

PONENCIAS MAGISTRALES

# Biotecnologías reproductivas para el siglo XXI

Julio Ramón-Ugalde\*

Tecnológico Nacional de México (TecNM), Instituto Tecnológico de Conkal (IT Conkal), Conkal, México

## Resumen

La biotecnología reproductiva comprende una serie de técnicas encaminadas a la producción y preservación de los animales domésticos y aquellos en vías de extinción o extintos. El propósito de este trabajo es realizar una breve reseña de cómo evolucionó en el tiempo y sus posibilidades de aplicación y desarrollo en un futuro inmediato.

**Palabras clave:** Biotecnología. Reproducción. Animales domésticos.

## Introducción

El rápido desarrollo tecnológico y la globalización no han sido de todo favorables al desarrollo de las capacidades propias de los países en desarrollo, como es el caso de la mayoría de los países iberoamericanos. Sin embargo, el nivel de desarrollo científico y tecnológico de un país es medido, entre otras cosas, por sus recursos destinados a investigaciones y recursos humanos, siendo cada vez más importante orientar los sistemas de ciencia y tecnología hacia

las necesidades de las poblaciones, facilitando la viabilidad práctica de la innovación tecnológica. Para ello, las producciones científicas y tecnológicas de la región deben estar encaminadas a la percepción de los problemas de las sociedades a las que pertenecen, conformando leyes donde el desarrollo científico y tecnológico se manifieste como un factor de apoyo imprescindible para fortalecer la economía y el desarrollo, siendo esta la tendencia general en este campo.

En el desarrollo de biotécnicas tanto de conservación como de preservación de las especies, tanto animales como vegetales, la biotecnología contribuye al empleo sostenible de la diversidad biológica y su preservación, aunado a un interés económico, principalmente a nivel de los animales domésticos con la finalidad de aumentar la productividad de los mismos, ante la creciente demanda de productos de origen animal. En este sentido, todos los procesos productivos incorporan elementos de calidad en términos de eficiencia reproductiva, haciéndolos más competitivos frente a otras alternativas de producción. Por tanto, de todas las biotécnicas reproductivas desarrolladas hasta el momento, en este apartado se abordaran tan solo algunas y su contribución histórica, siendo todas ellas aplicables a los ovinos.

## Desarrollo temático

La biotecnología de la reproducción es un conjunto de técnicas que van desde la inseminación artificial hasta la clonación, todas ellas encaminadas a aumentar la eficiencia reproductiva de los animales. En sí mismas, son herramientas útiles para aplicar otras técnicas más modernas como la transgénesis. La producción de embriones *in vivo* dio paso a la producción de embriones *in vitro*, y en su aplicación se incluyeron como herramientas la inseminación artificial y la transferencia de embriones.

Actualmente se observa una disminución de la variabilidad genética de las especies domésticas debido al ritmo de explotación al que han sido sometidas, así mismo, razas en peligro de extinción e incluso ya extinguidas están siendo ahora contempladas dentro de los programas de reproducción asistida, a fin de intentar y lograr su resurrección como lo es el caso del "Bucardo", en España (Folch et al., 2009), o el "lobo de Tasmania", en Nueva Zelanda (Miller et al., 2009). En los animales domésticos, varias de estas técnicas están siendo aplicadas de manera sistemática logrando resultados aceptables. En los programas de mejoramiento genético, el control de genes productivos y su difusión mediante estas técnicas ha permitido incrementar la producción y la calidad de los productos, sin embargo, estos incrementos van aunados a un decremento de la vida útil, por ello, en la utilización de estas técnicas modernas de reproducción asistida existen componentes a considerar desde el punto de vista económico y ético.

Las biotecnologías reproductivas según Palma (2001) se distinguen de las técnicas génicas porque no alteran el genoma del animal. Las técnicas génicas o transgénicas se ocupan de los genes en particular. De este modo, a manera de resumen histórico, se podría decir que la biotecnología de la reproducción desde su origen tiene cinco generaciones (Thibier, 1990): primera (1908) - inseminación artificial; segunda (1970) - control hormonal, transferencia de embriones, congelación y división; tercera (1980) - sexado de embriones y espermatozoides, producción *in vitro* de embriones; cuarta (1990) - clonación con células somáticas; quinta (2000) - transgénesis.

En la primera generación, la principal motivación en el desarrollo de la inseminación artificial no radicó en la posibilidad de aumentar la productividad, sino en el control sanitario que se podía lograr a través de ella, si bien es cierto que existía el riesgo que de no tomarse las precauciones necesarias, esta sería una herramienta de difusión de enfermedades, ya sea de origen infeccioso o hereditario. No obstante, por año son actualmente inseminadas aproximadamente 80 millones de hembras.

