

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**



TESIS

**INFLUENCIA DEL NIVEL ADICIONAL DE EXTRACTOS DE TANINOS
A LA DIETA EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE CORDEROS EN
ENGORDA**

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTA

ELMER BENJAMÍN BONILLA VALVERDE

DIRECTOR DE TESIS:
DR. JAVIER ALONSO ROMO RUBIO

CO-DIRECTOR:
DR. LEOPOLDO RAÚL FLORES AGUIRRE

CULIACÁN DE ROSALES, SINALOA; FEBRERO DE 2016

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR ELMER BENJAMÍN BONILLA VALVERDE,
BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA; Y FUE
APROBADA POR EL MISMO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR DE TESIS

DR. JAVIER ALONSO ROMO RUBIO

CO-DIRECTOR DE TESIS

DR. LEOPOLDO RAÚL FLORES AGUIRRE

ASESOR

DR. RUBÉN BARAJAS CRUZ

ASESOR

MC. JUAN JOSÉ LOMELÍ GÓMEZ

CULIACÁN DE ROSALES, SINALOA; FEBRERO DE 2016

DR. JORGE FABIO INZUNZA CASTRO
PRESIDENTE DEL COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
PRESENTE.-

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

**INFLUENCIA DEL NIVEL ADICIONAL DE EXTRACTOS DE TANINOS A LA DIETA
EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE CORDEROS EN ENGORDA**

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

C. ELMER BENJAMÍN BONILLA VALVERDE

Fue 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.

Atentamente

Culiacán de Rosales, Sinaloa; Febrero de 2016.

Dr. Rubén Barajas Cruz
Presidente

MC Juan José Lomelí Gómez
Secretario

Dr. Javier Alonso Romo Rubio
Vocal A

Dr. Leopoldo Raúl Flores Aguirre
Vocal B

DEDICATORIA

A mis padres Lorenzo y Martina, por apoyarme en cada momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida.

A mis hermanos por ser parte importante en el desarrollo de mi vida y representar la unidad familiar.

A mis familiares por estar conmigo, por su apoyo incondicional.

A mis amigos y compañeros de maestría por brindarme su apoyo y conocimiento cuando más lo necesite en el transcurso de esta etapa de mi vida.

A mi amiga Cinthya por convencerme de estudiar la maestría y darme su apoyo incondicional en los momentos más difíciles.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Sinaloa, al Colegio de Ciencias Agropecuarias y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por darme la oportunidad de incursionar en la investigación científica.

A mi director de tesis, Dr. Javier Alonso Romo Rubio por ser un ejemplo de dedicación y perseverancia en la investigación científica, también por darme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia científica para llevar a cabo este trabajo.

A mi codirector de tesis, Dr. Leopoldo Raúl Flores Aguirre por su apoyo incondicional, durante todo este tiempo y sobre todo porque siempre se dio tiempo para hacer pertinentes observaciones que ayudaron en mi formación personal y profesional.

A mis asesores Dr. Rubén Barajas Cruz y MC Juan José Lomelí Gómez, por su apoyo e invaluable enseñanza.

A mis amigos Juan Manuel Romo Valdez, Rubén Aguirre Meza, Luis Roberto Camacho González, Cinthya B. Romo Barrón por sus recomendaciones y consejo en el transcurso de la maestría.

A mis maestros, por su dedicación y por compartir sus conocimientos y experiencias.

Al CONACYT, por su valiosa aportación económica durante mis estudios de maestría.

CONTENIDO

ÍNDICE	PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. Características generales de los taninos.....	2
2.1.1. Taninos hidrolizables.....	2
2.1.2. Taninos condensados.....	3
2.2. Propiedades químicas de los taninos.....	3
2.3. Efecto de los taninos en la alimentación de rumiantes.....	4
2.4. Efecto de los taninos en el consumo voluntario de alimento.....	6
2.5. Efecto de los taninos en la digestibilidad de la proteína y la materia seca.....	8
2.6. Niveles de taninos en la respuesta productiva de rumiantes.....	9
III. HIPÓTESIS.....	10
IV. OBJETIVOS.....	11
V. MATERIAL Y MÉTODOS.....	12
5.1. Ubicación geográfica.....	12
5.2. Diseño experimental y tratamiento.....	12
5.3. Manejo general de los corderos.....	13
5.4. Procedimiento experimental.....	13
5.5. Análisis estadístico.....	14
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
VII. CONCLUSIONES.....	19
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	23

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	TÍTULO	PÁGINA
1	Composición en base seca de la dieta que se utilizó en el experimento	13
2	Influencia del nivel de extracto de tanino en la dieta de corderos de pelo en el crecimiento y engorda.....	20

ÍNDICE DE FIGURAS

CUADRO	TÍTULO	PÁGINA
1	Influencia del nivel de adición de extracto de taninos a la dieta en la ganancia de peso de corderos en engorda, valores expresados como proporción porcentual de la mejora en relación con su respectivo Testigo.....	21
2	Influencia del nivel de adición de extracto de taninos a la dieta en la conversión alimenticia de corderos en engorda, valores expresados como proporción porcentual de la mejora en relación con su respectivo Testigo.....	22

RESUMEN

INFLUENCIA DEL NIVEL ADICIONAL DE EXTRACTOS DE TANINOS A LA DIETA EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE CORDEROS EN ENGORDA

Elmer Benjamín Bonilla Valverde

Cuarenta y ocho corderos de pelo Pelibuey x Katahdin con un peso de $21.3 \pm$ DE 3.23 kg fueron utilizados en un experimento de 70 días para determinar la influencia de la suplementación del nivel de extracto de taninos a la dieta rendimiento corderos de pelo en engorda. Los animales fueron bloqueadas por el peso inicial y en grupos de tres, los corderos se colocaron en 16 corrales elevados con piso de plástico (1.5 x 1.6 m). En un diseño de bloques completos al azar, dentro de un bloque, los tratamientos fueron asignados aleatoriamente a uno de cuatro corrales. Los tratamientos fueron: 1) Una dieta con 92% de concentrado (14% PC; 2.07 Mcal de ENm/kg) formulado con grano de maíz y harina de soya sin adición de extracto de taninos (testigo); 2) testigo y la suplementación con 0.15% (BS) de extracto de taninos (ET15); 3) testigo más 0.3% (BS) de extracto de taninos (ET 30); y 4) testigo añadió con 0.45% (BS) de extracto de taninos (ET45). Los corderos fueron alimentados dos veces al día. El extracto de taninos se suministró como una mezcla de taninos condensados e hidrolizables obtenidos de quebracho y castaños (Silvafeed-Bypro®; SilvaTeam-Inudor, SA, Argentina). Los resultados fueron analizados por ANDEVA para un diseño de bloques completos al azar, y la influencia del nivel de ET en las variables de rendimiento se exploró usando polinomios ortogonales. El corral fue utilizado como la unidad experimental. Se observaron respuestas cuadráticas al nivel de adición de ET sobre el peso final y ganancia diaria de peso ($P = 0.05$), los valores medios de GDP fueron 0.214, 0.242, 0.236 y 0.220 kg/día para los tratamientos testigo, ET15, ET30 y ET45, respectivamente. El consumo de materia seca no fue afectada por los tratamientos ($P = 0.38$). La conversión alimenticia (relación consumo ganancia) respondió de una forma cuadrática ($P < 0.01$) al nivel de suplementación de extracto de taninos, con valores medios de 4.61, 4.06, 4.25 y 4.75 kg de MSC/kg de ganancia, para los tratamientos que tenían niveles de 0, 0.15, 0.30, y 0.45% de extracto de tanino en la MS de la dieta, respectivamente. El análisis de regresión cuadráticas sugieren que la mejor respuesta puede encontrarse con un nivel de adición de 0.2% ($R^2 = 0.75$; $p < 0.01$). Se concluye, que la adición de extracto de tanino a la dieta mejora de forma cuadrática el rendimiento corderos de pelo en engorda y finalización y el mejor nivel de suplementación podría estar cerca de 0.2% de la materia seca de la dieta.

Palabras clave: respuesta productiva, cordero, extracto de taninos.

