

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**



**“INFLUENCIA DE TANINOS SOBRE LA UTILIZACIÓN DE PROTEÍNAS AL ADICIONAR SOLUBLES ÁCIDOS DE PESCADO A UNA DIETA DE FINALIZACIÓN PARA GANADO DE ENGORDA”**

**TESIS**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

**PRESENTA:**

**HARIM DE JESÚS BONILLA BONILLA**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**DR. ENRIQUE GILBERTO ÁLVAREZ ALMORA**

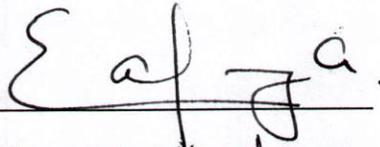
**MEXICALI, B. C. MÉXICO**

**SEPTIEMBRE, 2017.**

La presente tesis titulada "INFLUENCIA DE TANINOS SOBRE LA UTILIZACIÓN DE PROTEÍNAS AL ADICIONAR SOLUBLES ÁCIDOS DE PESCADO A UNA DIETA DE FINALIZACIÓN PARA GANADO DE ENGORDA" realizada por el C. Harim de Jesús Bonilla Bonilla, fue dirigida por el Dr. Enrique Gilberto Álvarez Almora, siendo aceptada, revisada y aprobada por el Consejo Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el grado de:

**Maestro en Ciencias en Sistemas de Producción Animal**

Consejo particular



Dr. Enrique Gilberto Álvarez Almora

Director de Tesis



Dra. Noemí Guadalupe Torrentera Olivera

Secretario



Dr. Martín Francisco Montaña Gómez

Sinodal

## AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** (CONACyT) por la oportunidad económica brindada para lograr este posgrado.

Al **Instituto de Ciencias Agrícolas** de la **Universidad Autónoma de Baja California** por permitirme desarrollar en ella un paso muy importante en mi vida profesional.

Al **Dr. Enrique Gilberto Álvarez Almora**, quien en todo momento mostró su disposición e interés por mantenerme firme en mi meta. Agradezco su confianza y conocimientos que han contribuido a mi formación académica, personal y profesional.

A mis padres Raquel y Paulina por el apoyo siempre fiel y sincero durante todo este proceso, por sus grandes consejos y por seguir creyendo en mí.

A mis hermanos que estuvieron siempre en los momentos buenos y malos brindándome siempre su amistad y apoyo.

A mi novia Fernanda por todo el apoyo incondicional, por creer en mí y por toda la motivación en este último año para concluir esta meta e iniciar una nueva etapa en la vida, te amo.

A mi amigo Oscar, que juntos empezamos esta aventura y con el cual compartí muchos momentos de alegría y tristeza, apoyándome y aconsejándome en todo momento como un hermano.

A los profesores y compañeros que contribuyeron a que terminara satisfactoriamente este grado académico.

Gracias...

# CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE CUADROS.....	1
RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
I. INTRODUCCIÓN.....	4
II. HIPÓTESIS.....	5
III. OBJETIVOS.....	5
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
4.1 La proteína en la nutrición del ganado de engorda.....	6
4.1.1 Requerimientos de proteína.....	6
4.1.2 Fuentes de proteína.....	7
4.2. Solubles ácidos de pescado.....	8
4.2.1 Potencial de uso en alimentación animal.....	8
4.3. Los taninos.....	9
4.3.1. Uso de los taninos en la alimentación animal.....	9
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
5.1 Ubicación del experimento.....	13
5.2 Unidades experimentales.....	13
5.3 Duración del experimento.....	13
5.3.1 Descripción de los tratamientos.....	14
5.4 Colección de muestras.....	14
5.5 Análisis de laboratorio.....	15
5.6 Variables de respuesta.....	16
5.7 Diseño experimental y análisis estadístico.....	16
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
6.1 Composición nutricional de los ingredientes utilizados en el experimento.....	17
6.2 Consumo de nutrientes y flujo hacia duodeno.....	18
6.3 Digestión en rumen y producción microbial.....	22
6.4 Digestión Post ruminal y total.....	25
VII. CONCLUSIONES.....	29
VIII. LITERATURA CITADA.....	30

## LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Tratamientos utilizados en el experimento.....	14
2	Composición nutricional de los ingredientes.....	18
3	Consumo total de nutrientes por novillos alimentados con una dieta de finalización suplementada con solubles ácidos de pescado y taninos.....	18
4	Flujo de nutrientes a duodeno en novillos alimentados con una dieta de finalización suplementada con solubles ácidos de pescado y taninos.....	21
5	Digestión ruminal, síntesis microbial y eficiencia de uso del nitrógeno en novillos alimentados con una dieta de finalización suplementada con solubles ácidos de pescado y taninos.....	24
6	Digestión post-ruminal (%) en novillos alimentados con una dieta de finalización suplementada con solubles ácidos de pescado y taninos.....	27
7	Digestión total (%) en novillos alimentados con una dieta de finalización suplementada con solubles ácidos de pescado y taninos.....	28

## RESUMEN

Para evaluar la influencia de los taninos en la utilización del nitrógeno adicionado con solubles ácidos de pescado (SAP) en la producción de proteína microbial y liberación de nitrógeno amoniacal en una dieta de finalización para ganado de engorda. Se distribuyeron cuatro novillos Holstein ( $194 \pm 10$  kg de PV) canulados en rumen y duodeno proximal en un diseño en Cuadro Latino  $4 \times 4$  en los tratamientos: 1) Dieta Basal (**DB**, testigo), 2) Dieta basal + SAP (**ST0**), 3) DB + SAP + 7.5 % Taninos (**STB**), 4) DB + SAP + 15 % Taninos (**STA**). El experimento se dividió en cuatro periodos de 14 d, de los cuales 10 d fueron de adaptación a la dieta experimental y 4 d de colección de muestras del alimento ofrecido, quimo duodenal y heces. Con respecto al testigo, el promedio de los tratamientos en que se adiciono únicamente SAP o los dos niveles de taninos provocaron un incremento en la digestión en rumen de la MS, MO y FDN ( $P < 0.05$ ) de 20, 9.4 y 36 %, respectivamente. La incorporación de los taninos a la dieta con SAP no influyo ( $P > 0.05$ ) en estas mismas fracciones. Con el incremento en la adición de taninos se identificó una respuesta directa en la digestión en rumen de la FDN (Componente lineal,  $P = 0.026$ ). Al compararse el promedio de los tratamientos que recibieron SAP o SAP + taninos con el testigo ocurrió una disminución de 33 % ( $P > 0.01$ ) en la digestión en rumen del N total, 19 % ( $P > 0.01$ ) en la eficiencia microbial y una tendencia ( $P = 0.104$ ) a disminuir la producción de MOM. La aplicación de los tratamientos no presento ningún efecto ( $P > 0.05$ ) sobre la digestión en el total del tracto de la MS, MO y FDN. Sin embargo, al comparar el promedio de los tres tratamientos con SAP o SAP + Taninos con el testigo se observó un incremento (6.6 %,  $P = 0.014$ ) en la digestión total del N. En conclusión, la adición de taninos disminuyo la degradación en rumen de la proteína y al mismo tiempo elevo la eficiencia de uso del N, por tanto una mayor cantidad de N no degradable en rumen puede llegar al tracto posterior.

