunidad del huésped contra los parásitos, hay una mejoría en la utilización de los nutrientes y esto contribuye a un aumento en la capacidad de recuperación de animales infectados por nematodos gastrointestinales (Beserra *et al.*, 2011).

2.7.2. Efecto Directo de los Taninos sobre los nematodos gastrointestinales

Los taninos tienen una propiedad antihelmíntica sobre larvas y adultos, que consiste en impedir que estos parásitos puedan salir de sus huevos, evitan que los parásitos gastrointestinales puedan establecerse en su sitio de acción y puedan continuar con su ciclo evolutivo (Torres *et al.*, 2008), éstos compuestos se unen a la cutícula del nematodo y alteran sus propiedades físicas y químicas (Beserra *et al.*, 2011). Cuando un bovino ingiere material vegetal rico en taninos, durante el proceso de masticación las vacuolas en las hojas se rompen y se liberan los taninos, los cuales se van a asociar a proteínas salivales, también pueden asociarse a componentes de la dieta como la proteína vegetal, polisacáridos y proteínas de la pared celular y finalmente hay una parte que no se adhiere y quedan en forma de taninos libres; los taninos ligados a proteína rica en prolina o histatina forman complejos fuertes y débiles, así en complejo o libres viajan por el tracto gastrointestinal hasta llegar al abomaso donde estos complejos son liberados por el ambiente ácido del abomaso (pH 2.5), posteriormente, los taninos son liberados nuevamente en el intestino, mismo que tiene un pH alcalino (8-9), en tanto, que los taninos libres pueden ser absorbidos o degradados a su paso por el sistema digestivo. Los taninos que se adhieren a las paredes celulares y los que se adhieren a la lignina son generalmente excretados en las heces, los que están unidos a la proteína vegetal pueden ser hidrolizados y absorbidos en el abomaso (Ortiz, 2010; Torres *et al.*, 2008; Beserra *et al.*, 2010).

V. HIPÓTESIS

La adición de extracto de taninos hidrolizables y condensados a la dieta disminuye la carga por nematodos en becerros recién llegados al corral de engorda.

VI. OBJETIVO

4.1. GENERAL

Establecer la influencia de la adición de extracto de taninos hidrolizables y condensados a la dieta en la carga por nematodos de becerros recién llegados al corral de engorda.

4.2. ESPECÍFICOS

Evaluar la influencia de la adición de 0.6% extracto de taninos condensados a la dieta en la carga por nematodos de becerros recién llegados al corral de engorda.

Establecer la influencia de la adición de 0.6 y 1.5% de extracto de taninos hidrolizables a la dieta en la carga por nematodos de becerros recién llegados al corral de engorda.

V. MATERIAL Y MÉTODOS

Localización geográfica

La presente investigación incluyó dos experimentos. La fase de campo se realizó en la "Unidad Experimental para Bovinos de Engorda en Trópico Seco" de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, ubicada en los terrenos de Ganadera Los Migueles, S.A. de C.V. Localizada 24° 51' N, 107° 26' O, 57 msnm, temperatura media anual de 24.8 °C, temperatura máxima 33.3 °C, mínima 16.3 °C, precipitación pluvial media anual de 665.6 mm y predomina el clima tropical seco (García, 1981; INEGI, 2009). Las muestras de heces se analizaron en el Laboratorio de Parasitología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa; en Culiacán, Sinaloa.

Todos los becerros que se usaron en este experimento fueron tratados de acuerdo con las recomendaciones de la Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Research and Teaching (FASS, 2010).

5.1. Experimento 1. Evaluar la influencia de la adición de 0.6% de extracto de taninos hidrolizables y condensados a la dieta de becerros en engorda.

Treinta becerros Brahman ($227 \pm SE 13.9$ kg) fueron adquiridos en la región semi-serrana del municipio de Mocorito, en el estado de Sinaloa, los animales fueron transportados 150 km hasta las instalaciones de la Unidad Experimental. Los becerros se alimentaron con heno de sudán (*Sorghum sudanense*) y heno de alfalfa (*Medicago sativa L.*) y con la dieta descrita en el Cuadro 1. A su llegada los animales fueron identificados con arete, se pesaron y se les aplicó bacterinas para prevenir enfermedades causadas por *Clostridia*, *Histophilus somni* (Ultrabac7-somubac; Pfizer) y *Mannheimia haemolytica* (OneShot; Pfizer). En grupos de cinco, los becerros se distribuyeron aleatoriamente en seis corraletas con piso de tierra, con comedero lineal de 2.4 m y un bebedero de 0.6 m.