ABSTRACT

INFLUENCE OF ADDITIONAL TANNIN EXTRACT LEVEL ON FEEDLOT PERFORMANCE OF FINISHING HAIR LAMBS

Forty eight Pelibuey x Katahdin hair lambs weighing $21.3 \pm \text{SD } 3.23$ kg were used in a 70 day experiment to determine the influence of tannins extract level supplementation on feedlot performance of finishing hair lambs. Animals were blocked by initial weight and in groups of three, lambs were placed in 16 plastic floor pens elevated (1.5 x 1.6 m). In a complete randomized block design, within a block, the treatments were randomly assigned to one of four pens. The treatments were: 1) A 92% concentrate diet (14% CP; 2.07 Mcal of NEm/kg) formulated with corn grain and soybean meal without addition of tannins extract (CTRL); 2) CTRL and supplementation with 0.15% (DM basis) of tannins extract (TE15); 3) CTRL plus 0.3% (DM basis) of tannins extract (TE30); and 4) CTRL added with 0.45% (DM) of tannins extract (TE45). Lambs were fed twice a day. Tannins extract was supplied as a condensed and hydrolysable tannins-blend obtained from quebracho and chestnut trees (Silvafeed-Bypro®; SilvaTeam-Inudor, S.A., Argentina). Results were analyzed by ANOVA for a complete randomized block design, and the influence of TE level on performance variables was explored using polynomial contrasts. Pen was used as the experimental unit. Quadratic responses to TE level supplementation on final weight and average daily gain were observed ($P = 0.05$), mean values of ADG were 0.214, 0.242, 0.236, and 0.220 kg/d for CTRL, TE15, TE30, and TE45 treatments, respectively. Dry matter intake was not affected by treatments ($P = 0.38$). Feed conversion (feed/gain ratio) responded in a quadratic form ($P < 0.01$) to tannin extract supplementation level, with mean values of 4.61, 4.06, 4.25, and 4.75 kg of DMI/kg of gain, for treatments containing 0, 0.15, 0.30, and 0.45% of tannin extract in dietary DM, respectively. Quadratic regression analyses suggest that better response may be found with TE 0.2% supplementation level ($R^2 = 0.75$; $P < 0.01$). It is concluded, that addition of tannin extract to the diet improves in a quadratic manner the feedlot performance of finishing hair lambs, and the better supplementation level could be close to 0.2% of dietary dry matter.

Keywords: Feedlot-performance, Lambs, Tannins.

I. INTRODUCCIÓN

El aumento en la cantidad de proteína metabolizable que llega al intestino, permite incrementar el desempeño productivo de los rumiantes (NRC, 2000). Una estrategia para lograr dicho propósito es disminuir la cantidad de proteína que es degradada por la micro-biota en el rumen; se ha propuesto que el uso de los taninos puede contribuir a ello (Barry y McNabb, 1999). Los taninos son compuestos polifenólicos producto del metabolismo secundario de las plantas (Cowan, 1999), que tienen la capacidad de formar complejos estables con las proteínas de los ingredientes de la dieta en condiciones de pH que oscilan entre 3.5 a 7, como los prevalientes en el rumen (Frutos *et al.*, 2004), en tanto que cuando el pH es menor a 3.5 como ocurre en el abomaso, el complejo tanino-proteína se disocia (Mueller-harvey y McAllan, 1992), y entonces la proteína queda en condiciones de ser digerida, lo que implica un aumento neto en la cantidad de aminoácidos disponibles para ser absorbidos (Barry y McNabb, 1999).

En los últimos años, los resultados de una serie de experimentos sugieren que la adición de cantidades moderadas de extracto de taninos a la dieta en proporción cercana al 0.3 % de la MS contribuyen a mejorar la ganancia de peso en los rumiantes en condiciones de engorda intensiva (Camacho *et al.*, 2011; Barajas *et al.*, 2011b; Barajas *et al.*, 2012). Sin embargo, no se ha explorado el impacto de la inclusión de extracto de taninos en cantidades por debajo del 0.3 % de la dieta en el desempeño productivo de los animales, por lo que no es claro el nivel de adición de taninos a la dieta en el cual se puede esperar el mayor impacto en el desempeño productivo de los rumiantes en engorda.

Esta investigación se llevó a cabo con el objetivo de determinar la influencia del nivel adicional de extracto de taninos a la dieta en la respuesta productiva de corderos en engorda.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Características generales de los taninos.

Los taninos están presentes en muchos alimentos tales como leguminosas forrajeras y plantas éstos son metabolitos secundarios que las plantas producen como mecanismo de defensa contra depredadores. Su nombre proviene de la palabra francesa “tan” es decir, la corteza de la encino y otros árboles utilizados en el curtido de pieles (Frutos *et al.*, 2004). Se clasifican en taninos hidrolizables y taninos condensados; se considera que éstos tienen efectos positivos o negativos en la alimentación de rumiantes en función de su naturaleza y concentración, lo que depende de otros factores, tales como especie animal, estado fisiológico del animal y la composición de la dieta (Makkar, 2003).

2.1.1. Taninos hidrolizables.

Los taninos hidrolizables (TH) se componen de un núcleo de hidrato de carbono, cuyos grupos hidroxilo están esterificados con ácidos fenólicos (principalmente ácido gálico). Estos compuestos pueden ser separados en sus productos por hidrólisis, con ácidos o reacciones enzimáticas (Solano, 1997). Son potencialmente tóxicos para los rumiantes, y se clasifican en galotaninos y elagitaninos (Araujo, 2008). Con una cantidad de 1.5 – 2 % de la ración (18 g/día), es suficiente para reducir el consumo en ovejas en pastoreo (Kumar y Vaithyanathan, 1990). El metabolismo microbiano y la digestión gástrica convierten a los TH en metabolitos de bajo peso molecular de fácil absorción, algunos de estos compuestos son tóxicos; 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 síntomas de una intoxicación por taninos, además del daño hepático y renal, son ictericia, fotosensibilización, dolor abdominal y deshidratación (Lasa *et al.*, 2012).

2.1.2. Taninos condensados.

Los taninos condensados (TC) o proantocianidinas, son polímeros no ramificados de unidades de flavonoides, con un peso molecular más alto que los TH, 1000 -20,000

Da, en comparación con 500 – 3000 Da de los TH (Frutos *et al.*, 2004). Los TC son los más comunes y se encuentra en leguminosas forrajeras, árboles y arbustos (Pawelek *et al.*, 2007); son probablemente los metabolitos secundarios más estudiados en la alimentación animal, ya que están ampliamente distribuidos en las plantas y se han informado efectos positivos y negativos en la alimentación animal (Frutos *et al.*, 2000). A concentraciones de 6-10 % de la MS deprimen el consumo voluntario y la palatabilidad de las especies forrajeras, también reducen la digestibilidad de la materia seca, materia orgánica, fibra, proteína y de los carbohidratos, y por consiguiente, afectan negativamente el desempeño productivo de los animales (Otero e Hidalgo, 2004). Los efectos de los TC dependen en gran medida del tipo de tanino, ya que éstos comprenden un grupo muy diverso de compuestos fenólicos (Hervás *et al.*, 2004); sin embargo, a bajas concentraciones pueden conferir ventajas nutricionales a los rumiantes, mediante la reducción de la degradación de las proteínas en el rumen, aumentando su flujo al intestino y la disponibilidad de aminoácidos a este nivel (Barry y McNabby, 1999). Otros beneficios incluyen la prevención del meteorismo en el ganado, así como la reducción del impacto negativo de los nematodos intestinales y sus estadios larvarios (Priolo *et al.*, 2000).

2.2. Propiedades químicas de los taninos

La afinidad de los taninos por las proteínas es por la presencia de grupos fenólicos que proveen puntos para la formación de enlaces con los grupos carbonilo de los péptidos (Hagerman *et al.*, 1992). La reactividad y afinidad de las uniones tanino-proteína está determinada por el tipo, concentración, estructura y peso molecular del tanino, así como por el grado de polimerización, conformación y peso molecular de la proteína (Hagerman y Butler, 1991). Las proteínas con una alta concentración del aminoácido prolina y con una estructura tridimensional abierta y flexible, muestran una mayor afinidad por los taninos, en comparación con las proteínas globulares (Haslam, 1994). Kumar y Singh (1984) sugirieron que la formación de los complejos taninos-proteínas podrían producirse mediante cuatro tipos de enlace: 1) Puentes de hidrógeno entre los radicales del hidroxilo de los grupos fenólicos y el oxígeno del

grupo carbonilo y amino del enlace peptídico; este enlace es reversible y dependiente del pH; 2) Interacciones hidrofóbicas entre el anillo aromático del compuesto fenólico y las regresiones hidrofóbicas de la proteína, reversibles y dependientes de pH; 3) Enlaces iónicos (reversibles) entre el ion fenolato y el catión de la proteína; este tipo de enlace es prácticamente exclusivo de los TH pues cuando el pH es neutro o ligeramente ácido, existen grupos cargados eléctricamente como consecuencia de la hidrólisis de este tipo de taninos. Para los TC la disociación de los grupos hidroxilo de los compuestos fenólicos se producen en un pH muy alcalino; 4) Enlaces covalentes irreversibles formados por la oxidación de los polifenoles a quinonas y la subsiguiente condensación con el grupo nucleofílico de la proteína.