## ABSTRACT

To evaluate the influence of tannins on the use of nitrogen added with soluble fish acids (SAP) in the production of microbial protein and release of ammoniacal nitrogen in a finishing diet for fattening cattle. Four Holstein steers ( $194 \pm 10$  kg of BW) cannulated in the rumen and proximal duodenum were distributed in a 4 x 4 Table in the treatments: 1) Basal diet (**DB**, control), 2) Basal diet + SAP (**ST0**), 3) DB + SAP + 7.5 % Tannins (**STB**), 4) DB + SAP + 15 % Tannins (**STA**). The experiment was divided in four periods of 14 d, of which 10 d were of adaptation to the experimental diet and 4 d of collection of samples of the offered food, chimo duodenal and feces. With respect to the control, the average of the treatments in which SAP alone or the two levels of tannins were added resulted in an increase of 20, 9.4 and 36 % in the rumen digestion of DM, OM and ADF ( $P < 0.05$ ) respectively. The incorporation of tannins into the diet with SAP did not influence ( $P > 0.05$ ) in these same fractions. With the increase in the addition of tannins, a direct response in rumen digestion of the ADF (Linear Component,  $P = 0.026$ ) was identified. When comparing the average of the treatments that received SAP or SAP + tannins with the control decrease a 33 % ( $P > 0.01$ ) in the total N digestion occurred, 19 % ( $P > 0.01$ ) in microbial efficiency and one Tendency ( $P = 0.104$ ) to decrease OMM production. The application of the treatments had no effect ( $P > 0.05$ ) on the total digestion of the DM, OM and ADF tract. However, when comparing the average of the three treatments with SAP or SAP + Tannins with the control, an increase (6.6 %,  $P = 0.014$ ) was observed in the total N digestion. In conclusion, the addition of tannins decreased the degradation in Rumen ratio of the protein and at the same time raise the efficiency of N use, therefore a greater amount of N not degradable in rumen can reach the posterior tract.

## I. INTRODUCCIÓN

Las fuentes de proteína son insumos con elevado precio y calidad variada. Tradicionalmente las principales fuentes de proteína de origen animal son las harinas de carne, sangre, hueso y pescado (Cruz *et al.* 2000). Un subproducto de la obtención de la harina y aceite de pescado son los solubles ácidos de pescado (SAP), este resulta del centrifugado de la parte líquida (parte acuosa y aceite) de la cocción y prensado del pescado, el producto principal de la centrifugación es el aceite, la parte acuosa es el SAP que es una solución de pH ~4.0 con un alto contenido de sólidos solubles, vitaminas del complejo B, aminoácidos y proteínas liposolubles. El SAP se considera utilizable en la alimentación animal debido a que aumenta la palatabilidad, facilita la formación de pellets y posee un favorable perfil de aminoácidos, aunque la rápida hidrólisis y desaminación de la proteína en el rumen constituye uno de sus principales factores limitantes, por tanto es deseable favorecer su sobrepaso a la fermentación en rumen para la absorción directa de aminoácidos en el intestino delgado (Broderick *et al.*, 1991; Nogueira, 2011).

Los taninos son compuestos químicos formados por fenoles solubles en agua, que poseen la propiedad de precipitar componentes de las plantas tales como alcaloides, carbohidratos y principalmente proteínas, con estas últimas forman un complejo estable (Torres-Acosta *et al.* 2008). Solano (1997) destaca que la interrelación que existe entre el complejo tanino-proteína, depende tanto de la estructura de las proteínas como de los taninos, ya que diferentes proteínas poseen diferente afinidad a los taninos. Varios estudios han demostrado que los taninos disminuyen la utilización de derivados proteicos tanto en monogástricos como en rumiantes debido a que finalmente facilitan que las proteínas lleguen directamente al abomaso, evitando así que en rumen sean desaminadas y desnaturalizadas (Nogueira, 2011). Entonces es posible que el uso de taninos disminuye la degradación en rumen de la proteína de solubles de pescado mejorando la eficiencia de la utilización del nitrógeno.

## **II. HIPÓTESIS**

- El uso de taninos disminuye la degradación en rumen de la proteína contenida en solubles ácidos de pescado mejorando la eficiencia de la utilización del nitrógeno.

## **III. OBJETIVOS**

- Evaluar la influencia de los taninos en la utilización del nitrógeno, producción de proteína microbial y liberación de nitrógeno amoniacal en dietas de finalización adicionadas con solubles ácidos de pescado ofrecidas a novillos Holstein.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 La proteína en la nutrición del ganado de engorda.

Las proteínas son compuestos orgánicos complejos con un alto peso molecular y compuestas principalmente por carbono, hidrogeno, oxígeno nitrógeno y en ocasiones azufre (McDonald *et. al.*, 1999). Se encuentran entre las macromoléculas biológicas más abundantes y son extremadamente versátiles en su función; dentro las principales funciones biológicas que realizan son: enzimas, transporte, nutrientes, reserva, contráctiles, estructurales, defensa y reguladoras (Nelson y Cox, 1987).

Todas las células presentes en un organismo sintetizan proteínas para las diferentes funciones requeridas, a excepción de algunos animales, en donde los microorganismos intestinales con capaces de sintetizar la proteínas a partir de fuentes de nitrógeno no proteicas. Por esta razón es fundamental proporcionarle a los microorganismos los aminoácidos o proteínas esenciales para su desarrollo (Church *et. al.*, 2002).

#### 4.1.1 Requerimientos de proteína.

Es importante que los animales reciban los aminoácidos esenciales y no esenciales en las cantidades adecuadas cubriendo las necesidades metabólicas particulares. Pues mientras que los animales no rumiantes obtienen estos aminoácidos al hidrolizar las proteínas de los alimentos durante la digestión y absorción, en los rumiantes se lleva a cabo una considerable degradación y síntesis de proteína, y por tanto los productos finales disponibles para la digestión, pueden ser muy distintos de los que se encontraban en los alimentos (McDonald *et. al.*, 1999).

Church *et. al.*, (2002) menciona que los requerimientos de proteína son mayores en animales jóvenes que se encuentran en la etapa de crecimiento, y estos requerimientos disminuyen gradualmente conforme el desarrollo del animal hasta

llegar a la madurez. Aunque esto también depende del objetivo de producción, pues en la lactancia y la preñez los requerimientos de proteína aumentan debido principalmente a una mayor intensidad metabólica y a una salida de proteína en los productos de la concepción y la leche. Por ejemplo, un animal en crecimiento con un peso promedio de 200 kg y una ganancia diaria de peso (GDP) de 1.0 kg/día requiere de 299 g/día de proteína metabolizable (PM), mientras que un animal en la etapa de finalización con un peso de 450 kg y una misma GDP requiere de 246 g/día de PM (NRC, 2000).

#### **4.1.2 Fuentes de proteína.**

Para que un alimento determinado pueda ser utilizado en la formulación de una dieta balanceada para un animal en específico, deben considerarse diversos factores, dentro de los más importantes a considerar se encuentran: el costo, la producción, la aceptabilidad por parte del animal, la digestibilidad, el contenido y balance de nutrientes, la presencia de toxinas o inhibidores, procesos de obtención y forma física (Church *et. al.*, 2002).

En el NRC, (2000) se menciona que es precisamente la proteína uno de los nutrientes requerido por los animales jóvenes con un crecimiento acelerado y para los animales en la etapa de madurez con una exigencia productiva mayor, además, las fuentes de proteína son sin duda algunos insumos con elevado precio y más caros que las fuentes de energía, y en donde la calidad es muy variada, por esta razón, es necesario eficientizar su utilización para optimizar el sistema de alimentación, esto se logra suministrando una dieta balanceada adecuadamente y favoreciendo un mayor consumo mediante un procesamiento del alimento que puede modificar la forma física, la composición de nutrientes, aceptabilidad y la digestibilidad.

Dentro de las principales fuentes de proteína se encuentran las harinas de origen animal (carne, hueso, sangre, pescado, pluma, etc.), de origen vegetal como las harinas de semillas de oleaginosas (soya, canola, algodón, linaza, cártamo, girasol, etc.), gluten de maíz, granos secos de destilería, subproductos de

molienda, semillas enteras de leguminosas, entre otras (Church *et. al.*, 2002 y McDonald *et. al.*, 1999).

## **4.2. Solubles ácidos de pescado.**

Las fuentes de proteína son insumos con elevado precio y calidad variada. Tradicionalmente las principales fuentes de proteína de origen animal son las harinas de carne, sangre, hueso y pescado (Cruz *et al.* 2000). Esta última es una de las fuentes más utilizadas, aunque la calidad y composición nutricional de esta varía dependiendo de la frescura y del tipo de materia prima, así como de la temperatura de secado (Chamberlain, 1993; Cruz *et al.* 2000).