Durante la segunda generación, el control de la reproducción a través del control hormonal permitió por un lado acortar el anoestro posparto y por otro, el reinicio de la actividad reproductiva. El conocimiento del rol endocrino de las hormonas ayudó a desarrollar programas de estimulo superovulatorio y transferencia embrionaria, haciendo mucho más efectivo el uso de la inseminación artificial, concentrando los nacimientos y haciendo lotes más homogéneos. Estas biotecnologías alcanzaron su máximo desarrollo a comienzos de 1980 con una generación anual de 739,502 embriones de los cuales 227,742 corresponden a Europa (AETE, 2000). A partir de este año, la tercera generación de biotécnicas de la reproducción enfoca su desarrollo en el sexado de embriones y espermatozoides y la producción de embriones *in vitro*, prácticamente motivados por aspectos económicos, pues la producción de embriones *in vivo* resulta con costos más altos que cuando se producen embriones *in vitro*, donde el material prácticamente es recolectado directamente de animales en matadero. Paralelo a estas técnicas se desarrollaron programas de conservación de gametos, lo que permitió una rápida difusión de este material debido a la facilidad de transporte aunado a su bajo precio respecto al de animales *in vivo*. Así mismo, se incorporaron técnicas de duplicación embrionaria a fin de aumentar la rentabilidad de un tratamiento de estimulo superovulatorio. Sin embargo, no es hasta ahora que comienza a tener una aplicación más sistemática.

Para la cuarta generación, las técnicas antes desarrolladas sirvieron como herramientas para la clonación, que es una biotecnología que permite la producción asexual de un individuo idéntico al material nuclear con que se generó (Palma, 2001).

El nacimiento del primer clon mamífero, originado de una célula adulta diferenciada (Wilmut, 1997), marco el punto de partida hacia un futuro donde la clonación está siendo usada para la producción de animales transgénicos. Sin embargo, éticamente está siendo cuestionada por las implicaciones morales que puede tener en la medicina humana.

Finalmente, el mundo actual utiliza todas estas herramientas en lo que llamamos biotecnologías reproductivas de quinta generación. Aquí la transgénesis y el gene farming o producción industrial de proteínas con individuos vivos, se basan en la transferencia de ADN en una célula receptora y la posterior integración y construcción de ese ADN en el genoma del organismo, de tal modo que si la construcción génica se integra en el genoma del animal y expresa su función, se denomina a este “transgénico”, y a la proteína codificada por el animal transgénico, se la denomina “producto transgénico” (Palma, 2001).

Actualmente, estos son algunos ejemplos de cómo distintos países utilizan la biotécnica de ovulación múltiple y transferencia de embriones en ovinos, a fin de lograr objetivos específicos:

- Disminución de la cantidad de grasa de la canal (UK);
- Aumento de la proteína en la leche (Francia);
- Aumento de la prolificidad (España);
- Aumento de la fecundidad (Sudáfrica);
- Disminución del diámetro de la fibra de la lana (NZ);
- Exportación de genética selecta (Australia y NZ);
- Multiplicación de animales de alto valor (México).

## Conclusión

El avance cualitativo y cuantitativo de las biotécnicas reproductivas desde 1908 ponen de manifiesto la voluntad del hombre por desarrollar técnicas que permitan garantizar el manejo de genes a favor de la producción y la sanidad de los animales domésticos y aquellos en vías de extinción, todo con el único fin de ampliar la gama de conocimientos comerciales en un mundo

globalizado tendiente a mejorar la calidad de vida de los seres que residimos en este sitio común al que llamamos “Tierra”.

## Referencias

- AAETE. Proceedings of the Scientific Meetings of the European Association of Embryo Transfer. 2000. 145 p.
- Folch J, Cocero MJ, Chesné P, Alabart JL, Domínguez V, Cognié Y, et al. First birth of an animal from an extinct subspecies (*Capra pyrenaica pyrenaica*) by cloning. *Theriogenology*. 2009;71(6):1026-34.
- Miller W, Drautz DI, Janecka JE, Lesk AM, Ratan A, Tomsho LP, et al. The mitochondrial genome sequence of the Tasmanian tiger (*Thylacinus cynocephalus*). *Genome Res*. 2009;19(2):213-20.
- Palma GA. Biotecnología de la reproducción. Buenos Aires: INTA; 2001. p. 1-19.
- Thibier M. New technologies in cattle reproduction. 7th Congress of the Federation of Asian Veterinary Association (FAVA); 4 - 7 nov 1990; Pattaya, Thailand. Bangkok : TVMA; 1990. P. 512-24.
- Wilmut I, Schnieke AE, McWhir J, Kind AJ, Campbell KH. Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells. *Nature*. 1997;385(6619):810-3.