2.3. Efecto de los taninos en la alimentación de rumiantes.

Los taninos tienen la capacidad de ligarse a las proteínas e inhibir la actividad de algunos sistemas enzimáticos, como la carboximetil-celulasa, proteasas y glutamato-deshidrogenasa; también se unen a la adhesina microbiana, y forman complejos con la pared de las células vegetales (Cowan, 1999). Los TC se ligan a las proteínas influenciados por el pH, cuando éste se encuentra entre ligeramente ácido a neutro, como en las condiciones del rumen, aumentando la posibilidad de que se formen complejos estables tanino-proteína. Las condiciones de pH ácido ($\text{pH} < 3.5$) del abomaso y al inicio del duodeno, disocian los puentes de hidrógeno entre los taninos y las proteínas, lo que posibilita su digestión a nivel de intestino delgado (Frutos *et al.*, 2004).

La utilización de TC en la dieta de rumiantes para proteger a la proteína de la pasta de soya de la degradación ruminal, mejora la utilización del nitrógeno en los rumiantes (Velázquez, 2013). El efecto de los taninos sobre la degradación de la proteína consiste en una reducción de la fracción inmediatamente degradable, disminuyendo el ritmo fraccional de la degradación (Foley *et al.*, 1999). Aunque la acción de los taninos en el rumen se ejerce esencialmente sobre las proteínas, también se han observado efectos sobre los carbohidratos, particularmente la hemicelulosa, la celulosa, el almidón y las pectinas (Schofield *et al.*, 2001). Los taninos disminuyen la degradación ruminal de diferentes componentes de la dieta,

sin embargo, los mecanismos por los cuales se lleva a cabo esta acción no están claros, aunque se identifican tres mecanismos básicos: privación del sustrato (Scalbert, 1991), inhibición enzimática (Barry y Manley, 1984) y acción directa sobre los mecanismos ruminales (Leinmüller *et al.*, 1991).

1) Privación del sustrato: los taninos pueden disminuir o impedir la capacidad de las bacterias ruminales para adherirse a las paredes vegetales, evitando su posterior degradación (Aharoni *et al.*, 1998). La presencia de taninos provoca una precipitación de las enzimas extracelulares de los microorganismos ruminales, impidiendo la adhesión a los alimentos (Barry y Manley, 1984); también se ha reportado que la presencia de estos compuestos en el rumen disminuye la actividad fermentativa y la multiplicación celular, debido a que los taninos forman complejos con proteínas y carbohidratos, haciéndolos así inaccesibles para los microorganismos ruminales (Driedger y Hatfield, 1972).

2) Inhibición enzimática: se ha observado que los taninos reaccionan con las enzimas microbianas, inhibiendo o disminuyendo su actividad, impidiendo el transporte de nutrientes, retrasando con esto el crecimiento microbiano (Molan *et al.*, 1998), e incluso, modificando la proporción de las distintas especies que componen la población microbiana del rumen (McSweeney *et al.*, 2001). La presencia de taninos en el rumen altera la actividad de diferentes enzimas bacterianas (proteolíticas y celulolíticas), aunque la unión de los taninos con las enzimas bacterianas o endógenas no implica que haya una disminución de su actividad (Makkar *et al.*, 1988). Uno de los principales efectos de los taninos sobre la fibra es el retraso de su fermentación, esto puede deberse a la formación de complejos entre los taninos con lignocelulosas o debido a la inhibición de los microorganismos celulolíticos, o ambos. Con respecto a las proteínas McSweeney *et al.* (2001) observaron que los taninos inhiben el crecimiento de diversas bacterias proteolíticas como *Butyrivibrio fibrisolens*, *Ruminobacter amilophilus* y *Streptococcus bovis*. (Jones *et al.*, 1994) Sin embargo, Molan *et al.* (2001) sugirieron que existen bacterias ruminales, tanto proteolíticas como celulolíticas, que continúan su actividad si la concentración de taninos no es muy elevada.

3) Efecto sobre los microorganismos ruminales: los taninos también pueden actuar directamente sobre los microorganismos ruminales, ya sea produciendo cambios en la permeabilidad de sus membranas, o bien induciendo deficiencias nutritivas, provocando una reducción del ritmo de crecimiento y de reproducción de los microorganismos y por esto disminuir la actividad fermentativa en el rumen (Scalbert, 1991). Sin embargo, se ha observado que algunos microorganismos del rumen podrían llegar a tolerar la presencia de taninos (Skene y Brooker, 1995); en tal sentido, diversas especies de bacterias ruminales responden a la presencia de taninos mediante la inducción de cambios morfológicos (Bae *et al.*, 1993). La toxicidad que los taninos puedan llegar a ejercer en el rumen puede ser contrarrestada en parte por el desarrollo de distintos mecanismos de defensa, estos podrían estar relacionados con la síntesis de enzimas resistentes a estos compuestos, con la inducción de enzimas capaces de degradar los taninos (Skene y Brooker, 1995), con la secreción de compuestos que se unen a los taninos neutralizando su acción (Scalbert, 1991) o con la síntesis de un glucocálix o matriz extracelular de polisacáridos (Chiquette *et al.*, 1988).

2.4. Efecto de los taninos en el consumo voluntario de alimento.

Contenidos elevados de taninos, cercanos al 4 % de la materia seca en el forraje consumido por los ovinos, provoca una clara disminución en el consumo de alimento (Carulla *et al.*, 2001). Los TH, con una cantidad entre 1.5 - 2 % de la ración (18 g/día), es suficiente para reducir el consumo en ovejas en pastoreo (Kumar y Vaithyanathan, 1990).

La palatabilidad del alimento disminuye debido a que los taninos son astringentes, ya que se unen a las proteínas salivales y se adhieren a las membranas mucosas de la boca, lo que disminuye la aceptación de la ración (Lasa *et al.*, 2012). La astringencia es la sensación causada por la formación de complejos entre taninos y glicoproteínas de las glándulas salivares, aumentando la salivación y disminuyendo la palatabilidad (Otero e Hidalgo, 2004). Nudda *et al.* (2010), observaron que la adición de 0.6 y 1.2% de taninos hidrolizables de castaño provocaron una disminución del 10 y 25 % del consumo de alimento en las ovejas, respectivamente. Sin embargo, la adición intra

ruminal de 0.3 y 1.6 % de taninos condensados de quebracho, sólo disminuyó el consumo de alimento durante los cinco días posteriores, pero una vez pasado este periodo, el nivel de consumo de las ovejas fue similar a las que no recibieron taninos adicionales en su dieta (Hervás *et al.*, 2003). Por su parte Salem *et al.* (2001) observaron, en un experimento realizado con ganado ovino y caprino que consumieron alfalfa tratada con quebracho (50 g/kg MS), una mayor producción de saliva parótidea en ambas especies, lo cual podría ser un mecanismo importante para neutralizar los efectos negativos de los taninos.

Existen tres mecanismos por los cuales los taninos pueden reducir el consumo voluntario:

1) Reducción de la palatabilidad, causada por una reacción entre los taninos y las mucoproteínas de la saliva o directamente con los receptores gustativos (Wong, 1973), provocando astringencia, lo que aumenta la producción de saliva, reduce la palatabilidad y la ingestión de alimento (Butter *et al.*, 1999).

2) Reducción de la degradación de la materia seca, aumentando el tiempo de vaciado del tracto digestivo, generando signos de repleción, lo cual actúa como una retro señal sobre los centros nerviosos que controlan la ingestión de alimento (Kumar y Vaithyanathan, 1990). Waghorn *et al.* (1994) señalaron que la reducción de la digestión constituye el factor de mayor influencia sobre la disminución del consumo voluntario comparado con la reducción de la palatabilidad.