Como un subproducto del proceso de obtención de la harina y aceite de pescado son los solubles ácidos de pescado (SAP), este resulta del centrifugado de la parte líquida (parte acuosa y aceite) de la cocción y prensado del pescado, el producto principal de la centrifugación es el aceite, la parte acuosa es el soluble acidulado y su nombre se debe a que es una solución con un alto contenido de sólidos solubles, vitaminas del complejo B, aminoácidos y proteínas liposolubles. Actualmente una parte de este producto se utiliza como un bioactivador edáfico que facilita la formación de materia orgánica y protector contra algunas plagas, es también empleado como fertilizante orgánico, attractante en alimentos balanceados en la granjas acuícolas, en alimentación animal es un excelente ligante del pellet y aumenta la palatabilidad del alimento (MAZINSA, 2014).

### **4.2.1 Potencial de uso en alimentación animal**

El SAP es un subproducto reciente que es potencialmente utilizable en la alimentación animal debido a su favorable perfil de aminoácidos, aunque como en otras fuentes proteicas es deseable favorecer su sobrepaso a la fermentación en rumen para la absorción directa de aminoácidos en el intestino delgado, ya que ocasiona un bajo aprovechamiento de su calidad y eleva el gasto energético extra para transformar el amoníaco en urea antes de ser eliminada en orina, por lo que la adición de taninos a la dieta se espera favorezcan este efecto y así hacer un uso adecuado de este nutriente.

Debido a la calidad de la proteína que ofrece el SAP es necesario hacer un aprovechamiento eficiente de este nutriente, la rápida hidrólisis y desaminación de la proteína en el rumen constituye uno de los principales factores limitantes en la producción. El uso de grandes cantidades de concentrados proteicos para hacer frente a los requerimientos de proteína nos lleva a elevadas pérdidas urinarias de una gran parte del nitrógeno proteico ingerido, ya que la mayor parte de la proteína es degradada por las bacterias ruminales ocasionando una elevada producción de amoníaco, bajo porcentaje de esta proteína pasa directamente al abomaso para la absorción directa de aminoácidos en el intestino delgado (Broderick *et al.*, 1991; Nogueira, 2011).

### **4.3. Los taninos.**

Los taninos son compuestos químicos formados por fenoles solubles en agua con un peso molecular que varía entre los 500 y los 3,000, poseen la propiedad de precipitar ciertos componentes de las plantas tales como alcaloides, carbohidratos y principalmente proteínas, formando con estas últimas un complejo estable (Torres-Acosta *et al.* 2008). Solano (1997) destaca que la interrelación que existe entre el complejo tanino-proteína, depende tanto de la estructura de las proteínas como de los taninos, ya que diferentes proteínas poseen diferente afinidad a los taninos. La afinidad de los taninos hacia las proteínas depende principalmente de dos factores, su tamaño molecular y de la habilidad de las proteínas de reaccionar con grupos fenólicos.

#### **4.3.1. Uso de los taninos en la alimentación animal.**

Varios estudios han demostrado que los taninos disminuyen la utilización de derivados proteicos tanto en monogástricos como en rumiantes debido a que finalmente facilitan que las proteínas lleguen directamente al abomaso, evitando así que en rumen sean desaminadas y desnaturalizadas (Nogueira, 2011). Fernández *et al.* (2013) reporta que la suplementación a base de grano de sorgo alto en taninos, promovió altas ganancias de peso diarias en los animales de tipo europeo (*Bos taurus*), por lo que se acortó la duración de la ceba y se obtuvieron costos directos de producción adecuados.

La elevada proteólisis puede ser disminuida por medio de protección de la proteína del ataque de la flora microbiana del rumen; esto se observó en alimentos que contenían niveles de taninos de 10 y 25 % ya que después de 24 horas, disminuye significativamente la digestión de la proteína, y particularmente de la tripsina (Márquez y Suarez, 2008). Otro trabajo reportado por Tiemann *et al.* (2009) donde se evaluó la digestibilidad in vitro post-ruminal de la proteína de soya, se obtuvo que los taninos de la cosecha de la estación lluviosa reducen la degradabilidad ruminal de la proteína, contrario a lo que ocurre con la cosecha de la estación seca.

La alta afinidad de los taninos por las proteínas se fundamenta en que la molécula de tanino presenta un gran número de grupos fenólicos que proporcionan numerosos puntos para la formación de enlaces con los grupos carbonilo de los péptidos. La reactividad y afinidad de estas uniones viene determinada por el tipo, concentración, estructura y peso molecular del tanino, como por el grado de polimerización, conformación y peso molecular de la proteína (Nogueira, 2011).

Se sugiere que la formación de los complejos tanino-proteína puede ocurrir por medio de cuatro tipos de enlaces: interacciones hidrofóbicas, puentes de hidrógeno, enlaces covalentes y enlaces iónicos. Se creyó, durante muchos años que en la formación de los complejos tanino-proteína intervenían principalmente los puentes de hidrógeno. Sin embargo, hoy se sabe que las interacciones hidrófobas son de gran importancia en la formación de los mismos. Diversos autores sugieren que en la formación de estos complejos, primero se produce una interacción hidrófoba entre las regiones alifáticas del fenol y de la proteína y luego se forman puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo del fenol y los carbonilos de la proteína. Los enlaces mediante fuerzas de van der Waals aportan a la estabilidad de estos complejos (Haslam, 1994: citado por Nogueira, 2011).

La diversidad de efectos provocados por los taninos y plantean importantes desafíos para el uso benéfico de los mismos, tanto en la nutrición como en la salud de animales. También debemos mencionar la posible reducción de ciertos

contaminantes ambientales cuando los taninos son incorporados en la dieta de animales (Torres-Acosta *et al.* 2008).

Los taninos se presentan en forma natural en la mayoría de los vegetales. De acuerdo con los resultados de diversos estudios, se ha demostrado la notable variabilidad de la concentración de taninos en las plantas, siendo mayor en forrajes leguminosos templados que en forrajes tropicales (Márquez y Suarez, 2008). En la dieta de los rumiantes los taninos se encuentran formando parte de distintos forrajes y concentrados, como henos de leguminosas, granos y frutos. Desde el punto de vista productivo, algunos de los efectos generales más estudiados son: incremento de la eficiencia en la producción de carne, lana y leche, como antioxidantes, mejorador en la salud animal y como inhibidores de la degradación proteica (Solano, 1997).

Reyes *et al.* (2000) reportan que sorgos altos en taninos afectan la ganancia de peso y la conversión en pollos, y que es necesaria la inclusión extra de DL-metionina para mejorar los parámetros productivos, igualando a dietas bajas en taninos. En otro estudio *in vitro* sobre la producción de gases reportado por Cieslak *et al.* (2014), utilizaron dos fuentes de taninos (*Quercus L.* y *Vaccinium vitis idaea L.*), reportan una disminución de la concentración de amoníaco, producción de metano y presencia de parásitos (protozoarios), sin embargo no encontraron cambios en la degradación de la proteína. Wischer *et al.* (2013) utilizó quebracho como fuente de taninos y el reporta que no hubo cambios significativos en la degradación ruminal, pero al igual que el estudio anterior reporta disminución de la concentración de amoníaco y la producción de metano. En este caso específico estos resultados dependen del origen de los taninos, por esta razón es que los trabajos reportan variabilidad en resultados al utilizar diferentes fuentes de taninos.

Sin embargo Dentinho *et al.* (2014) reporta una disminución en la degradación ruminal de proteína de soya con taninos de *Cistus ladanifer L.* en fermentación *in vitro*, la concentración de amoníaco y la producción de metano disminuyeron. Vasta *et al.* (2009) evaluó diferentes fuentes de taninos que fueron de algarrobo,

acacia y quebracho; para los tres casos se observó una disminución de la degradación ruminal de la proteína a 12 horas de incubación cada uno. Las discrepancias entre los estudios se atribuyen a las interacciones proteína-tanino, que no siempre funcionan en un modo óptimo en función de sus estructuras químicas, calidades y cantidades.

Castillo *et al.* (2013) describe que si bien existen numerosos trabajos científicos donde se evalúa los efectos de distintos taninos en la suplementación del ganado, los resultados han sido muy variables (positivos en algunos casos y negativos en otros), y dependen en gran medida del nivel de suplementación y del tipo de taninos.