Los becerros fueron alimentados a libre acceso, con disponibilidad permanente de agua limpia y fresca. El periodo de adaptación fue 21 días, para permitir que se estableciera el orden social, familiarización con las instalaciones, adaptación al

manejo experimental y se normalizara el consumo de alimento en los animales. Debido a que el consumo de alimento en los becerros recién llegados al corral usualmente es bajo, en especial durante los primeros siete días (Hutcheson y Cole, 1986; Fluharty y Loerch, 1995; Fluharty y Loerch, 1996), por consecuencia, hay una menor excreción de heces y el conteo de huevos por gramo de heces puede ser sobreestimado.

Cuadro 1. Composición de la dieta ofrecida a los animales utilizados en los dos experimentos.

Ingredientes	Proporción en la materia seca de la dieta, %
Ensilado de maíz	46.10
Rastrojo de maíz	25.33
Pasta de soya	16.28
Melaza de caña	8.29
Ganamin Total Sinaloa	2.61
Ganbuffer	1.38
Total	100%
Análisis calculado (en base seca)¹	
Proteína cruda, %	15.21
Energía neta de mantenimiento, Mcal/kg	1.358
Energía neta de ganancia, Mcal/kg	0.793

¹ Valores calculados con base a valores publicados (NRC, 2000).

Después de los 21 días de adaptación, los becerros fueron pesados individualmente y se recolectaron muestras de heces durante tres días de cada becerro. Las muestras se colocaron en bolsas de plástico, cerradas e identificadas y transportadas al Laboratorio de Parasitología de la FMVZ-UAS. En el laboratorio se cuantificó la cantidad de huevos de nematodos por gramo de heces con el método de McMaster (Quijada *et al.*, 2008; Sandoval *et al.*, 2011).

A los becerros se les asignó uno de tres tratamientos: 1) Dieta de recepción sin la adición de extracto de taninos (testigo); 2) Testigo más la adición de 0.6% de ET condensados (TC); y 3) Testigo más la adición de 0.6% de ET hidrolizables (TH). El ET condensados (*Schinopsis balansae*) se ofreció a partir del quebracho y el ET hidrolizables se ofreció a partir del castaño (*Castanea sativa*), los ET fueron proporcionados por SilvaTeam® (INDUNOR; Buenos Aires, Argentina), con un contenido de 70% de taninos. La dosis diaria de taninos por corraleta fue disuelta en 1 kg de maíz molido y se adicionó al alimento al momento de ser servido en el comedero; la premezcla de maíz y el alimento fueron mezclados manualmente. En las corraletas asignadas a la dieta testigo, se proporcionó 1 kg de maíz molido para homogenizar el aporte de energía en todos los tratamientos. Los tratamientos se ofrecieron durante 28 días. Los animales se pesaron nuevamente una vez que completaron los 28 días alimentados con los tratamientos. Tres días después de finalizar los tratamientos, se tomaron nuevamente muestras de heces de cada becerro y se realizó el mismo procedimiento antes descrito para transportar las muestras y analizarlas en el Laboratorio de Parasitología de la FMVZ-UAS, para la determinación de huevos de nematodos gastrointestinales.

Análisis estadísticos

Para normalizar los datos de hgh antes del análisis estadístico, fueron transformados a valores de $\text{Log}_{10}(n+40)$, en donde X representó el valor observado. Con los resultados del hgh se realizó un análisis de correlación de Pearson. A los resultados se les aplicó un ANDEVA para un diseño completamente al azar (Hicks, 1973). Se fijó un nivel máximo de $P \leq 0.05$ para aceptar diferencia estadística. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete computacional Statistix® 9 (2007).

El modelo matemático (Hicks, 1973) utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = Variable de respuesta
 μ = Media general
 τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento
 ε_{ij} = Error aleatorio (experimental)

5.2. Experimento 2. Establecer la influencia de la adición de 1.5% de extracto de taninos hidrolizables a la dieta de becerros en engorda.