3) Desarrollo de aversiones condicionadas. Este mecanismo de reducción del consumo de alimentos que contienen taninos, o cualquier otro compuesto que resulte tóxico para el animal, provoca consecuencias negativas post-prandiales con su ingestión y una consecuente aversión condicionada (Launchbaugh *et al.*, 2001). Por su parte Waghorn (1996) señaló que uno de los principales efectos en los rumiantes cuando se alimentan con forrajes con un alto contenido de taninos condensados (por encima de 60 g/kg de MS), es el desarrollo a una aversión condicionada a dicho alimento.

2.5. Efecto de los taninos en la digestibilidad de la proteína y la materia seca.

La adición de 0.5 % de taninos en dietas para ovinos aumenta la actividad fermentativa ruminal lo cual permite la proliferación de bacterias ruminales tolerantes a los compuestos fenólicos (Ammar *et al.*, 2009). McAllister *et al.* (1994) estimaron una relación negativa entre la digestibilidad de los nutrientes y la concentración de complejos fenólicos presentes en los forrajes y observaron que la presencia de dichos compuestos es tóxico para las bacterias, protozoarios y hongos ruminales, lo que interfiere en el ataque microbiano a las partículas alimenticias y consecuentemente inhiben la digestión de la fibra por parte de bacterias celulolíticas. Por su parte, McSweeney *et al.* (2001) observaron que la presencia de taninos condensados inhibe las pectinasas y reducen el crecimiento de bacterias proteolíticas, disminuyendo la degradación de la proteína y el amoníaco disponible para los microorganismos ruminales, aumentando la digestibilidad de la proteína por parte de las proteasas intestinales. Kumar y Vaithyanatha (1990) observaron que la adición de 5 % de taninos condensados e hidrolizables en dietas para ovinos, disminuye la digestibilidad de los nutrientes. En un estudio de fermentación *In vitro*, Driedger y Hatfiel (1972), al adicionar 5 % de ácido tánico a la pasta de soya se redujo en 55 % la producción de N amoniacal; sin embargo, la adición de niveles altos de ácido tánico hasta representar el 25 % de la mezcla no provoca cambio alguno en la digestibilidad *in vitro* de la proteína de la pasta de soya, cuando se utiliza una combinación de una fermentación inicial con la inoculación de líquido ruminal seguido de la digestión *in vitro* con pepsina ácida. En estudios posteriores realizados por Gonzalez *et al.* (2002), observaron una reducción en la concentración de N amoniacal de 33, 46 y 63% por cada unidad de tanino adicionado a partir de 8% en la proporción de la materia seca, en pruebas de digestión *In vitro*. En pruebas de digestibilidad *In situ*, en ovejas Merino, con la administración de 0.5 g de taninos condensados/kg de peso vivo/día no se modificó la fermentación ruminal; sin embargo, al administrar 1.5 g de taninos/kg de peso corporal/día disminuyó la tasa de desaparición de PC, MS, FDN y FDA (Hervás *et al.*, 2003).

2.6. Niveles de taninos en la respuesta productiva de rumiantes.

A concentraciones por debajo del 4 % de la materia seca de la dieta los taninos promueven la utilización de la proteína sin llegar a afectar el consumo de materia seca (Getachew *et al.*, 2001). En otro estudio se observó que la adición de 2 % de taninos condensados de quebracho, no afectó el consumo de alimento en vaquillas alimentadas con 70 % de forraje (Beauchemin *et al.*, 2007). Kruger *et al.* (2010), observaron que la adición 1.49 % de taninos condensados y de taninos hidrolizables a la dieta, no disminuyó el consumo de alimento en novillos en finalización. Min *et al.* (2006) al utilizar taninos condensados de quebracho a nivel de 1 y 2 % de la materia seca de la dieta de novillos en pastoreo observaron una mejora del 17 % en la ganancia diaria de peso en comparación con los novillos que no recibieron dietas adicionadas con taninos. Por su parte Al-Dobaib (2009), en un experimento realizado con corderos consumiendo dietas adicionadas con niveles de 0.0, 0.75, 1.5 y 2.25% de extracto de taninos, observaron que la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia fueron mejoradas con el nivel de inclusión de 1.5 %, concluyendo que este nivel de extracto de taninos podría ser utilizado para proteger la proteína del heno de alfalfa de la degradación ruminal. Con la inclusión de 0.3% de extracto de taninos en la materia seca de la dieta con 70% de concentrado ofrecido, durante 84 días en el corral de engorda, a becerros de 184 kg de peso inicial se observó un incremento del 14.8% en la ganancia diaria de peso en comparación con los animales que no recibieron taninos adicionales en la dieta (Barajas *et al.*, 2011).

III. HIPÓTESIS

La ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia de los corderos en engorda intensiva, responden de manera diferencial en relación al nivel de inclusión de extracto de taninos en la dieta.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General.

Determinar la influencia del nivel adicional de extracto de taninos a la dieta en la respuesta productiva de corderos en engorda.

4.1.1. Objetivos Específicos

- 4.1.1.1. Determinar la influencia del nivel adicional de extracto de taninos a la dieta en el consumo diario de alimento de corderos en engorda.
- 4.1.1.2. Determinar la influencia del nivel adicional de extracto de taninos a la dieta en la ganancia diaria de peso de corderos en engorda.
- 4.1.1.3. Determinar la influencia del nivel adicional de extracto de taninos a la dieta en la conversión alimenticia de corderos en engorda.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación geográfica

El trabajo se realizó durante los meses de octubre a diciembre de 2013 en la unidad de investigación para ovinos Mojolo - CAUAS210, ubicada en las instalaciones de Agrícola y Ganadera Mojolo, S.A. de C.V. en el poblado de Mojolo, Culiacán, Sinaloa, localizada a 24°53'16" latitud Norte y 107°25'03" longitud oeste a 46 msnm.

La zona se caracteriza por tener un clima BS₁ (h') w(w), el cual se define como clima semiseco, muy cálido, extremoso, con lluvias en verano, según la clasificación de Köppen, modificada por García (1998); la temperatura promedio anual es de 25.9 °C con máxima promedio de 30.4 °C en junio y julio, y mínima promedio de 20.6 °C en enero; la humedad relativa promedio es de 68 %, con máxima de 81 % en septiembre y mínima de 51 % en abril; la precipitación anual promedio es de 665.6 mm (CIAPAN, 2002).

5.2. Diseño experimental y tratamientos.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (Hicks, 1973). Los corderos fueron bloqueadas por el peso inicial y en grupos de tres fueron alojados en 16 corrales elevados con piso de plástico (1.5 x 1.6 m); dentro de un bloque, los tratamientos fueron asignados a uno de cuatro corrales, considerado como la unidad experimental. Los tratamientos consistieron en: 1) Dieta a base de maíz-pasta de soya (Cuadro 1) sin adición de extracto de taninos (ET; n = 12); 2) Dieta similar al tratamiento testigo más la adición de 0.15% (BS) de extracto de taninos (ET15; n = 12); 3) Dieta similar al tratamiento testigo más la adición 0.3% (BS) de extracto de taninos (ET30; n = 12); y 4) Dieta similar al tratamiento testigo más la adición de 0.45% (BS) de extracto de taninos (ET45; n = 12). El estudio se realizó en un periodo de 70 días. El extracto se suministró a partir de una mezcla de taninos condensados e hidrolizables, obtenido de quebracho y castaños (Silvafeed-Bypro; SilvaTeam-Inudor, SA, Argentina).

5.3. Manejo general de los corderos

Los corderos fueron identificados con aretes plásticos numerados, desparasitados con albendaphorte 2.5 % Co (Salud y Bienestar Animal[®]), con una dosis de 3.8 mg/kg de peso vivo vía oral y vacunados contra *Mannhemia hemolytica* (One Shot Zoetis[®])

5.4. Procedimiento experimental

Los animales fueron alimentados a libre acceso con la dieta que se presenta en el Cuadro 1. La ración servida fue registrada diariamente. La cantidad de alimento rechazado fue pesado y se reintegró a la nueva servida con la finalidad de evitar el rechazo. Los corderos fueron pesados al inicio del experimento (día 1 de 70), al día 28 de experimentación y al día 70 (fin del periodo experimental). Con los datos de consumo voluntario de alimento y ganancia diaria de peso se obtuvo la conversión alimenticia.