Sólo el conocimiento de las características de los taninos, unido a los diferentes contextos de alimentación animal, permitirá establecer el manejo adecuado de los alimentos y de los animales que minimice el efecto negativo y garantice un efecto positivo de estas sustancias fenólicas en la nutrición animal.

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1 Ubicación del experimento.**

El experimento se realizó en el Laboratorio de Metabolismo y Digestión de Rumiantes del Instituto de Ciencias Agrícolas perteneciente a la Universidad Autónoma de Baja California, ubicada en el Ejido Nuevo León, Baja California, México (32° 24' 26.34" N y 115° 11' 47.87" O), con una altitud de 16 metros sobre el nivel del mar (msnm), presenta un clima extremoso semiárido con escasas lluvias (menos de 100 - 400 mm) durante todo el año, una temperatura media en el mes más frío de 13°C y en el mes más caliente de 35°C (INEGI, 2010).

### **5.2 Unidades experimentales.**

Se utilizaron 4 novillos Holstein, con un peso promedio de inicial de 194 kg de PV, canulados en rumen y duodeno proximal; se alojaron en corraletas de 3.2 m<sup>2</sup> habilitadas con bebederos automáticos y comederos individuales, durante todo el experimento estuvieron sujetos a la corraleta mediante un bozal y cadena para evitar el desperdicio de alimento y facilitar el manejo durante los muestreos.

### **5.3 Duración del experimento.**

El experimento inicio el 9 de enero y finalizo el 25 de marzo del 2016. Fue dividido en cuatro periodos de 14 días cada uno, los 10 primeros días de adaptación a la dieta asignada y cuatro días para la colección de muestras. Durante el experimento, y específicamente en el periodo uno, un novillo tuvo problemas de acidosis durante del periodo de adaptación a la dieta, por lo que se optó por sustituirlo a partir del periodo dos y al final repetir el periodo uno con este nuevo novillo, esta es la razón por la cual el experimento duro más tiempo.

#### **5.3.1 Descripción de los tratamientos.**

Para evaluar el efecto de la adición de SAP y taninos a una dieta de engorda en la etapa de finalización, se plantearon los siguientes tratamientos:

**Cuadro 1.** Tratamientos utilizados en el experimento

Tratamiento	Composición	DB (g)	SAP (g)	TNN (g)
<b>DB</b>	DB	2190	-	-
<b>ST0</b>	DB + SAP	2190	320	-
<b>STB</b>	DB + SAP + 7.5 % TNN	2190	320	2.88
<b>STA</b>	DB + SAP + 15 % TNN	2190	320	5.76

**DB:** Dieta Base, **SAP:** Solubles Ácidos de Pescado, **TNN:** Taninos.  
SAP contiene 19% de MS y 63% de PC.

La dieta base se elaboró en dos lotes de 1000 kg cada uno, el primero fue utilizado en la etapa previa o de adaptación y durante el primer periodo experimental, el segundo lote se utilizó para los periodos 2, 3 y 4. Debido a que un novillo fue sustituido del experimento en el periodo uno, se almaceno del primer lote alimento suficiente para repetir el primer periodo con el novillo sustituto y así evitar variación en las variables de respuesta. Cada novillo recibió diariamente el 2.1 % de MS de su peso vivo vacío cada 12 horas (07:00 y 19:00 h). Se utilizó óxido crómico al 0.5 % del total de la MS como marcador externo de la digesta. Este se adicionaba desde el momento en que se realizaba el lote de alimento para la dieta. La muestra representativa del alimento consumido en cada periodo de muestreo se integró de alícuotas de aproximadamente 50 g de lo ofrecido en cada horario de alimentación. Posteriormente fueron secadas en una estufa de ventilación forzada a 65 °C, molidas a un tamaño 2 mm en un molino Wiley (Thomas-Wiley, Philadelphia, PA, USA) y envasadas en frascos de plástico para su posterior análisis.

#### **5.4 Colección de muestras.**

En los últimos 4 días de cada periodo se obtuvieron las muestras de quimo duodenal y heces, se realizó en los siguientes horarios: día 1, 09:30 y 15:30, día 2, 08:00 y 14:00, día 3, 06:30 y 12:30, y día 4, 05:00 y 11:00 h, abarcando un tiempo de 12 h, el intervalo entre muestreos fue de 90 minutos. En cada colección se obtuvieron alrededor de 700 ml de quimo duodenal y se almaceno en el congelador en un recipiente de plástico de 5 L a -20° C. En la culminación de cada

periodo se descongeló el quimo duodenal y después de homogenizar el total (8 muestras) se extrajo una alícuota de aproximadamente 25% y se secó a 65° C durante 96 h en una estufa de ventilación forzada. En el caso de las heces, este muestreo se realizaba simultáneamente a la colección de quimo duodenal, tratando de coleccionar las heces recientemente defecadas por el animal, se tomaba una alícuota de aproximadamente 200 g en cada muestreo durante los cuatro días y se almacenaron en una bolsa de nylon a -20° C. De la misma manera, al final de cada periodo se descongelaron a temperatura ambiente, se homogenizaron manualmente y se tomó una alícuota de 20%, posteriormente se secaron a 65° C en papel de aluminio durante 72 h. Una vez secas, tanto las muestras de quimo duodenal como las heces se molieron en una licuadora convencional y posteriormente en un molino multiusos hasta obtener un tamaño de partícula menor a 2 mm y se almacenaron en frascos de plástico para su posterior análisis. Al final de cada colección de cada periodo también se tomó una alícuota de alrededor de 250 ml de líquido ruminal con la ayuda de una bomba manual de succión, se filtró con ocho capas de gasa quirúrgica e inmediatamente se registró el pH con un potenciómetro de vidrio (Oakton® pHTestr 10BNC; www.4oakton.com, Singapore).

### **5.5 Análisis de laboratorio.**

SAP y taninos. Para este caso se analizó: materia seca (MS) y cenizas, solo en el SAP se determinó nitrógeno (N) Kjeldahl (AOAC, 2000).

Dieta basal. En las muestras de alimento se analizó: MS, cenizas, nitrógeno (N) Kjeldahl (AOAC, 2000), fibra detergente neutro (FDN) (Chai y Uden, 1998) y cromo mediante la técnica de Hill y Anderson (1958).

Duodeno. En estas muestras se analizó: MS, cenizas, N amoniacal y N Kjeldahl (AOAC, 2000), FDN (Chai y Uden, 1998), cromo (Hill y Anderson, 1958); Mediante la estimación de purinas como marcador del N microbiano (Zinn y Owens, 1986), se calculó la materia orgánica microbiana (MOM) y el N microbiano (NM) que llega a duodeno.

Heces. En las muestras de heces se analizaron: MS, cenizas, N Kjeldahl (AOAC, 2000), FDN (Chai y Uden, 1998) y cromo (Hill y Anderson, 1958).

## 5.6 Variables de respuesta.

Para el cálculo de las variables de respuesta relacionadas con el flujo de nutrientes hacia el duodeno (MS, MO, FDN, N total, N amoniacal, N microbial, N no amoniacal, N de sobrepaso y agua), la síntesis y eficiencia microbial, la digestión en rumen y tracto bajo se utilizaron los procedimientos establecidos por Zinn *et al.* (2003).

## 5.7 Diseño experimental y análisis estadístico.

Los datos fueron analizados mediante un diseño en Cuadro latino 4X4 con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij}(k) = \mu + T_i + A_j + P_k + \epsilon_{ijk}$$

**Donde:**

$\mu$  = Valor de la media poblacional

$T_i$  = *i*-ésimo efecto de tratamiento

$A_j$  = *j*-ésimo efecto de animal

$P_k$  = *k*-ésimo efecto de periodo experimental

$\epsilon_{ijk}$  = Error aleatorio  $\sim NI(0, \sigma^2)$ .

El efecto de los factores en estudio se evaluó mediante los siguientes contrastes ortogonales: C1 = **DB** vs TMT, C2 = **DB** vs **ST0** y C3 = **ST0** vs **STB**, **STA**. Para evaluar la presencia de cualquier componente lineal o cuadrático en las variables de respuesta por efecto de los factores en estudio se utilizaron polinomios ortogonales (Steel *et al.*, 1997).