Se usaron 40 becerros Brahman de $212 \pm$ (SE) 8.8 kg. Los becerros fueron identificados con arete, pesados y vacunados con bacterinas para prevenir enfermedades causadas por *Clostridia*, *Histophilus somni* (Ultrabac 7-somubac; Pfizer) y *Mannheimia haemolytica* (OneShot; Pfizer). Los becerros se alojaron en ocho corraletas con piso de tierra, con comedero lineal de 2.4 m y un bebedero de 0.6 m. Los becerros se alimentaron a libre acceso con una dieta de recepción con proporción 70:30 de forraje:concentrado (Cuadro 1). Después de tres días en la corraleta, se recolectaron muestras de heces durante tres días continuos. Las heces fueron colocadas en bolsas de plástico, cerradas e identificadas y transportadas al Laboratorio de Parasitología de la FMVZ-UAS. En el laboratorio se cuantificó la cantidad de huevos de nematodos por gramo de heces con el método de McMaster (Quijada *et al.*, 2008; Sandoval *et al.*, 2011).

Los becerros fueron asignados a uno de dos tratamientos: 1) Dieta de recepción sin la adición de extracto de taninos (testigo); y 2) Testigo más la adición de 1.5 % de extracto de taninos hidrolizables (TH). El ET hidrolizables se proporcionó a partir del castaño (*Castanea sativa*), los ET fueron proporcionados por SilvaTeam® (INDUNOR; Buenos Aires, Argentina), con un contenido de 70 % de taninos. La dosis diaria de taninos por corraleta fue disuelta en 1 kg de maíz molido y se adicionó al alimento al momento de ser servido en el comedero; la premezcla de

maíz y el alimento fueron mezclados manualmente. En las corraletas asignadas a la dieta testigo, se proporcionó 1 kg de maíz molido para homogenizar el aporte de energía en todos los tratamientos. Los becerros fueron pesados individualmente al momento en que se les asignaron los tratamientos y 28 días después que fue el periodo durante el cual se les proporcionaron los tratamientos. Una vez que los becerros completaron los 28 días en sus tratamientos, nuevamente se tomaron muestras de heces durante tres días consecutivos y se procesaron de la manera ya mencionada anteriormente.

Análisis estadísticos

Los resultados de hgh fueron transformados a $\text{Log}_{10}(n + 17)$ para su normalización antes de ser usados en los análisis estadísticos. Los resultados de hgh se compararon por prueba de *t*-pareada, con los valores de los mismos animales antes y después de recibir durante 28 días los tratamientos; por lo que cada becerro fungió como su propio testigo. Los valores de proporción porcentual de becerros parasitados después de recibir los tratamientos fueron analizados por χ^2 utilizando tablas de contingencia 2 x 2 y comparados con la Prueba Exacta de Fisher. Las variables de respuesta productiva y de hgh fueron analizados por ANDEVA para un diseño de bloques completos al azar (Hicks, 1973). Se fijó un nivel máximo de $P \leq 0.05$ para aceptar diferencia estadística. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete computacional Statistix® 9 (2007).

El modelo matemático (Hicks, 1973) utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}.$$

Donde: Y_{ij} = Variable de respuesta

μ = Media general

β_i = Efecto *i*-ésimo bloque

τ_j = Efecto del *j*-ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error aleatorio (experimental)

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Experimento 1.

Los huevos de los nematodos gastrointestinales encontrados corresponden a los siguientes géneros: *Cooperia* sp (100 %), *Trichostrongylus* sp (71.33 %), *Haemonchus* sp (63.67 %), *Bunostomum* sp (6.67 %), *Oesophagostomum* sp (6.67 %) y *Ostertagia* sp (3.33 %). Los resultados de los géneros de nematodos encontrados en los becerros del presente experimento, corresponden con los observados por una serie de autores en bovinos destinados tanto a la producción de carne como de leche; con *Haemonchus* sp y *Cooperia* sp como los géneros predominantes en México (Olivares *et al.*, 2006); *Haemonchus* sp, *Cooperia* sp y *Trichostrongylus* sp en Brasil (Bianchin y Honer, 1987; Borges *et al.*, 2012); *Haemonchus* sp y *Cooperia* sp en EE.UU. (Gasbarre *et al.*, 2009) y *Cooperia* sp en Alemania, Bélgica y Suecia (Demeler *et al.*, 2009), de ello se desprende que en América los géneros predominantes son *Haemonchus* sp y *Cooperia* sp.