Cuadro 1. Composición de la dieta (BS) experimental

Ingredientes	Proporción de MS de la dieta,%	
	Días 1a 28	Días 29 a 70
Paja de maíz	14.96	7.49
Maíz entero	66.07	78.64
Pasta de soya	16.20	11.23
Premezcla vitaminas y minerales ¹	2.77	2.64
	100%	100%
	Composición	
MS, %	90.25	90.13
Proteína cruda, %	16.33	14.30
ENm, Mcal/kg	1.959	2.066
ENg, Mcal/kg	1.314	1.408

¹ Ganamin[®] ovinos engorda Total, cada 25,000 g contienen (zinc 30.00g, Manganeso 20.00 g, Cobalto 60.00 mg, Yodo 610.00 mg, Selenio 100.00 mg, Sal común 4000.00 g, Azufre 27.30 g, Magnesio 300.00 g, Bovatec (lasalocida sódica) 200.00 g, Vit. A 960,000 U.I., Vit. D. 300,000 U.I., Vit. E. 4500 U.I., ETQ/BHT 25.00 G, Urea 5,000.00 g

5.5. Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados por ANDEVA para un diseño de bloques completos al azar (Hicks, 1973); la comparación de la influencia del nivel de adición de ET en las variables del desempeño productivo de los corderos se realizó por análisis de polinomios ortogonales. Los resultados de mejora proporcional en la respuesta de ganancia de peso y conversión alimenticia se calcularon como proporción porcentual en relación a su respectivo testigo, a estos datos se les analizó por regresión polinómica.

El modelo matemático fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \tau_j + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta

μ = Media general

β_i = Efecto i-ésimo bloque

τ_j = Efecto del j-ésimo tratamiento

ϵ_{ijk} = Error aleatorio (experimental)

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La influencia del nivel de adición de extracto de taninos en la respuesta productiva de corderos en engorda se presenta en el Cuadro 2. El peso final de los corderos a los 70 días presentó una respuesta cuadrática ($p = 0.05$), en donde el peso corporal de los corderos que recibieron los tratamientos con 0.15 y 0.3 % de ET presentaron valores mayores que los del Testigo y de los corderos que recibieron 0.45 % de ET en sus dietas. El peso final de los corderos con 0.15 y 0.3 % de ET fueron 5.9 % y 3.4 % más pesados que los del grupo Testigo, respectivamente. Evidentemente el peso final refleja de alguna manera la respuesta en ganancia de peso, la cual es una medida más directa de la influencia de los tratamientos en la productividad de los animales involucrados en el experimento. En el experimento completo (días 1 a 70), la ganancia de peso mostró una respuesta cuadrática al nivel de adición de taninos ($p = 0.05$), en donde los corderos con 0.15 y 0.3% de ET ganaron 13.1 % y 10.3 % más peso que los del grupo Testigo, respectivamente; en tanto que corderos que recibieron 0.45% de ET en sus dietas presentaron una ganancia de peso bastante cercana al grupo Testigo que no recibió ET. La mejora en la ganancia de peso expresada como porcentaje en relación al Testigo fue descrita por la ecuación cuadrática (Figura 1): $GDP, \% \text{ Testigo} = [- 0.6561 + (12.416 \times \text{Taninos}) - (2.7535 \times \text{Taninos}^2)]$; ($R^2 = 0.59$; $p = 0.02$). Con base en la ecuación descrita, se calculó que la mejor respuesta en mejora de ganancia de peso (13.3 %) es esperable cuando el ET es adicionado en proporción equivalente al 0.23 % de la MS de la dieta.

El aumento en la ganancia de peso que se observó en los animales a medida que se comenzó a proporcionar taninos en la dieta en los niveles de inclusión de 0.15 y 0.30% de la MS, es atribuible a un incremento en la proteína metabolizable que llega al intestino, como consecuencia de la actividad de los taninos que al formar complejos-tanino-proteína disminuyen la degradación de la proteína de la dieta en rumen (Hervás, 2001). Diferentes autores coinciden en que los taninos incrementan el paso de proteína de la dieta al intestino delgado, al disminuir la degradación de la proteína en el rumen, aumentando con ello la proteína metabolizable que arriba al intestino (Driedger y Harfield, 1972; Mangan, 1988; Gonzalez *et al.*, 2002; Mueller-

Harvey, 1999); considerando que el aporte de la proteína metabolizable (PM) a partir de la PC microbiana es equivalente al 64 % de la misma, en tanto que el aporte de PM de la proteína de la dieta que no fue degradada en rumen equivale a un 80 % (NRC, 2000; 2007), este aumento en la proteína metabolizable que llega al intestino delgado se traduce en una mayor disponibilidad de aminoácidos, que pueden ser utilizados para la síntesis de proteína y formación de tejido por el animal (Barry y McNabb, 1999; Foley *et al.*, 1999).

En contra parte, los corderos que recibieron la dosis adicional de 0.45 % de ET en su dieta, mostraron valores muy cercanos al Testigo que no recibió taninos y por debajo de la respuesta en ganancia de peso de los corderos que recibieron niveles menores de ET en la dieta (0.15 y 0.30 %), tal cual fue descrito en la respuesta cuadrática. Este comportamiento, puede deberse a uno de dos posibles mecanismos o bien a ambos, aunque la metodología utilizada en el presente experimento no permite determinar cuál de ellos ni en que magnitud fue su participación: uno de ellos puede ser la disminución en la cantidad de proteína que arriba al intestino, ocasionada por una menor producción de proteína microbiana, sí la cantidad de proteína del alimento ligada por el ET de tanino fue excesiva cuando se proporcionó en proporción del 0.45% de la dieta. Una reducción en la cantidad de proteína degradable en rumen puede inducir una restricción en el desarrollo de los microbios en el rumen, lo que conlleva a una menor producción de proteína cruda microbiana, que puede redundar en un menor aporte total de proteína al intestino (NRC, 2000; 2007).

El otro posible mecanismo es, que aunque la disminución en la degradación de la proteína en rumen no fuese excesiva, si pudiese ser afectada la digestibilidad de la proteína en intestino delgado, por la formación de complejos tanino-proteína. Se ha descrito que los taninos condensados tienen la capacidad de formar complejos con las proteínas en condiciones de pH ligeramente ácidas (Frutos *et al.*, 2004), y en el intestino delgado de corderos alimentados con dietas que contienen alrededor de 80% de maíz como las que fueron ofrecidas en el experimento actual, el pH del intestino delgado oscila entre 6.15 a 6.25 (Wheller y Noller, 1977), por lo que existen condiciones para la formación de este tipo de complejos; entonces la posibilidad de su formación estará condicionada principalmente por la cantidad de taninos

disponible para ello. Cuando existe la presencia de taninos en cantidades suficientes, estos compuestos pueden formar complejos tanto con las enzimas digestivas (que son proteínas al fin), así como con las proteínas que integran las membranas de las células del epitelio intestinal y que son las que llevan a cabo el proceso de absorción (Kumar y Singh, 1984; Waghorn, 1994), y poder hacerlo también con algunos componentes no digeridos de la dieta; el resultado neto de esto es una disminución en la cantidad de aminoácidos absorbidos por los corderos alimentados con 0.45 % de ET en relación a los animales que recibieron 0.15 y 0.3 % de ET en sus dietas, con la consecuente desaparición del beneficio del uso de ET en la ganancia de peso. El consumo de materia seca no fue afectado por los tratamientos ($p > 0.20$), resultado esperado de acuerdo con la literatura, en la que se señala que niveles de taninos inferiores al 1.5 % de la materia seca de la dieta no afectan el consumo voluntario de los ovinos (Hervás, 2001), y que se requieren niveles de taninos cercanos al 4 % de la MS para hacer evidente una disminución en el consumo de alimento (Carulla *et al.*, 2001).

Ante la ausencia de efecto de los taninos en el consumo de materia seca, la conversión alimenticia (Consumo/ganancia) mostró un comportamiento similar al que se observó en la ganancia de peso.

En el experimento completo, la conversión alimenticia presentó un comportamiento cuadrático ($p < 0.01$), en el que los corderos que recibieron los tratamientos con 0.15 y 0.3 % de ET, requirieron de 12 y 8 % menos alimento por cada kg de incremento de peso en relación a los corderos del grupo Testigo que no recibieron ET; en tanto que los corderos que recibieron 0.45 % de ET en su dieta presentaron valores de conversión alimenticia más elevados que los alimentados con niveles de 0.15 y 0.3 % y cercanos a los que se observaron en el Testigo, lo que implica que un aumento en la cantidad de ET adicionados a la dieta por encima de 0.3 %, lejos de mejorar, regresa los valores de la eficiencia alimenticia a valores cercanos a los que se esperarían sin la inclusión de los ET.