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Composición nutricional de los ingredientes y dieta utilizados en el experimento.

La composición nutricional de la dieta basal (DB), los solubles de pescado (SAP) y los taninos (TAN) utilizados en el presente estudio se observan en el Cuadro 2. A causa de que el periodo de adaptación debió extenderse por el mayor tiempo que demandó para los animales acostumbrar su ambiente ruminal al elevado nivel de grano en la dieta basal, esta debió elaborarse en dos ocasiones, por lo que los valores que se presentan de la DB son el promedio de la composición de ambas; por ser una típica dieta de finalización con elevado contenido de grano, el contenido de Em y ENg son elevados (en promedio 3.2 y 1.55 Mcal/Kg respectivamente). En el presente experimento la DB contiene un nivel de N por arriba del mínimo requerido por los rumiantes (NRC, 2000), asimismo los valores de FDN de la DB son considerados normales para una dieta ofrecida en la etapa de finalización. Las determinaciones de FDA y lignina no fueron realizadas debido al bajo contenido de forraje de esta dieta.

Respecto al porcentaje de MSP de los SAP, este valor no se encuentra en el rango reportado por diversos autores en un rango de 50-60 % (Lassen y Bacon, 1946, Soares *et al.*, 1970, Nilsang *et al.*, 2004). Particularmente la fracción MSP es altamente influenciada por el procesado final para su embarque, antes que diferencias durante la extracción. En la composición del SAP el nivel de grasa presenta escasa variación, situándose en un rango de 7 a 8 % (Soares *et al.*, 1973), pero esta determinación no se realizó en el presente estudio. El contenido de nitrógeno se considera elevado y coincide con las determinaciones en otros experimentos, pero las variaciones dependen principalmente de la especie de pescado utilizado para la obtención de la harina y aceite.

**Cuadro 2.** Composición nutricional de los ingredientes.

	<b>DB</b>	<b>SAP</b>	<b>TNN</b>
	% de la MS		
MSP	89.6	24.6	96.4
CEN	6.30	20.1	2.44
FDN	20.1	-	-
N	1.58	10.1	-

DB: Dieta Base, SAP: Solubles Ácidos de Pescado, TNN: taninos.  
MSP: Materia Seca Parcial, MO: Materia Orgánica, FDN: Fibra Detergente Neutro, N: Nitrógeno.

## 6.2 Consumo de nutrientes y flujo hacia duodeno.

El consumo de nutrientes en cada uno de los tratamientos se observan en el Cuadro 3. Aunque el consumo diario de MS se restringió a 2.1 % respecto del peso vivo vacío ( $PVV = PV \cdot 0.96$ ), la diferencia mínima que se observa en los consumos de MS y MO de la dieta control con respecto a los tratamientos se debe principalmente a la adición del SAP y los taninos. En la FDN existe un consumo similar en todos los tratamientos debido a que el SAP y los taninos no aportan este componente; sin embargo, el consumo diario de N en todos los tratamientos respecto al control es 5 gramos mayor, debido al aporte de N del SAP.

**Cuadro 3.** Consumo total de nutrientes<sup>a</sup> por novillos alimentados con una dieta de finalización suplementada con solubles ácidos de pescado y taninos.

<b>Variable</b>	<b>Tratamientos<sup>b</sup></b>			
	<b>DB</b>	<b>ST0</b>	<b>STB</b>	<b>STA</b>
Consumo, g/d				
MS	3922	3983	3984	3984
MO	3685	3735	3735	3735
FDN	758	758	758	758
N	59.4	65.2	63.8	65.3

<sup>a</sup>Nutrientes: MS: materia seca, MO: materia orgánica, FDN: fibra detergente neutro, N: Nitrógeno.

<sup>b</sup>Tratamientos: **DB** = Dieta Base, **ST0** = DB + SAP, **STB** = ST0 + 7.5 % de Taninos/g PC de SAP, **STA** = ST0 + 15 % de Taninos/g PC de SAP.

En el Cuadro 4 se observa el flujo hacia duodeno de los distintos nutrientes no digeridos en el tracto anterior y los resultantes de la síntesis microbial y metabolismo del nitrógeno. Los tratamientos en que se adicionaron SAP o la combinación de este con los distintos niveles de taninos promediaron, respecto a la DB, una disminución (Contraste 1;  $P < 0.05$ ) de 6.7, 9.2 y 20 % en el flujo de MS, MO y FDN, respectivamente. Ahora bien, la adición de únicamente SAP (tratamiento ST0) a la DB disminuyó (Contraste 2;  $P < 0.05$ ) en proporciones similares el flujo de estos mismos componentes en el quimo que ingreso a duodeno. Sin embargo, la adición de taninos al SAP no provocó efecto alguno (Contraste 3;  $P > 0.05$ ) sobre el flujo de ningún componente, a excepción del N del alimento. Esta tendencia a disminuir de la MS, MO y FDN se debe principalmente a la adición de N a través del SAP, ya que al aumentar la cantidad de N en la dieta el crecimiento microbiano se acelera (McDonald *et. al.*, 1999), y por tanto es posible un incremento en la degradación de las tres fracciones, esto repercute en mayor cantidad de compuestos resultantes de la síntesis microbial (Church *et. al.*, 2002) y menor flujo de MS, MO y FDN al tracto posterior.

En el mismo Cuadro 4 se presenta la influencia de los tratamientos sobre los cambios en la fracción nitrogenada. Al comparar con la dieta basal el promedio de los tres tratamientos en que se adiciono SAP o SAP + taninos ocurrieron incrementos (Contraste 1) en la salida hacia el duodeno de N total (16%,  $P < 0.01$ ), N amoniacal (52%,  $P < 0.05$ ), N no amoniacal (14%,  $P < 0.01$ ) y N del alimento (84%,  $P < 0.01$ ); en contraste, existió solo una tendencia ( $P = 0.103$ ) a disminuirse el flujo de NM. Ahora bien, la adición de únicamente SAP a la dieta basal (Contraste 2,  $P < 0.01$ ) también presentó incrementos en el flujo a duodeno de N total (14%), N no amoniacal (12%) y N del alimento (60%). El único efecto que provocó la adición de taninos a las dietas que recibieron SAP (Contraste 3) fue un incremento (23%,  $P < 0.01$ ) en la cantidad de N del alimento que abandonó el tracto anterior, fue además la única variable que en que se identificó un componente lineal ( $P = 0.011$ ). La aplicación de los tratamientos no influyó ( $P > 0.05$ ) sobre el flujo de agua hacia duodeno. La mayor cantidad de N total y N no amoniacal que llegó a duodeno se debe principalmente a la adición de N mediante

el SAP, pues esto se observa en el aumento de N amoniacal contenido en el quimo duodenal que llegó al tracto posterior. Pero el efecto que provocaron los taninos sobre la protección de la proteína se refleja como un aumento en el nitrógeno proveniente del alimento y que llegó a duodeno (Huang *et. al.*, 2010), lo que significa que fue menos degradado por la acción de los microorganismos del rumen, esto facilita la absorción de aminoácidos de manera directa en el intestino delgado (Utsumi *et. al.*, 2012).

Resultados similares son repostados por Kariuki y Norton (2007), donde se utilizaron taninos de diferentes especies vegetales evaluando el efecto sobre la degradación de la proteína de albumina de suero bovino en el tracto anterior y posterior en una prueba de digestibilidad *in vivo* en ovinos, los resultados reportados indican que los taninos contribuyen a un mejor abastecimiento de nitrógeno de sobrepaso que llega al intestino.

**Cuadro 4.** Flujo de nutrientes a duodeno en novillos alimentados con una dieta de finalización suplementada con solubles ácidos de pescado y taninos.