El peso a los 28 días se correlacionó negativamente con el número de hgh de *Haemonchus* sp ($R = -0.42$, $P = 0.03$) y *Trichostrongylus* sp ($R = -0.42$, $P = 0.03$), resultado que concuerda con la afirmación que los nematodos gastrointestinales, *Haemonchus* sp como *Trichostrongylus* sp afectan negativamente el peso final de los animales (Quijada *et al.*, 2008).

En el Cuadro 2. Se muestra el efecto de la alimentación con ET en la cantidad de hgh en becerros al inicio de la engorda en corral. La adición de 0.6% de TH disminuyó ($P = 0.10$) el número de huevos de nematodos, del género *Haemonchus* sp, en tanto que no modificó ($P > 0.20$) el conteo de hgh del resto de los nematodos.

Estos resultados sugieren que la actividad de los TH a una dosis de 0.6% actúan de manera exclusiva sobre los parásitos que habitan en abomaso (*Haemonchus* sp) a diferencia de los que se desarrollan en intestino, y probablemente se deba a que al disociarse los TH del complejo tanino-proteína en las condiciones ácidas del abomaso (Casciola *et al.*, 2009; Beserra *et al.*, 2011), los TH quedan en posibilidad

de asociarse con otras moléculas, como las proteínas de *Haemonchus* sp (Rojas *et al.*, 2012).

Cuadro 2. Influencia de la alimentación con extractos de taninos en la cantidad de huevos de nematodos por gramo de heces en becerros al inicio de la engorda en corral (Experimento 1).

Variables	Tratamientos			EEM	Valor de <i>P</i>
	Testigo	TC	TH		
Becerras	10	9	9		
Días en tratamiento	28	28	28		
Peso corporal, kg					
Día 1	233	221	227	4.644	0.19
Día 28	270	257	262	5.951	0.30
Ganancia diaria de peso, kg día ⁻¹	1.318	1.294	1.222	0.129	0.86
<i>Haemonchus</i> sp, hgh					
Día 1	37	33	17	10.864	0.33
Día 28	53a	62a	22b	15.055	0.10
<i>Cooperia</i> , sp, hgh					
Día 1	120ab	189a	107b	22.217	0.05
Día 28	63	104	57	24.929	0.60
<i>Trichostrongylus</i> sp, hgh					
Día 1	27	28	26	9.337	0.36
Día 28	13	24	6	8.152	0.99
<i>Oesophagostomum</i> sp, hgh					
Día 1	5	0	0	-	-
Día 28	0	0	0	-	-
<i>Bunostomum</i> sp, hgh					
Día 1	3	0	0	-	-
Día 28	0	0	0	-	-
<i>Ostertagia</i> sp, hgh					
Día 1	2	0	0	-	-
Día 28	0	0	0	-	-

La ausencia de efecto de la adición de 0.6% de ET a la dieta en el conteo de hgh de *Cooperia* sp y *Trichostrongylus* sp ambos géneros de parásitos que habitan en el intestino de los becerros, corrobora la información publicada por Corona (2013), en relación a la falta de actividad de ET cuando son proporcionados en dosis bajas; es atribuible a que al acercarse a la neutralidad el pH prevaleciente en la luz intestinal a medida que se avanza desde el duodeno al íleon (Ortiz, 2010; Brake *et al.*, 2014),

los taninos disociados en el abomaso y presentes en el intestino delgado, están en condiciones de reaccionar y formar complejos de nueva cuenta con algunos componentes del quimo, y en consecuencia no estuvieron en condiciones de adherirse a algunas de las proteínas de los nematodos que habitan en ese órgano. Butter *et al.* (2000) indican que se requieren concentraciones de taninos condensados en la dieta de entre 2.5 y 5% para que sea evidente su actividad antiparasitaria.