La mejora en la conversión alimenticia expresada como porcentaje en relación al Testigo por la adición de algunos niveles de ET observada en esta investigación, es descrita por la ecuación (Figura 2): $CA, \% \text{ Testigo} = [0.3947 + (11.066 \times \text{Taninos}) -$

($2.7201 \times \text{Taninos}^2$]; ($R^2 = 0.76$; $p < 0.01$), y utilizando esta ecuación, se estimó que la máxima mejora en conversión alimenticia correspondería a la adición de ET en una proporción equivalente al 0.2 % de la MS, y el resultado esperado sería de una cantidad de alimento 11.6 % menor para ganar 1 kg en relación teórica con el testigo. Los resultados del presente experimento sugieren, que la mejoría en la productividad de los corderos (ganancia de peso y conversión alimenticia) que fueron alimentados con las dosis de entre 0.15 y 0.3 % de ET, es atribuible al efecto protector de los taninos sobre la degradación en rumen de las proteínas de la dieta; en tanto que dosis mayores pudieran interferir en la disponibilidad de aminoácidos para la síntesis de tejidos corporales. El nivel recomendable de adición de extracto de taninos para lograr la máxima productividad de los ovinos en engorda parece ser cercano al 0.2 % de la materia seca de la dieta.

VII. CONCLUSIONES

La adición de extracto de tanino a la dieta mejora de forma cuadrática la productividad de los corderos en engorda, y el mejor nivel de adición del extracto de taninos es en una proporción cercana al 0.2 % de la materia seca de la dieta.

Cuadro 2. Influencia del nivel de adición de extracto de taninos en la productividad de corderos en engorda

Variable	Nivel de extracto de taninos,% en la dieta MS				EEM ¹	Valor de P	Polinomios	
	0	0.15	0.30	0.45			Lineal	Cuadrático
Corderos, n	12	12	12	12				
Corral, replica, n	4	4	4	4				
Peso corporal, kg								
Día 1	21.469	21.694	21.181	21.410	0.163	0.27	0.40	0.99
Día 28	27.253	27.906	26.928	27.297	0.492	0.59	0.72	0.79
Día 70	36.479 ^b	38.638 ^a	37.721 ^{ab}	36.804 ^{ab}	0.602	0.05	0.99	0.05
Ganancia de peso, g/día								
Días 1-28	0.207	0.220	0.205	0.210	0.018	0.91	0.95	0.79
Días 29-70	0.220 ^b	0.256 ^a	0.257 ^a	0.226 ^{ab}	0.009	0.05	0.62	0.02
Días 1-70	0.214 ^b	0.242 ^a	0.236 ^{ab}	0.220 ^{ab}	0.009	0.09	0.80	0.05
Consumo de materia seca, kg/día								
Días 1-28	0.870	0.867	0.849	0.889	0.029	0.80	0.77	0.48
Días 29-70	1.059	1.050	1.097	1.120	0.046	0.68	0.30	0.74
Días 1-70	0.987	0.980	1.002	1.073	0.038	0.77	0.39	0.64
Consumo/ganancia, kg/kg								
Días 1-28	4.223	3.992	4.139	4.230	0.256	0.91	0.88	0.55
Días 29-70	4.905 ^a	4.089 ^b	4.322 ^{ab}	5.097 ^a	0.274	0.08	0.53	0.03
Días 1-70	4.608 ^{ab}	4.056 ^c	4.251 ^{bc}	4.752 ^a	0.112	0.02	0.26	< 0.01

¹Error Estándar de la Media; ^{a, b}, literales diferentes en la misma fila indica diferencia estadística significativa al nivel de alfa se describe en la columna de valor de P

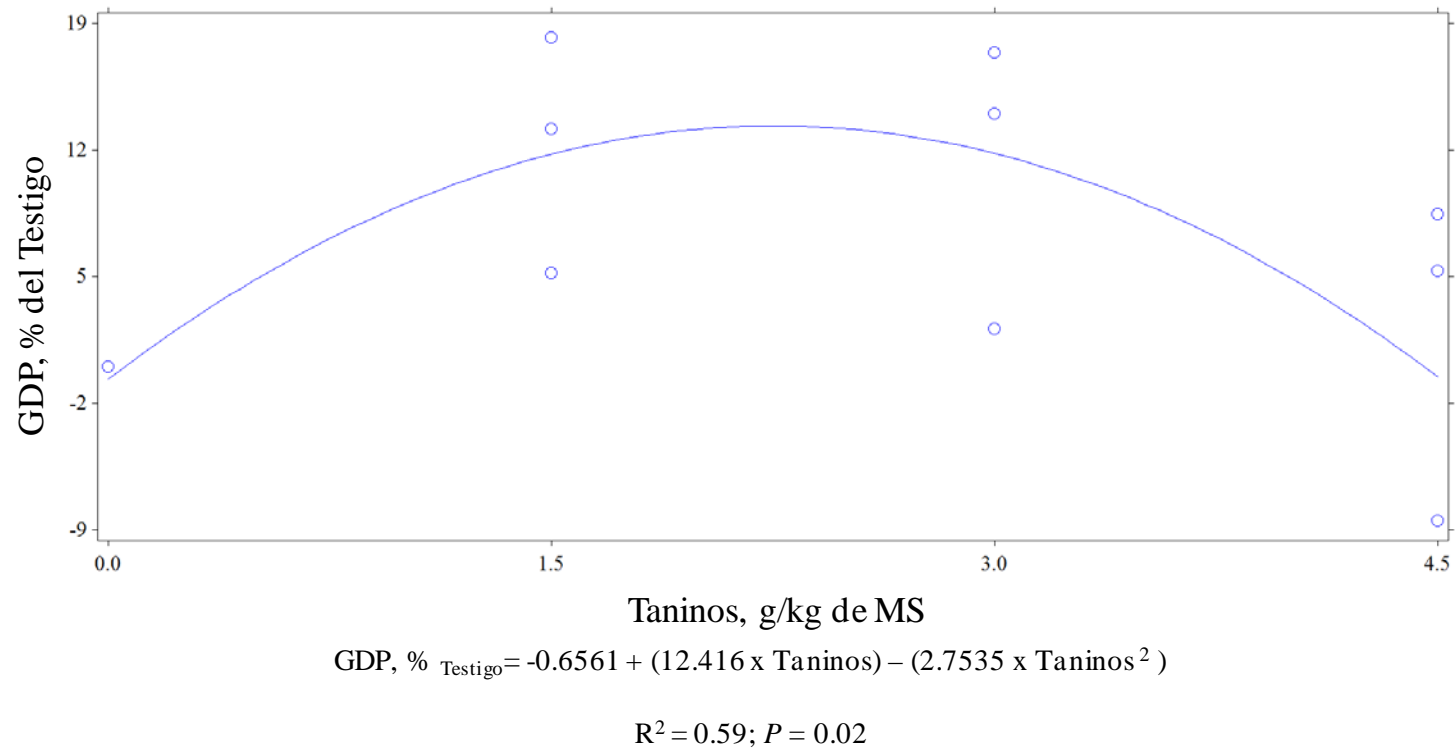


Figura 1. Influencia del nivel de adición de extracto de taninos a la dieta en la ganancia de peso de corderos en engorda, valores expresados como proporción porcentual de la mejora en relación con su respectivo Testigo.