	Tratamiento <sup>1</sup>				EE <sup>2</sup>	C1 <sup>3</sup>		C2 <sup>4</sup>		C3 <sup>5</sup>		P < F			TNN	
	DB	ST0	STB	STA		DB	TMT	DB	ST0	ST0	STBA	C1	C2	C3	L	C
Flujo g/d																
MS	2764	2554	2643	2541	102	2764	2579	2764	2554	2554	2592	<b>0.019</b>	<b>0.026</b>	0.559	0.839	0.176
MO	2287	2063	2131	2035	93	2287	2076	2287	2063	2063	2083	<b>0.004</b>	<b>0.008</b>	0.702	0.497	0.087
FDN	486	404	421	349	47	486	391	486	404	404	385	<b>0.005</b>	<b>0.021</b>	0.447	0.112	0.125
N	78.2	88.9	91.4	92.5	3.8	78.2	90.9	78.2	88.9	88.9	92.0	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	0.101	0.194	0.741
N-A	3.23	4.92	5.19	4.56	0.74	3.23	4.89	3.23	4.92	4.92	4.88	<b>0.028</b>	0.053	0.945	0.677	0.554
N-M	56.0	53.5	51.6	48.0	3.5	56.0	51.0	56.0	53.5	53.5	49.8	0.103	0.467	0.218	0.295	0.857
NNA	75.0	84.0	86.2	87.9	3.8	75.0	86.0	75.0	84.0	84.0	87.0	<b>0.001</b>	<b>0.004</b>	0.119	0.155	0.907
N-Bypass	19.0	30.4	34.6	39.9	3.6	19.0	35.0	19.0	30.4	30.4	37.3	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.009</b>	<b>0.011</b>	0.815
Agua	49.3	52.0	51.7	49.2	4.3	49.3	51.0	49.3	52.0	52.0	50.5	0.747	0.664	0.764	0.680	0.854

MS= Materia Seca, MO= Materia Orgánica, FDN= Fibra Detergente Neutro, N= Nitrógeno NA= Nitrógeno Amoniacal, NM= Nitrógeno Microbial, NNA= Nitrógeno no Amoniacal, N-Bypass= Nitrógeno Bypass, TNN= Taninos.

<sup>1</sup>Tratamientos: **DB** = Dieta Base, **ST0** = DB + SAP, **STB** = ST0 + 7.5 % de Taninos/g PC de SAP, **STA** = ST0 + 15 % de Taninos/g PC de SAP.

<sup>2</sup>EE= Error estándar.

<sup>3</sup>C1= Testigo vs Tratamientos (DB vs TMT).

<sup>4</sup>C2= Efecto de los solubles ácidos de pescado (DB vs ST0).

<sup>5</sup>C3= Efecto de los taninos en los solubles ácidos de pescado (ST0 vs STB, STA).

### 6.3 Digestión en rumen y producción microbial.

En el Cuadro 5 se observan los cambios en la digestión ruminal de los nutrientes ofrecidos, síntesis microbial y la eficiencia del uso del nitrógeno por influencia de los tratamientos utilizados en el presente estudio. Con respecto a la DB, el promedio de los tratamientos en que se adiciono únicamente SAP o los dos niveles de taninos provocaron un incremento en la digestión en rumen de la MS, MO y FDN (Contraste 1;  $P < 0.05$ ) de 20, 9.4 y 36 % respectivamente. Con la adición solo de SAP a la DB también aumento de manera similar (Contraste 2;  $P < 0.05$ ) la digestión ruminal de los mismos componentes; sin embargo, la incorporación de los taninos a la dieta con SAP no influyo ( $P > 0.05$ ) en esta mismas fracciones. Con el incremento en la adición de taninos se identificó una respuesta directa en la digestión en rumen de la FDN (Componente lineal,  $P = 0.026$ ). Los resultados obtenidos en las fracciones de MS, MO y FDN se deben principalmente a la incorporación de N a la dieta, ya que el crecimiento microbial aumento, y por tanto una mayor acción de los microorganismos sobre los componentes de la dieta (Church *et. al.*, 2002).

En el mismo Cuadro 5 se observa la influencia de los tratamientos sobre la fracción nitrogenada, rendimiento microbial y pH. Al compararse el promedio de los tratamientos que recibieron SAP o SAP + taninos con el testigo, ocurrió una disminución (Contraste 1) de 33 % ( $P > 0.01$ ) en la digestión en rumen del N total, 19 % ( $P > 0.01$ ) en la eficiencia microbial y una tendencia ( $P = 0.104$ ) a disminuirse la producción de MOM. El aumento en la eficiencia del nitrógeno fue considerado solo como una tendencia ( $P = 0.061$ ). Con la adición de únicamente SAP a la dieta basal disminuyo (Contraste 2) la digestión en rumen del N total (23 %,  $P = 0.004$ ) y la eficiencia microbial (17 %,  $P = 0.002$ ). El único efecto que provoco la adición de taninos a la DB+SAP fue una reducción (Contraste 3) de 20 % ( $P = 0.012$ ) en la digestión ruminal del N total, así como una tendencia a reducir ( $P = 0.103$ ) la eficiencia del nitrógeno. Con la adición de taninos se identificó un componente lineal ( $P = 0.014$ ) sobre la digestión en rumen del N. La aplicación de los tratamientos no influyo ( $P > 0.05$ ) sobre el pH ruminal. Es importante señalar

que con la adición de los taninos al SAP se redujo aún más la digestión del total de N en el rumen, ya que aunque ocurrió un ligero incremento en la cantidad de amoníaco liberado, el aumento gradual en el N del alimento que no se digirió en rumen fue más determinante, puesto que aunque impactó negativamente en el total de MOM producida en el rumen y la eficiencia de síntesis microbiana, provocó un efecto positivo en la eficiencia de uso del N al llegar a duodeno mayor cantidad de N no amoniacal por gramo de N ingerido, resultados similares son reportados por Azuhwi *et. al.* (2012), Dentinho *et. al.* (2014), Komolong *et. al.* (2001) y Tiemann *et. al.* (2009). Aun cuando no se detectaron diferencias en el pH ruminal, esto pudo también haber influido en la producción y eficiencia de síntesis microbiana. Russell y Dombrowski (1980) y otros autores señalan que un pH < 6.0 al menos detiene el crecimiento bacterial.

**Cuadro 5.** Digestión ruminal, síntesis microbial y eficiencia de uso del nitrógeno en novillos alimentados con una dieta de finalización suplementada con solubles ácidos de pescado y taninos.

	Tratamiento <sup>1</sup>				EE <sup>2</sup>	C1 <sup>3</sup>		C2 <sup>4</sup>		C3 <sup>5</sup>		P < F			TNN	
	DB	ST0	STB	STA		DB	TMT	DB	ST0	ST0	STBA	C1	C2	C3	L	C
Digestión en el rumen % Base Seca																
MS	29.4	35.8	33.6	36.2	3.2	29.4	35.2	29.4	35.8	35.8	34.9	<b>0.008</b>	<b>0.013</b>	0.575	0.804	0.152
MO	53.0	59.0	56.7	58.3	2.5	53.0	58.0	53.0	59.0	59.0	57.5	<b>0.027</b>	<b>0.029</b>	0.435	0.619	0.157
FDN	35.5	46.1	44.4	53.9	6.4	35.5	48.1	35.5	46.1	46.1	49.2	<b>0.005</b>	<b>0.024</b>	0.363	<b>0.026</b>	<b>0.041</b>
N	68.2	52.8	45.6	39.0	5.6	68.2	45.8	68.2	52.8	52.8	42.3	<b>0.001</b>	<b>0.004</b>	<b>0.012</b>	<b>0.014</b>	0.934
MOM <sup>6</sup>	560	535	516	480	35	560	510	560	535	535	498	0.104	0.468	0.220	0.294	0.850
Ef Micr <sup>7</sup>	29.5	24.6	24.5	22.2	2.8	29.5	23.8	29.5	24.6	24.6	23.4	<b>0.001</b>	<b>0.002</b>	0.185	0.110	0.304
Ef N <sup>8</sup>	1.27	1.30	1.36	1.35	0.08	1.27	1.34	1.27	1.30	1.30	1.36	0.061	0.470	0.103	0.291	0.418
pH	6.00	5.91	5.94	5.85	0.14	6.00	5.90	6.00	5.91	5.91	5.90	0.361	0.505	0.870	0.614	0.600

MS= Materia Seca, MO= Materia Orgánica, FDN= Fibra Detergente Neutro, N= Nitrógeno, MOM= Materia Orgánica Microbial, EM= Eficiencia Microbial, EN= Eficiencia del Nitrógeno, TNN= Taninos.