6.2. Experimento 2

Los huevos de los nematodos gastrointestinales encontrados corresponden a los siguientes géneros: *Haemonchus* sp (82.5%), *Cooperia* sp (75%), *Trichostrongylus* sp (25%) y *Oesophagostomum* sp (15%). Al igual que en el Experimento 1, los géneros predominantes fueron *Haemonchus* sp y *Cooperia* sp, que coinciden como los géneros de nematodos presentes en la mayoría de los estudios realizados en el continente americano (Bianchin y Honer, 1987; Olivares *et al.*, 2006; Gasbarre *et al.*, 2009; Borges *et al.*, 2012).

En el Cuadro 3. Se muestra la influencia de la adición de taninos hidrolizables a la dieta en el conteo de huevos de *Haemonchus* sp en las heces de becerros al inicio de la engorda en corral; en tanto que la influencia en los hgh de *Cooperia* sp se presentan en el Cuadro 4. La adición de 1.5% de TH a la dieta disminuyó ($P = 0.03$) en 74 % el número de hgh del género *Haemonchus* sp; e indujo un decremento en 71 % ($P = 0.04$) de la cantidad de hgh de *Cooperia* sp.

La disminución en el conteo de hgh de *Haemonchus* sp apreciada en el Experimento 2 con una dosis de 1.5 % de TH ($P = 0.03$), concuerda con la reducción en la cantidad de hgh de *Haemonchus* sp observada en el Experimento 1 ($P = 0.10$) con la dosis de 0.6 % de TH; lo que corrobora la actividad de los TH para decrecer la presencia de éste nematodo en los bovinos. A partir de experimentos con rumiantes en pastoreo, varios autores atribuyen la disminución en el conteo de hgh a la capacidad de los TH para unirse con las proteínas de los nematodos, impidiendo procesos vitales como alimentación y reproducción, o bien destruyendo la integridad de la cutícula de los parásitos (Niezen *et al.*, 1995; Otero e Hidalgo, 2004; Casciola *et al.*, 2009; Vázquez *et al.*, 2012).

Cuadro 3. Influencia de la adición de taninos hidrolizables a la dieta en el conteo de huevos de *Haemonchus* sp en las heces de becerros al inicio de la engorda en corral.

Variables	Tratamientos ¹				Valor de P
	Testigo		Taninos Hidrolizables		
	Media	± EE	Media	± EE	
Beceros, n	17		16		
Días en prueba, n	40		40		
Extracto de taninos, g/día	0		83		
Peso día 0, kg	215.9	4.314	208.6	4.446	0.26
Peso día 40, kg	255.5	5.079	246.88	5.235	0.25
Ganancia, kg/día	0.991	0.058	0.955	0.060	0.64
Parasitados día 6, n	17		16		
Parasitados día 34, n	16		11		
Parasitados día 34, %	94.12	9.115	68.75	9.396	0.09
Huevos/g de heces ²					
Día 6	99.61	42.743	104.17	18.911	0.28
Día 34	69.61	18.371	27.08	6.951	0.03

¹ Los tratamientos se ofrecieron durante 28 d continuos, días 6 a 34 de la prueba.

² Los valores que se presentan son el promedio de hgh obtenidos de muestras tomadas los tres días alternados previos al inicio de la prueba (día 6) y tres días posteriores a la fecha en que se dejaron de aplicar los tratamientos (día 34). Los valores de huevos por gramo de heces fueron normalizados, transformados a $\text{Log}_{10}(n + 17)$ antes de ser sometidos al análisis estadístico. Los valores de hgh se presentan antes de su transformación y el Valor de P, es el correspondiente al análisis de los valores una vez transformados.

En experimentos con ovinos, a los que se les proporcionó una dosis de 3 g kg PV⁻¹ de extracto metanólico de *Terminalia arjuna* que contenía taninos condensados y ácido elálgico, disminuyó en 87 % los hgh de *Haemonchus* sp (Bachaya *et al.*, 2009), en el actual experimento la disminución fue del 74 %, con una dosis equivalente a 0.36 g TH kgPV⁻¹.