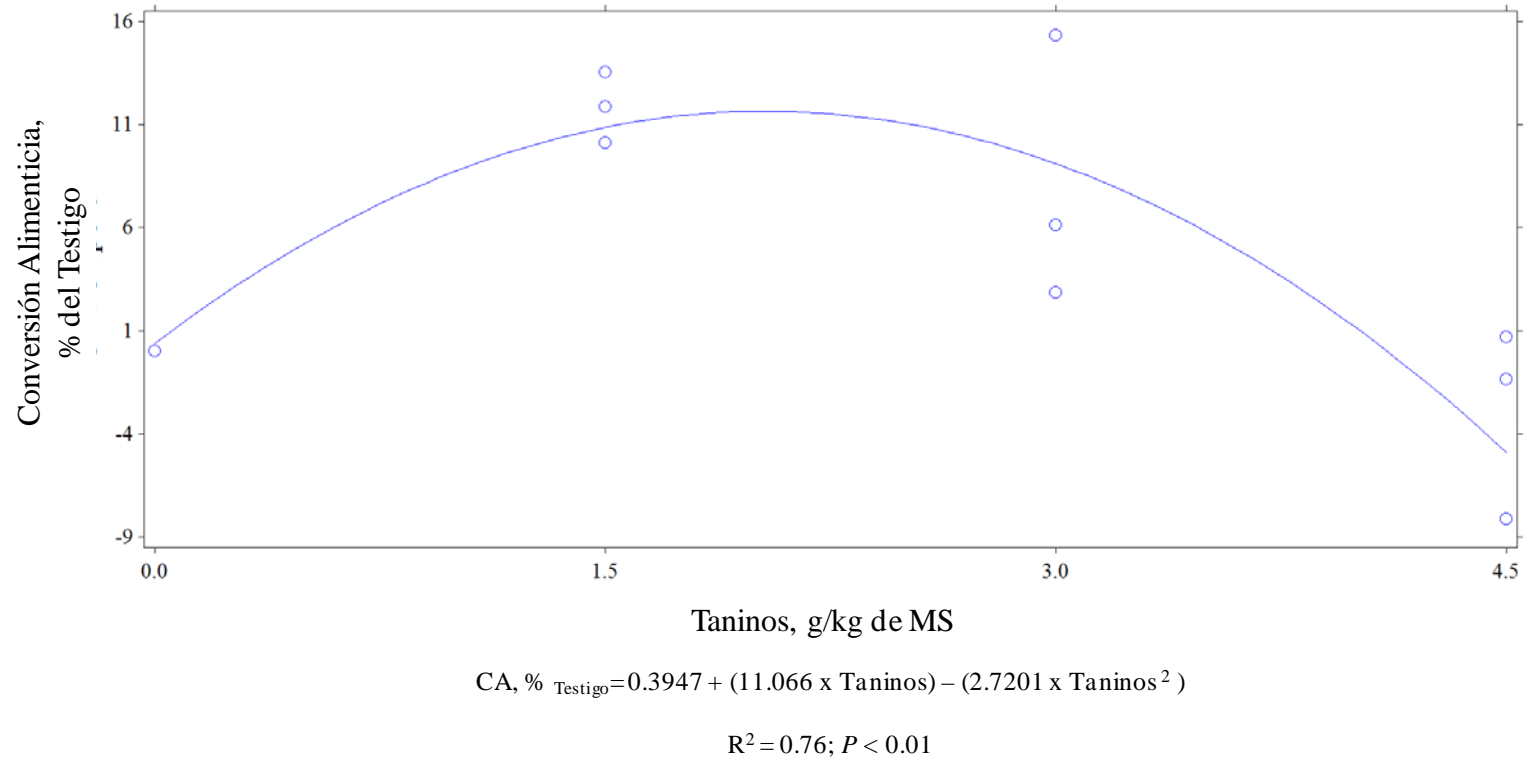


Figura 2. Influencia del nivel de adición de extracto de taninos a la dieta en la conversión alimenticia de corderos en engorda, valores expresados como proporción porcentual de la mejora en relación con su respectivo Testigo.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Aharoni Y., N. Gilboa, and N. Silanikove. 1998. Models of suppressive effect of tannins. Analysis of the suppressive effect of tannins on ruminal degradation by compartmental models. *Animal Feed Science and Technology*; 71: 251-267.
- Al-Dobaib S. N. 2009. Effect of different levels of Quebracho tannin on nitrogen utilization and growth performance of Najdi sheep fed alfalfa (*Medicago sativa*) hay as a sole diet. *J. Anim. Sci.*, 80: 532-541.
- Ammar H., S. López, M. Kammoun, R. Bodas, F. J. Giráldez, J. S. González. 2009. Does feeding Quebracho tannins to sheep enhance rumen fermentative activity to degrade browse shrubs? *Animal Feed Science and Technology*; 149: 1-15.
- Araujo F. O. 2008. Factores anti nutricionales en los alimentos para ganado vacuno. En línea: Desarrollo Sostenible de la Ganadería de Doble Propósito. Enciclopedia Ganadera. Disponible en web: <http://www.venezuelaganadera.com>. Fecha de acceso: 18 de Octubre de 2013.
- Bae H. D., Mcallister T. A., Yanke J., Cheng K. J. and Muir A. D. 1993. Effects of condensed tannins on endoglucanase activity and filter paper digestion by *Fibrobacter succinogenes* S85. *Applied and Environmental Microbiology*; 59: 2132-2138.
- Barajas R., B. J. Cervantes, A. Camacho, M. Verdugo, M. A. Espino, L. R. Flores, J. A. Romo, E. A. Velazquez, and J. J. Lomeli. 2011. Influence of addition of tannins-extract in low concentration of dietary dry matter on feedlot-performance of bulls. *J. Anim. Sci.* Vol. 89 (E-Suppl.1):615. (abstract).
- Barajas R., B. J. Cervantes, M. A. Espino, A. Camacho, M. Verdugo, L. R. Flores, J. J. Lomeli, and J. A. Romo. 2012. Effect of tannins extract supplementation on feedlot performance and plasma urea nitrogen of yearling bulls fed dry-ground corn-based diets containing corn-DDG and cane molasses. *J. Anim. Sci.* Vol. 90 (Suppl. 3): 600. (abstract).

- Barry T. N., and T. R. Manley. 1984. The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. 2. Quantitative digestion of carbohydrates and proteins. *British Journal of Nutrition*; 51: 493-504.
- Barry T. N., W. C. McNabb. 1999. The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *British Journal of Nutrition*; 81: 263-272.
- Beauchemin R. A., S. M. McGinn, T. F. Martinez, and T. A. McAllister. 2007. Use of condensed tannins extract from Quebracho trees to reduce methane emission from cattle. *J. Anim. Sci.*, 85:1990-1996.
- Butter N. L., J. M. Dawson, and P. J. Buttery. 1999. Effects of dietary tannins on ruminants. In: *Secondary plants products. Antinutritional and beneficial actions in animal feeding.* J.C. Caygill and I. Mueller-Harvey (Eds.); pp. 51-70.
- Camacho A., B. J. Cervantes, M. A. Espino, M. Verdugo, L. R. Flores, J. A. Romo, and R. Barajas. 2011. Influence of addition of tannins-extract in low concentration of dietary dry matter on carcass characteristics of bull-calves. *J. Anim. Sci.*, Vol. 89 (E-Suppl.1): 615(abstract).
- Carulla J., C. Lascano, T. Klopfenstein. 2001. Reduction of tannins level in a tropical legume (*Desmodium ovalifolium*) with polyethylene glycol: effects on intake and N balance, digestion and absorption by sheep. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 9: 17-24.
- Chiquette J., K. J. Cheng, J. W. Costerton and L. P. Milligan. 1988. Effect of tannins on the digestibility of two isosynthetic strains of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus L.*) using in vitro and in sacco techniques. *Canadian Journal of Animal Science*, 68, 751-760.
- CIAPAN, 2002. Guía para la asistencia técnica del Valle de Culiacán. INIFAP, Culiacán, Sinaloa.
- Cowan M. M. 1999. Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology*; 12:564-582.
- Driedger A., and E. E. Hatfield. 1972. Influence of tannins on the nutritive value of soybean meal for ruminants. *J. Anim. Sci.*, 34:465-468.

- Foley W. J., G. R. Lason, and C. McArthur. 1999. Role of secondary metabolites in the nutritional ecology of mammalian herbivores: how far have we come in 25 years?. In: Nutritional ecology of herbivores. H-J.G. Jung and G.C. Fahey, Jr. (Eds.), pp. 130-209.
- Frutos P., S. G. Herva, F. J. Giraldez, M. Fernandez, A. R. Mantecón. 2000. Digestive utilization of Quebracho-treated soya bean meals in sheep. *Journal of Agricultural Science*; 134:101-108
- Frutos P., G. Hervás, F. J. Giráldez, A. R. Mantecón. 2004. Tannins and ruminant nutrition. *Journal of Agricultural Research*; 2:191-202
- Getachew G., H. P. S. Makkar, and K. Becker. 2001. Method of polyethylene glycol application to tannin-containing browses to improve microbial fermentation and efficiency of microbial protein synthesis from tannin-containing browses. *Animal Feed Science and Technology*, 92, 51-57.
- Gonzalez S., M. L. Pabón and J. Carulla. 2002. Effects of tannins on *in vitro* ammonia release and dry matter degradation of soybean meal. *Arch. Latinoam. Prod. Anim*; 10: 97-101.
- Hagerman A. E. and L. G. Butler. 1991. Tannins and lignins. In: *Herbivores: their interactions with secondary plant metabolites*, Vol I: The chemical participants. Rosenthal G. A. and M. R. Berenbaum (Eds.); pp. 355-388.
- Hagerman A. E., C. T. Robbins, Y. Weerasuriya, T. C. Wilson, and C. McArthur. 1992. Tannin chemistry in relation to digestion. *Journal of Range Management*; 45:57-62.
- Haslam E. 1994. Complexation and oxidative transformation of polyphenols. *Polyphenols*, 94, Palma de Mallorca (España), May 23-27. Ed. INRA, Paris 1995 (Les Colloques, nº 69).
- Hervás G. 2001. Los taninos condensados de Quebracho en la nutrición de ovejas. Efectos sobre la fermentación en el rumen y la digestibilidad, toxicidad y utilización como protectores frente a la degradación ruminal. Tesis de Doctorado. Universidad de León, España.
- Hervás G., P. Frutos, G. Ramos, F. J. Giráldez, A. R. Mantecón. 2004. Intraruminal administration of two doses of Quebracho tannins to sheep: effect on rumen