<sup>1</sup>Tratamientos: **DB** = Dieta Base, **ST0** = DB + SAP, **STB** = ST0 + 7.5 % de Taninos/g PC de SAP, **STA** = ST0 + 15 % de Taninos/g PC de SAP.

<sup>2</sup>EE= Error estándar.

<sup>3</sup>C1= Testigo vs Tratamientos (DB vs TMT).

<sup>4</sup>C2= Efecto de los solubles ácidos de pescado (DB vs ST0).

<sup>5</sup>C3= Efecto de los taninos en los solubles ácidos de pescado (ST0 vs STB, STA).

<sup>6</sup>MOM = Nitrógeno microbial \* 10, g/d

<sup>7</sup>Eficiencia Microbial = g de NM / g MO fermentada

<sup>8</sup>Eficiencia del Nitrógeno = g de NNA / g N ingerido

#### **6.4 Digestión Post ruminal y total.**

En el Cuadro 6 se observa la digestión post ruminal de la MO y del N. Ninguno de los factores en estudio influyo ( $P > 0.05$ ) sobre la digestión de la MO en el tracto posterior. Con respecto a la DB, el promedio de los tres tratamientos en que se adiciono únicamente SAP o SAP + Taninos se observó un incremento (Contraste 1) de 7.1% ( $P = 0.009$ ) en la digestión post ruminal del N total, así mismo con la adición de solo SAP a la DB aumento 8% (Contraste 2,  $P = 0.013$ ) la digestión del N en el tracto posterior; sin embargo, la aplicación de cualquiera de los niveles de taninos a la DB + SAP no presentaron ningún efecto ( $P > 0.05$ ) sobre la digestión post ruminal del N. La mayor cantidad de N en la dieta a causa de la incorporación del SAP incremento la digestión del N en el tracto posterior, aunque no se esperaba que la adición de taninos influyera sobre la digestión post ruminal, esto ocurrió debido no solo a que el SAP contiene una cantidad considerable de proteína no degradable en rumen, sino también al efecto compensatorio que ocurre en el compartimento post ruminal de las que no fueron degradadas en rumen (Zinn, 1995).

Kariuki y Norton (2007) reportan en los resultados que el 92% de la digestión de la proteína, que no fue degradada en rumen y que llego al tracto bajo, se lleva a cabo entre el abomaso y el íleon terminal.

La influencia de todos los tratamientos sobre digestión total de la MS, MO, FDN y N total se presenta en el Cuadro 7. La aplicación de los tratamientos no presento ningún efecto ( $P > 0.05$ ) sobre la digestión en el total del tracto de la MS, MO y FDN. Sin embargo, si existió respuesta a la aplicación de los tratamientos sobre la digestión total del N, al comparar el promedio de los tres tratamientos con SAP o SAP + Taninos con el testigo se observó un incremento (Contraste 1) en la digestión total del N (6.6 %,  $P = 0.014$ ). Así mismo la adición de únicamente SAP a la DB también aumento la digestión del N en el tracto total (9.7 %,  $P = 0.006$ ). La adición de los taninos a la DB + SAP provoco solo una tendencia ( $P = 0.068$ ) a disminuir la digestión total del N. Es evidente que, si la adición de taninos disminuyo la digestión en rumen del N total, esta porción no digerida fue

compensada con un incremento en la digestión post ruminal de tal forma que permitió a los tratamientos que recibieron SAP una ligeramente mayor utilización del N en el tracto total.

**Cuadro 6.** Digestión post-ruminal (%) en novillos alimentados con una dieta de finalización suplementada con solubles ácidos de pescado y taninos.

	Tratamiento <sup>1</sup>				EE <sup>2</sup>	C1 <sup>3</sup>		C2 <sup>4</sup>		C3 <sup>5</sup>		P < F			TNN	
	DB	ST0	STB	STA		DB	TMT	DB	ST0	ST0	STBA	C1	C2	C3	L	C
Digestión post-ruminal % de la MS																
MO	60.7	60.6	58.9	60.6	2.1	60.7	60.0	60.7	60.6	60.6	59.8	0.781	0.973	0.738	0.994	0.242
N	70.9	76.6	74.8	76.3	2.3	70.9	75.9	70.9	76.6	76.6	75.6	<b>0.009</b>	<b>0.013</b>	0.482	0.838	0.337

MO= Materia Orgánica, N= Nitrógeno, TNN= Taninos.

<sup>1</sup>Tratamientos: **DB** = Dieta Base, **ST0** = DB + SAP, **STB** = ST0 + 7.5 % de Taninos/g PC de SAP, **STA** = ST0 + 15 % de Taninos/g PC de SAP.

<sup>2</sup>EE= Error estándar.

<sup>3</sup>C1= Testigo vs Tratamientos (DB vs TMT).

<sup>4</sup>C2= Efecto de los solubles ácidos de pescado (DB vs ST0).

<sup>5</sup>C3= Efecto de los taninos en los solubles ácidos de pescado (ST0 vs STB, STA).

**Cuadro 7.** Digestión total (%) en novillos alimentados con una dieta de finalización suplementada con solubles ácidos de pescado y taninos.

	Tratamiento <sup>1</sup>				EE <sup>2</sup>	C1 <sup>3</sup>		C2 <sup>4</sup>		C3 <sup>5</sup>		P < F			TNN	
	DB	ST0	STB	STA		DB	TMT	DB	ST0	ST0	STBA	C1	C2	C3	L	C
Digestión total (%)																
MS	73.7	76.3	74.0	76.4	2.0	73.7	75.6	73.7	76.3	76.3	75.2	0.278	0.215	0.515	0.969	0.180
MO	75.6	78.1	76.5	78.3	2.0	75.6	77.6	75.6	78.1	78.1	77.4	0.215	0.213	0.667	0.763	0.061
FDN	43.0	47.0	46.2	51.6	5.1	43.0	48.3	43.0	47.0	47.0	48.9	0.350	0.551	0.745	0.313	0.399
N	61.9	67.9	64.2	66.0	3.2	61.9	66.0	61.9	67.9	67.9	65.1	<b>0.014</b>	<b>0.006</b>	0.068	0.289	0.122

MS= Materia Seca, MO= Materia Orgánica, FDN= Fibra Detergente Neutro, N= Nitrógeno, TNN= Taninos.

<sup>1</sup>Tratamientos: **DB** = Dieta Base, **ST0** = DB + SAP, **STB** = ST0 + 7.5 % de Taninos/g PC de SAP, **STA** = ST0 + 15 % de Taninos/g PC de SAP.

<sup>2</sup>EE= Error estándar.

<sup>3</sup>C1= Testigo vs Tratamientos (DB vs TMT).

<sup>4</sup>C2= Efecto de los solubles ácidos de pescado (DB vs ST0).

<sup>5</sup>C3= Efecto de los taninos en los solubles ácidos de pescado (ST0 vs STB, STA).

## VII. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente experimento donde se evaluó no solo el efecto de la adición de taninos a una dieta de engorda de finalización, sino también la inclusión de N mediante el SAP, se corrobora la hipótesis planteada, ya que la adición de taninos disminuyó la degradación en rumen de la proteína y por tanto una mayor cantidad de N no degradable en rumen que llegó al tracto anterior, la eficiencia de la utilización del N también fue mejor, es importante realizar investigaciones posteriores en donde se evalúen parámetros productivos del efecto de los taninos y factores económicos comparando fuentes de proteína de alto valor biológico comúnmente utilizadas en la formulación de raciones y la proteína que contiene el SAP.