A diferencia de los resultados del experimento 1, en que la dosis de 0.6 % de TH no modifico ($P > 0.20$) el conteo de hgh de *Cooperia* sp; la disminución ($P = 0.04$) en la cantidad hgh de este nematodo en el Experimento 2, sugiere que de alguna manera la actividad antihelmíntica de los TH es dosis dependiente, de manera similar a lo

apreciado con extractos de taninos condensados y ácido elálgico con nematodos en ovinos (Bachaya *et al.*, 2009).

Cuadro 4. Influencia de la adición de taninos hidrolizables a la dieta en el conteo de huevos de *Cooperia* spp en las heces de becerros al inicio de la engorda en corral.

Variables	Tratamientos ¹				Valor de <i>P</i>
	Testigo		Taninos Hidrolizables		
	Media	± EE	Media	± EE	
Beceros, n	16		14		
Días en prueba, n	40		40		
Extracto de taninos, g/día	0		83		
Peso día 0, kg	217.63	4.046	205.71	4.325	0.06
Peso día 40, kg	257.94	4.992	244.64	4.337	0.08
Ganancia, kg/día	1.008	0.061	0.973	0.065	0.70
Parasitados día 6, n	16		14		
Parasitados día 34, n	14		9		
Parasitados día 34, %	87.50	10.527	64.29	11.253	0.09
Huevos/g de heces ²					
Día 6	160.42	50.133	135.71	53.594	0.94
Día 34	121.88	32.127	39.29	34.345	0.04

¹ Los tratamientos se ofrecieron durante 28 d continuos, días 6 a 34 de la prueba.

² Los valores que se presentan son el promedio de hgh obtenidos de muestras tomadas los tres días alternados previos al inicio de la prueba (día 6) y tres días posteriores a la fecha en que se dejaron de aplicar los tratamientos (día 34). Los valores de huevos por gramo de heces fueron normalizados, transformados a $\text{Log}_{10}(n + 17)$ antes de ser sometidos al análisis estadístico. Los valores de hgh se presentan antes de su transformación y el Valor de *P*, es el correspondiente al análisis de los valores una vez transformados.

La disminución del conteo de hgh tanto de *Haemonchus* sp como de *Cooperia* sp como resultado de la inclusión de 1.5 % de TH a la dieta fue corroborada por los resultados de la prueba de *t*-pareada, la cual indicó que los valores de hgh en el grupo testigo fueron similares ($P > 0.30$) antes y después de la aplicación de los tratamientos, en tanto que en los animales que recibieron los TH existió una disminución evidente en el conteo de hgh ($P < 0.01$).

VII. CONCLUSIÓN

La adición de extracto de TC en dosis bajas no parece manifestar efecto antihelmíntico en los bovinos; la adición de extracto de TH en dosis de 0.6% de la dieta decrece la cantidad de hgh de *Haemonchus* sp, en tanto que se requiere una concentración de 1.5 % de TH para que manifieste su actividad contra nematodos intestinales como *Cooperia* sp en los becerros al inicio de la engorda en corral.

VIII. LITERATURA CITADA

- Arévalo, P. 2008. Taninos condensados en especies forrajeras y sus efectos en la productividad animal. *Revista Electrónica Nutritime* 5: 584-591.
- Armijos, N.I. 2013. Prevalencia de parásitos gastrointestinales de bovinos que se sacrifican en el camal municipal de Santa Isabel. Tesis de Licenciatura. Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Barragán, S.A y G.G. Pertuz. 2006. Prevalencia de parásitos gastrointestinales y pulmonares en terneros lactantes pertenecientes a explotaciones ganaderas del noroccidente del municipio de Majagual, Sucre. Tesis de Licenciatura. Universidad de Sucre, Colombia.
- Beserra, L.M., C.M. Leal, S. Maia, A.L. Fernades, L.T. Freitas. 2011. Plantas taaniferas e o controle de nematoides gastrintestinais de pequenos ruminantes. *Ciencia Rural* 41: 1967-1974.
- Bianchin, I. and M.R. Honer. 1987. Helmint parasites of beef cattle in the Cerrado region of Brazil. *Trop. Anim. Health Prod.* 19:39-45.
- Borges, F.A., G.D. Almeida, R.P. Heckler, R.L. Lemes, M.K.V. Onizuka and D.G.L. Borges. 2012. Anthelmintic resistance impact on tropical beef cattle productivity: effect on weight gain of weaned calves. *Trop. Anim. Health Prod.* 44:280-284.
- Butter, N.L., J.M. Dawson, D. Wakelin and P.J. Buttery. 2000. Effect of dietary tannin and protein concentration on nematode infection (*Trichostrongylus colubriformis*) in lambs. *The Journal of Agricultural Science.* 134:89-99.
- Carretero, M.E. 2000. Compuestos fenólicos. *Panorama Actual Med* 24: 33-636.
- Casciola, W., M. De la Iglesia, M. Favaro, M. Lamboglia, S. Uberti, J. Sosa, E. Reggiardo, I. Nescier, E. Elizalde, E. Fernández, C. Boggero. 2009. Estudio del efecto de los taninos condensados sobre la producción y composición de la leche de oveja. *Revista FAVE – Ciencias Agrarias* 8:29-34.
- 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.
- Corona, M. B. 2013. Influencia de la adición de extracto de taninos en la carga por parásitos gastrointestinales y la respuesta productiva de becerros recién llegados al corral de engorda. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México.