PONENCIAS MAGISTRALES

# Blackbelly, una raza ovina resistente a parásitos, opción para los sistemas tropicales subhúmedos

Jorge Alfredo Cuéllar Ordaz\*

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México, México

## Resumen

La raza de ovinos Blackbelly, originaria de África y muy difundida en Latinoamérica, especialmente en aquellos lugares con clima subhúmedo y donde los animales son criados en sistemas de pastoreo, ha demostrado a través de observaciones empíricas y experimentales ser resistente a la infección por *Haemonchus contortus*, el nematodo gastroentérico más difundido y virulento de los ovinos, causante de grandes pérdidas económicas en la ovinocultura mundial. En el presente escrito, se resumen algunas experiencias desarrolladas en México, donde, en forma experimental, se evidencia esa característica de la raza Blackbelly.

**Palabras clave:** *Haemonchus contortus*. Ovinos Blackbelly. Trópico subhúmedo.

## Introducción

Es conocido que los animales nativos o criollos muestran una mayor resistencia a las infecciones parasitarias que los animales de raza pura, este fenómeno puede explicarse como un proceso de

selección natural en los animales criollos que dan origen a una progenie con las mismas características. Si se toma en cuenta que muchas veces los animales de raza pura son cridados en estabulación total, en las que difícilmente se expondrían a los parásitos, sin embargo, al entrar en contacto con ellos, muestran una gran susceptibilidad (Cuéllar, 1992).

Está demostrado que algunas razas de ovinos son más resistentes que otras a las infecciones por nematodos gastroentéricos (NGE), entre ellas está la Blackbelly (Yaswinski et al., 1980).

El término resistencia a nematodos se ha definido como la habilidad de un hospedador para iniciar y mantener una respuesta que evite o reduzca el establecimiento de los parásitos o bien, elimine la carga parasitaria. Los animales resistentes no son completamente refractarios a la enfermedad, sólo albergan menos parásitos que los animales susceptibles, por lo tanto, eliminan menos huevos en heces (Albers et al., 1987).

Existen diferentes formas de evaluar la resistencia genética a nematodos gastroentéricos, la más común, es medir la reducción en la eliminación de huevos en las heces, con todas las limitaciones que eso implica, pues la cantidad de huevos eliminados no necesariamente está relacionada con la carga parasitaria en el animal.

No obstante, esta prueba se ha empleado para la selección de animales en Australia y Nueva Zelanda. La más confiable, es conocer la cantidad de parásitos (larvas y adultos) presentes en el tracto gastrointestinal de los animales evaluados (Balic et al., 2000).

La resistencia a los nematodos adultos se puede manifestar de tres formas: La primera es la eliminación de la población de nematodos adultos, la segunda son cambios en la morfología de los nematodos adultos y la tercera se observa como una disminución en la fecundidad de las hembras parásitas (Balic et al., 2000).

En cuanto a la eliminación de la población de adultos se han estudiado diferentes situaciones. Una de ellas es la expulsión de nematodos en primoinfecciones, la cual ha demostrado que depende de la dosis de larvas infectantes. En cambio, la expulsión de nematodos adultos es en gran parte función de inmunidad adquirida como consecuencia de infecciones repetidas y es una manifestación común de desarrollo de inmunidad en infecciones por NGE, sin embargo, ha tomado importancia el determinar si la eliminación de adultos es consecuencia del desarrollo de inmunidad específica contra estados larvarios o específica contra los adultos (Balic et al., 2000).

### **Los ovinos Blackbelly son resistentes a *Haemonchus contortus***

La raza Blackbelly, también conocida como panza negra o barbados, es originaria de África, pero tiene más de 300 años en las islas de Barbados, de ahí se ha distribuido a las islas del Caribe, Centro América, Venezuela, Estados Unidos y México (De Lucas y Arbiza, 1996). En general es un animal con buena rusticidad, no estacional, con excelente habilidad materna y buena producción lechera. En México se ha difundido en todos los climas, desde el trópico hasta las áreas templadas. Si cuentan con una adecuada alimentación, esas cualidades permiten a las ovejas criar dos o tres corderos con facilidad, su carne es magra, se considera resistente a parásitos y otras enfermedades.