## VIII. LITERATURA CITADA

- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis (17th ed.). Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, USA. 2200 pp
- Azuhwi, B.N.; Thomann, B.; Arrigo, Y.; Boller, B.; Hess, H.D.; Kreuzer, M. y Dohme-Meier, F. 2012. Ruminant dry matter and crude protein degradation kinetics of five sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop) accessions differing in condensed tannin content and obtained from different harvests. *Animal Feed Science and Technology*. 177. 135-143.
- Broderick G. A.; Wallace, R. R. y Orskov, E. R. 1991. Control of rate and extent of protein degradation. In: *Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants. Proceedings of the Seventh International Symposium on Ruminant Physiology*. T. Tsuda, Y. Sasaki and R. Kawashima (Eds.) Academic Press. Elsevier (Reino Unido).pp. 541-592.
- Castillo R. A.; Barajas, R.; Aguerre, J. M. y Lencioni, S. P. 2013. Uso de taninos en la nutrición de rumiantes, actualización técnica. IV Congreso Argentino de Nutrición Animal CAENA. 6 p.
- Chai W. y Uden P. (1998). An alternative oven method combined with different detergent strengths in the analysis of neutral detergent fiber. *Anim. Feed Sci. Technol.* 74:281-88.
- Chamberlain G.W. 1993. Aquaculture trends and feed projections. *World Aquaculture*, 24 (1): 19-29.
- Church, D.C.; Pond, W.G. y Pond, K.R. 2002. *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*. 2ª ed. Limusa. 635 p.

- Cieslak, A.; Zmora, P.; Pers-Kamczyc, E.; Stochmal, A.; Sadowinska, A.; Salem, A. Z.; Kowalczyk, D.; Zbonik, P. y Szumacher-Strabel, M. 2014. Effects of two sources of tannins (*Quercus L.* and *Vaccinium vitis idaea L.*) on rumen microbial fermentation: an in vitro study. *Italian Journal of Animal Science*. 13(3133): 290-294.
- Cruz, S. L.; Ricque, M. D.; Nieto, L. M. y Tapia, S. M. 2000. Revisión sobre calidad de harinas y aceites de pescado para la nutrición del camarón. *Avances en Nutrición Acuícola IV*. pp 298-326.
- Dentinho, M. T.; Beloá, A. T. y Bessa, R. J. 2014. Digestion, ruminal fermentation and microbial nitrogen supply in sheep fed soybean meal treated with *Cistus ladanifer L. tannins*. *Small Ruminant Research*. 119: 57–64.
- Fernández, A. E.; Stuart, R. J.; Chongo, B. y Martín, P. C. 2013. Terminación de novillos británicos en pastoreo, suplementados con grano de sorgo alto en taninos. *Pastos y Forrajes*. 36(2): 238-245.
- Hill F.N. y Anderson D.L. 1958. Comparison of metabolizable energy and productive energy determination with growing chicks. *J. Nutr.* 64:587-603.
- Huang, X.D.; Liang, J. B.; Tan, H. Y.; Yahya, R.; Khamseekhiew, B. y Ho, Y. W. 2010. Molecular weight and protein binding affinity of *Leucaena* condensed tannins and their effects on in vitro fermentation parameters. *Animal Feed Science and Technology*. 159: 81–87
- INEGI, 2010. Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática y Gobierno del Estado de Baja California. Aguascalientes, México.3-7.

- Kariuki I. W. y Norton B.W. 2007. The digestion of dietary protein bound by condensed tannins in the gastro-intestinal tract of sheep. *Animal Feed Science and Technology*. 142. Pag. 197-209.
- Komolong, M. K.; Barber, D.G. y McNeill, D. M. 2001. Post-ruminal protein supply and N retention of weaner sheep fed on a basal diet of lucerne hay (*Medicago sativa*) with increasing levels of quebracho tannins. *Animal Feed Science and Technology*. 92(2001): 59-72.
- Lassen, S. y Bacon, K. E. 1946. The Use of Condensed Fish Solubles in Poultry Nutrition. Van Camp Laboratories, Terminal Island, California. 486-491.
- Márquez, L. D. y Suárez, L. A. 2008. El uso de taninos condensados como alternativa nutricional y sanitaria en rumiantes. *Revista de Medicina Veterinaria*. 16(7): 87-109.
- MAZINSA S. A. DE C. V. <http://www.mazinsa.com> fecha de consulta: 08/Noviembre/2014.
- McDonald, P.; Edwards, R. A.; Greenhalgh, J. F. D. y Morgan, C. A. 1999. *Nutrición animal*, 5ª ed. Acribia. 600 p.
- Nelson, D. L. y Cox, M. M. 1987. *Lehninger. Principios de bioquímica*. 3ª ed. Omega. 1013 p.
- Nilsang S.; Lertsiri S.; Suphantharika M. y Assavanig A. 2004. Optimization of enzymatic hydrolysis of fish soluble concentrate by commercial proteases. *Journal of Food Engineering*, 70: 571–578.
- Nogueira, S. C. 2011. Suplementación con mezcla comercial de taninos de quebracho y castaño en vacas lecheras. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina. 81 p.

NRC, 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle:7<sup>th</sup> rev. edn. Update. National Academy Press, Washington, DC.

Reyes, S. E.; Cortés, C. A.; Morales, B. E. y Ávila, G. E. 2000. Adición de dl-metionina en dietas con sorgo altoen taninos para pollos de engorda. Técnica Pecuaria en México. 38(1): 1-8.

Russelle, J. B. y Dombrowski, D. B. 1980. Effect of pH on the efficiency of growth by pure cultures of rumen bacteria in continuous culture. Applied and Environmental Microbiology. 39:3 604-610.

SAS, 2002. Users guide: Statics, version 6.4th edition. SAS Int., Inc., Cary, NC.

Soares J.H.; Miller D.; Lagally H.; Stillings B.R.; Bauersfeld P. y Cuppett S. 1973. The comparative effect of oral ingestion of methylmercury on chicks and rats. Poultry Sci 52:452–458.

Soares, J. H. Jr.; Miller, D. y Ambrose, M. E., 1970. Chemical composition of Atlantic and Gulf menhaden fish solubles. Feedstuffs, 42 (33): 65-71.

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, UANL. 71 p.

Steel, D. R.; Torrie, H. J. y Dikhey, A. D. 1997. Principles and procedimientos of statics a biometrical approach. Editorial WCB McGraw-Hill. 3<sup>a</sup> Ed. 666 p.

Tiemann, T. T.; Cortez, J. E.; Pavón, M. L.; Hess, H.D.; Kreuzer, M. y Carulla, J. E. 2009. *In vitro* evidence for the importance of cultivation conditions on the effects of Calliandra tannins on ruminal escape of soybean protein and its

post-ruminal degradability. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 94(2010): 225–230.

Torres-Acosta, J.; Alonso-Díaz M. A.; Hoste, H.; Sandoval-Castro C. y Aguilar-Caballero A. J. 2008. Efectos negativos y positivos del consumo de forrajes ricos en taninos en la producción de caprinos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 9(1): 83-90.

Utsumi S. A.; Cibils A. F.; Estell R. E.; Soto-Navarro S. A.; Chenb L. y Hallford D. M. 2013. Effects of adding protein, condensed tannins, and polyethylene glycol to diets of sheep and goats fed one-seed juniper and low quality roughage. *Small Ruminant Research* 112 (2013) 56–68.

Vasta, V.; Makkar, H. P.; Mele, M. y Priolo, A. 2009. Ruminal biohydrogenation as affected by tannins *in vitro*. *British Journal of Nutrition*. 102(2009): 82–92.

Wischer, G.; Boguhn, J.; Steinga, H.; Schollenberger, M. y Rodehutschord, M. 2013. Effects of different tannin-rich extracts and rapeseed tannin monomers on methane formation and microbial protein synthesis *in vitro*. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*. 20(111): 1-11.

Zinn, R. A.; Barajas, R.; Montaña, M. y Ware R. A. 2003. Influence of dietary urea level on digestive function and growth performance of cattle fed steam-flaked barley-based finishing diets. *Journal of Animal Science*. 81:10 2383-2389.

Zinn, R. A., 1995. Characteristics of Digestion of linted and Lint-Free Cottonseed in Diets for Feedlot cattle. *J. Anim. Sci*. 1995. 73: 1246-1250.

Zinn, R.A. y Owens. F.N. 1986. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. *Canadian Journal of Animal Science* 66: 157-166.