- Craig, T. M. 1988. Impact of internal parasites on beef cattle. *J. Anim. Sci.* 66:1565-1569.
- Dabiri, N. and M. L. Thonney. 2004. Source and level of supplemental protein for growing lambs. *J. Anim. Sci.* 82:3237-3244.
- Demeler, J., A. M. J. Van Zeveren, N. Kleinschmidt, J. Vercruyssen, J. Höglund, R. Koopmann, J. Cabaret, E. Clarebout, M. Areskog, and G. von Samson-Himmelstjerna. 2009. Monitoring the efficacy of ivermectin and albendazole against gastro intestinal nematodes of cattle in Northern Europe. *Veterinary Parasitology* 160:109-115.
- Díaz, R., A. Hernandez, A. Garcia y L. Ramirez-Iglesia. 2001. Excrecion de occistos de *Eimeria* spp durante los tres primeros meses de vida en becerros de fincas lecheras del occidente de Venezuela. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 11:207-212.
- Enríquez V. I., N. Castro, S. Castro, C. Barraza, D. Solís, J. Borbolla, S. Sicairos, A. Ascensio, H. López, I. Quintero, S. Sanchez, J. Freer. 2009. Parásitos Gastrointestinales presentes en explotaciones ganaderas de bovinos en Navolato y Culiacán, Sinaloa. *Memorias VIII Congreso nacional de Parasitología Veterinaria. AMPAVE. 26-28 octubre de 2009. Mérida, Yucatán, Mexico. Pag. 208.*
- Fluharty, F. L. and S. C. Loerch, 1995. Effects of protein concentration and protein source on performance of newly arrived feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 73:1585-1594.
- Fluharty, F. L. and S. C. Loerch, 1996. Effects of dietary energy source and level on performance of newly arrived feedlot calves. *J. Anim. Sci.* 74:504-513.
- García, E. 1981. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. 3ª ed. México D.F.
- Gasbarre, L.C., L.L. Smith, J.R. Lichtenfels and P.A. Pilitt. 2009. The identification of cattle nematode parasites resistant to multiple classes of anthelmintics in a commercial cattle population in the US. *Veterinary Parasitology*.166:281-285.
- Hicks, C.R. 1973. *Fundamental Concepts in the Design of Experiments*. Holt, Reinhart and Wiston, New York.
- Hutcheson, D.P. and N.A. Cole, N.A. 1986. Management of transit-stress syndrome in cattle: nutritional and environmental effects. *J. Anim. Sci.* 62:555-560.
- INEGI, 2009. *Anuario Estadístico del Estado de Sinaloa*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática. Aguascalientes, Ags. México.