A continuación, se exponen algunas experiencias para evidenciar la resistencia de los ovinos

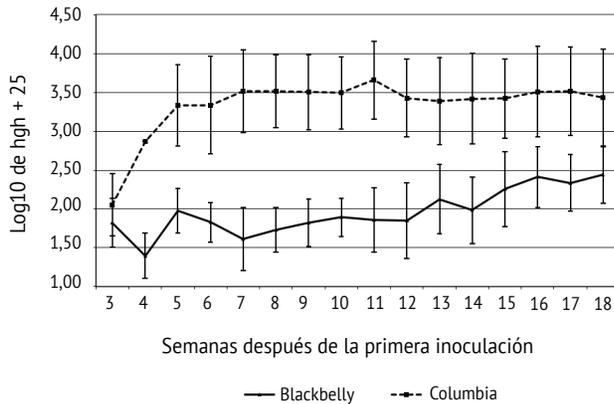
Blackbelly a la infección por *Haemonchus contortus*. El esquema general del diseño experimental fue similar en todos los trabajos cuyos resultados se exponen, sólo fueron diferentes las variables estudiadas. Se utilizaron 30 corderos libres de nematodos entre seis y ocho meses de edad, con 38 kg de peso corporal en promedio, 15 Blackbelly (BB) y 15 y Columbia (C), para cada raza se formó un grupo testigo (cinco corderos) y un grupo experimental (10 corderos), que se mantuvieron en estabulación total. Los animales del grupo experimental fueron inoculados semanalmente con 1000 larvas 3 infectantes de *H. contortus* durante seis semanas.

### **Eliminación de huevos y carga parasitaria por *H. contortus* después de una infección experimental**

Cuenca et al. (2006) estudiaron el efecto de la raza sobre la eliminación de huevos en heces, cantidad de parásitos adultos, el tamaño y prolificidad de los parásitos adultos en una infección experimental con *H. contortus*, en ovinos de las razas Se realizó muestreo de heces en forma semanal a partir de la segunda semana posinoculación (PI) para monitorear la dinámica de eliminación de huevos mediante la técnica modificada de Mc Master durante las siguientes 18 semanas PI. Un día antes del sacrificio, se colocaron bolsas colectoras para recuperar el total de materia fecal de 24 horas y se determinó el hgh para conocer el total de huevos eliminados por día. La mitad de los corderos fueron sacrificados en la semana 14 y los restantes en la semana 18. Para conocer el total de los parásitos adultos se separó el abomaso del cual se recuperó el contenido y se cuantificó el total de parásitos presentes. Los parásitos adultos fueron separados por sexo. Se tomaron 25 hembras y 25 machos de cada cordero y se midieron para conocer el tamaño promedio. Para determinar la prolificidad de las hembras, la cantidad de huevos eliminados diariamente se dividió entre el total de hembras encontradas y así conocer la cantidad de huevos por hembra por día. Los datos obtenidos se analizaron mediante la prueba estadística de varianza.

Se encontró una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) en los resultados referentes

a la eliminación de huevos (Figura 1) y a la cantidad de fases adultas (Tabla 1) entre las dos razas, existiendo menor eliminación de hgh y pocos adultos de *H. contortus* en los animales BB en comparación a los C.



**Figura 1** - Eliminación de huevos de *Haemonchus contortus* en ovinos Blackbelly y Columbia (promedio + desviación estándar).

**Tabla 1** - Cantidad de adultos de *Haemonchus contortus* en ovinos Blackbelly y Columbia con infección artificial

	Total		Hembras		Machos	
	n <sup>1</sup>	n <sup>1</sup>	%	n <sup>1</sup>	%	h:m <sup>2</sup>
<b>Columbia</b>	2,369 <sup>a</sup>	1,252 <sup>a</sup>	52,8	1,117 <sup>a</sup>	47,1	1,12 <sup>a</sup>
<b>Blackbelly</b>	58,000 <sup>b</sup>	36,000 <sup>b</sup>	62,3	22,000 <sup>b</sup>	37,6	1,66 <sup>a</sup>

Nota: Letras diferentes en la misma columna para cada raza expresan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup> Media de la cantidad de adultos a las 20 semanas PI. <sup>2</sup> Número de hembras (h) por cada macho (m) de *H. contortus* encontrado.

Para las variables tamaño de parásitos adultos y prolificidad de hembras no se encontraron diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ) entre las dos razas evaluadas. Asimismo, no se detectó un efecto racial sobre el tamaño de parásitos adultos y prolificidad de las hembras.