- degradation and total tract digestibility, fecal recovery and toxicity. *Journal of Animal and Feed Sciences*; 13:111-120
- Hervás G., P. Frutos, F. J. Giráldez, A. R. Mantecón and M. C. Alvarez del Pino. 2003. Effect of different doses of Quebracho tannins extract in rumen fermentation in ewes. *Animal Feed Science and Technology*; 109:65-78
- Hicks C. R. 1973. *Fundamental concepts in the design of experiments*. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- Jones G. A., T. A. Mcallister, A. D. Muir, and K. J. Cheng. 1994. Effects of sainfoin (*Onobrychis viciifolia Scop.*) condensed tannins on growth and proteolysis by four strains of ruminal bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*; 60: 1374-1378.
- Kruger W. K., H. Gutierrez-Bañuelos, G. E. Carsten, B. R. Min, W. E. Pinchak, R. R. Gomez, R. C. Anderson, N. Kruger, and T. D. A. Forbes. 2010. Effects of dietary tannin source on performance, feed efficiency, ruminal fermentation, and carcass and non-carcass trait in steers fed a high-grain diet. *Animal feed Science and technology*; 159: 1-9.
- Kumar R. and M. Singh. 1984. Tannins: their adverse role in ruminant nutrition. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*; 32:447-453.
- Kumar R. and S. Vaithyanathan. 1990. Occurrence, nutritional significance an effect on animal productivity of tannins in tree leaves. *Animal Feed Science and Technology*; 30:21- 38.
- Lasa J., C. Mantecón y M. A. Gómez. 2012. Utilización de taninos en la dieta de rumiantes [en línea]. Portal Veterinaria PV albéitar, España. Disponible en web:<http://albeitar.portalveterinaria.com>. Fecha de acceso: 6 de Diciembre de 2013.
- Launchbaugh K. L., F. D. Provenza, and J. A. Pfister. 2001. Herbivore response to anti quality factors in forages. *Journal of Range Management*; 54:431-440.
- Leinmüller E., H. Steingass, and K. H. Menke. 1991. Tannins in ruminant feedstuffs. *Biannual Collection of Recent German Contributions Concerning Development Through Animal Research*; 33:9-62.

- Makkar H. P. S. 2003. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research*; 49:241-256.
- Makkar H. P. S., B. Singh, and R. K. Dawra. 1988. Effect of tannin-rich of oak (*Quercus incana*) on various microbial enzyme activities of the bovine rumen. *British Journal of Nutrition*; 60:287-296.
- Mangan J. L. 1988. Nutritional effects of tannins in animal feeds. *Nutrition Research Reviews*; 1: 209-231.
- McAllister T. A., H. D. Bae, G. A. Jones and K. J. Cheng. 1994. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. *J. Anim. Sci.*, 72:3004-3018.
- McSweeney C.S., B. Palmer, R. Bunch, and D. O. Krause. 2001. Effect of the tropical forage calliandra on microbial protein synthesis and ecology in the rumen. *Journal of Applied Microbiology*; 90:78-88.
- Min R. B., W. E. Pinchak, R. C. Anderson, J. D. Fulford and R. Puchala. 2006. Effects of condensed tannins supplementation level on weight gain and in vitro and in vivo bloat precursors in steers grazing winter wheat. *J. Anim. Sci.*, 84:2546-2554.
- Molan A. L., W. C. McNabb, G. C. Waghorn, and B. R. Min. 1998. The effect of condensed tannins from two *Lotus pedunculatus* on *in vitro* protein degradation, bacterial growth and nematode larval migration. In: *The 8th World Conference on Animal Production. Proceedings, Contributed papers, Vol. I: 2-3.*
- Molan A. L., G. T. Attwood, B. R. Min, and W. C. McNabb. 2001. The effect of condensed tannins from *Lotus pedunculatus* and *Lotus corniculatus* on the growth of proteolytic rumen bacteria in vitro and their possible mode of action. *Canadian Journal of Microbiology*; 47:626-633.
- Mueller-Harvey I., and A. B. McAllan. 1992. Tannins: their biochemistry and nutritional properties. In: *Advances in Plant Cell Biochemistry and Biotechnology, Vol. 1.* Morrison I.M. (Ed.), JAI Press Ltd. Londres (Reino Unido). pp. 151-217.

- Mueller-Harvey I. 1999. Tannins: their nature and biological significance. In: Secondary plants products. Antinutritional and beneficial actions in animal feeding. Caygill J.C. and I. Mueller-Harvey (Eds.), Nottingham University Press (Reino Unido); pp. 17-70.
- NRC. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle (Ed 1996, Update 2000). National Academy Press. Washington, D.C.
- NRC. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants. The National Academies Press. Washington, D.C.
- Nudda A., G. Battacone, R. Boe, R. Rubattu, A. H. D. Francesconi, M. Decandia, and G. Paulina. 2010. Effect of chestnut tannins on rumen activity of dairy sheep grazing on pasture. *Journal of Animal Science*. (abstract).
- Otero M. J., and L. G. Hidalgo. 2004. Condensed tannins in temperate forage species: effects on the productivity of ruminants infected with internal parasites. *Livestock Research for Rural Development*; 16:2.
- Pawelek D. L., J. P. Muir, B. D. Lambert, R. D. Wittie. 2007. In sacco rumen disappearance of condensed tannins, fiber, and nitrogen from herbaceous native Texas legumes in goats. *Animal Feed Science and Technology*; 142:1-16
- Priolo A., G. C. Waghorn, M. Lanza, L. Biondi, P. Pennisi. 2000. Polyethylene glycol as a means for reducing the impact of condensed tannins in carob pulp: Effects on lamb growth performance and meat quality. *J. Anim. Sci.*, 78:810-816.
- 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.
- Salem A. Z. M., J. S. González, S. López y M. J. Ranilla. 2001. Evolución de la respuesta en la producción unilateral de saliva parotídea a la inclusión de Quebracho en la dieta en el ganado ovino y caprino. *ITEA, Producción Animal*; 22:322-324.
- Scalbert A. 1991. Antimicrobial properties of tannins. *Phytochemistry*; 30:3875-3883.
- Schofield P., D. M. Mbugua, and A. N. Pell. 2001. Analysis of condensed tannins: a review. *Animal Feed Science and Technology*; 91:21-40.

- Skene I. K., and J. D. Brooker. 1995. Characterization of tannin *acylhydrolase* activity in the ruminal bacterium *Selenomonas ruminantium*. *Anaerobe*; 1:321-327.
- 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. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León; Monterrey, México.
- Velázquez M. M. 2013. Taninos de forrajes de arboles y sus efectos en producción y calidad de la carne de bovinos y ovinos. Tesis Doctoral. Colegio de Posgraduados, Instituto de Enseñanzas e Investigación en Ciencias Agrícolas. Campus Montecillo, México.
- Waghorn G. 1996. Condensed tannins and nutrient absorption from the small intestine. In: *Proceedings of the Canadian Society of Animal Science*; 175-194.
- Waghorn G. C., I. D. Shelton, and W. C. McNabb. 1994. Effects of condensed tannins in *Lotus pedunculatus* its nutritive value for sheep. 1. Non-nitrogenous aspects. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*; 123:99-107.
- Wheller W. E. and C. H. Noller. 1977. Gastrointestinal tract pH and starch in feces of ruminants. *J. Anim. Sci.* 44:131-135.
- Wong E. 1973. Plant phenolics. In: *Chemistry and biochemistry of herbage*. Butler G.W. and R.W. Bailey (Eds.), Academic Press; pp. 265-322.