- Játiva, S.D. 2011. Determinación del contenido de tanino procedente del guarango (*Caesalpinea spinosa*) y evaluación de su uso como fungicida. Tesis de Licenciatura. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- López, S.A. 2008. Engorde de bovinos en feedlot: en búsqueda de alternativas para aumentar rentabilidad. *Producir XXI*, Bs. As.16:36-43.
- Min, B.R. and S.P. Hart. 2003. Tannins for suppression of internal parasites. *J. Anim. Sci*, 81:102-109.
- Montalvo-Aguilar, X., Ma. E. López, V. Vázquez, E. Liebano, P. Mendoza de Gives. 2006. Resistencia antihelmíntica de nematodos gastroentéricos en ovinos a febendazol e ivermectina en la región noroeste del estado de Tlaxcala. *Tec. Pec. Méx.* 44:81-90.
- Moreno, F.C., I.J. Gordon, A.D. Wright, M.A. Benvenuti, C.A. Saumell. 2010. Efecto antihelmíntico *in vitro* de extracto de plantas sobre larvas infectantes de nematodos gastrointestinales de rumiantes. *Arch. Med. Vet.* 42:155-163.
- NRC. 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle (7th Revised Ed.)*. National Academy Press, Washington, D.C.
- Nogueira, S. C. 2011. Suplementación con mezcla comercial de taninos de quebracho y castaño en vacas lecheras [en línea]. Trabajo Final. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/suplementacion-mezcla-comercial-taninos-quebracho.pdf>. [05 de Junio de 2013].
- Olivares, P.J., G. Segura, M.T. Valencia. 2006. Prevalencia de nematodos gastroentéricos en terneros predestete del trópico de Guerrero, México, durante la época lluviosa. *RED-VET Vol.* 7:1-5.
- Ortiz, C.M. 2010. Mecanismos de acción de las plantas ricas en taninos sobre la población adulta de nematodos gastrointestinales de los pequeños rumiantes. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Otero, M.J. y L.G. Hidalgo. 2004. Taninos condensados en especies forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes afectados por parasitosis gastrointestinales. *Sitio Argentino de Producción Animal.* 16:1-11.
- Quijada J., A. Bethencourt, A. Pérez, I. Vivas y P. Salcedo. 2008. A Distribución y abundancia de los huevos de estróngilos digestivos en bovinos infectados naturalmente. *Rev. MVZ Córdoba* 13:1280-1287.

- Ramos, G., P. Frutos, J. Giráldez, A.R. Mantecón. 1998. Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. Arch. Zootec. 47: 597-620.
- Rodríguez, V. R., J.F. Torres, G. Ramírez, J.A. Rosado, A.J. Aguilar, M.M. Ojeda, M.E y Bolio. 2011. Control de Parásitos internos y externos que afectan al ganado bovino en Yucatán, México. Manual Técnico. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Rodríguez-Vivas, R.I., L. A. Cob-Galera y J.L. Domínguez-Alpizar. 2001. Frecuencia de parásitos gastrointestinales en animales domésticos diagnosticados en Yucatán, México. Rev. Biomed. 12:19-25.
- Rojas N., J. Arece, M. Carrión, K. Pérez, C. San Martín, P. Valerino y W. Ramírez. 2012. Identificación y caracterización de especies de *Haemonchus* en caprinos del valle del Cauto en Granma. RED-VET 13:1-10.
- Romero, C.E. 2000. Efecto del pastoreo con ovinos sobre la concentración de taninos condensados en *Gliricidia sepium* (Jacq) Walp en el trópico seco. Tesis de Maestría. Universidad de Colima. Colima, México.
- Sandoval, E., Morales G, Ybarra N, Barrios, M, Borges, J. 2011. Comparación entre dos modelos diferentes de cámaras de McMaster empleadas para el conteo coproscópico en el diagnóstico de infecciones por nemátodos gastroentéricos en rumiantes. Zootecnia Trop 29: 495-501.
- Solano, V.H. 1997. Efecto de diferentes concentraciones de taninos sobre la flora microbiana ruminal y en la degradabilidad *in vitro* del forraje de alfalfa. Facultad de Agronomía. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
- Statistix. 2007. Statistix User's Manual, Release 9.0. Analytical Software, Tallahassee, FL.
- Torres, A.J.F., M.A. Alonso, H. Hoste, C.A. Sandoval, A.J. Aguilar. 2008. Efectos negativos y positivos del consumo de forrajes ricos en taninos en la producción de caprinos. Tropical and Subtropical Agroecosystems 9:83-90.
- Vázquez, A.A., E. Alvaréz, J.A. López, A. Wall, L.A. De la rosa. 2012. Taninos hidrolizables y condensados: naturaleza química, ventajas y desventajas de su consumo. Tecnociencia Chihuahua 6:84-93.