Se puede afirmar que existió un efecto racial entre los ovinos BB y C en lo referente a la eliminación de huevos y cantidad de parásitos adultos establecidos, concluyendo que, bajo las condiciones del presente trabajo, los animales de la raza BB son más resistentes a la infección artificial por *H. contortus*.

## Cambio de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia después de una infección experimental por *H. contortus*

Con el propósito de conocer las diferencias entre los ovinos de las razas C y BB infectados en forma artificial con *H. contortus* en lo relacionado cambios en la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia, Cuéllar et al. (2003) evaluaron corderos con y sin la infección por *H. contortus* registrando semanalmente el peso corporal hasta los 98 días posinoculación, también se calculó el consumo de alimento, para ello se ofreció a diario una cantidad establecida de alimento a cada corraleta y cada día por la mañana antes de dárseles de comer se recogió el alimento rechazado conteniéndose en bolsas de polietileno identificadas con el número de corral, posteriormente se pesó ese alimento rechazado, para saber cuál fue el consumo voluntario en cada corraleta. Para medir la conversión alimenticia se conoció el consumo neto semanal y se dividió entre la ganancia neta semanal, el resultado fue expresado en gramos. Los datos de las variables fueron procesados por análisis de varianza empleando el modelo GLM del programa estadístico SAS. La ganancia total de peso (GT) en los ovinos C fue 31,4 y 39,1 kg para el grupo inoculado y testigo, respectivamente ( $p < 0,05$ ), la ganancia diaria de peso (GDP) fue de 321 y 399 g para los infectados y testigo ( $p < 0,05$ ). En los BB, la GT fue de 18,4 y 19,6 kg para los parasitados y sin *H. contortus*, respectivamente ( $p > 0,05$ ) y la GDP de 188 y 200 g para esos dos grupos ( $p > 0,05$ ) (Tabla 2).

**Tabla 2** - Ganancia total y diaria de peso en ovinos Columbia y Blackbelly infectados experimentalmente con *Haemonchus contortus*

		GT (kg)	GDP (g)
<b>Columbia</b>	Infectado	31,4 + 7,0 <sup>b</sup>	321 + 70 <sup>b</sup>
	Testigo	39,1 + 3,8 <sup>a</sup>	399 + 40 <sup>a</sup>
<b>Blackbelly</b>	Infectado	18,4 + 3,9 <sup>a</sup>	188 + 40 <sup>a</sup>
	Testigo	19,6 + 3,9 <sup>a</sup>	200 + 40 <sup>a</sup>

Nota: GT = ganancia total de peso; GDP = ganancia diaria de peso. Letras diferentes en la misma columna para cada raza expresan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

En lo referente al consumo de alimento promedio diario en los ovinos C, fue superior ( $p < 0,05$ ) en los animales libres de parásitos en relación a los infectados experimentalmente con *H. contortus*, fue entre 400 y 610 g mayor en los animales del grupo testigo en relación al infectado, representado entre un 13,7 y 19.1% de diferencia y en los animales BB no se presentaron diferencias ( $p > 0,05$ ) entre los infectados y libres de *H. contortus*. En esta raza el consumo osciló entre los 100 y 180 g a favor de los no inoculados lo que correspondió a una diferencia entre el 4,6 y 8,8% (Tabla 3).

La conversión alimenticia en ambas razas en los animales infectados con *H. contortus* fue superior a los del grupo testigo en los dos periodos evaluados (Tabla 4). Dicha diferencia fue de 200 g para C y BB en el primer periodo (0 - 30 días) a favor de los animales no infectados. Para el segundo periodo (30

- 60 días), existió una diferencia de 1,4 kg (22,6%) y 1,0 kg (9,6%) para C y BB respectivamente, siendo la conversión alimenticia superior en los ovinos parasitados con *H. contortus*. Para el caso del segundo periodo de los animales C, existieron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ), siendo mayor en los C infectados con *H. contortus*.

Resultó evidente que los ovinos BB padecieron menos los efectos de la infección experimental por *H. contortus* al no existir diferencias en cuanto a peso final, consumo de alimento y conversión alimenticia. Se concluye que existieron diferencias marcadas entre los ovinos C y BB infectados experimentalmente con *H. contortus*, los de la raza BB tuvieron un menor efecto de la parasitosis manifestándose esto por una ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia similares entre los animales infectados y libres de parásitos.

**Tabla 3** - Consumo promedio diario (kg) de alimento en ovinos Columbia y Blackbelly infectados experimentalmente con *Haemonchus contortus*

		Periodos posteriores a la primera inoculación		
		0 - 30	31 - 60	61 - 90
<b>Columbia</b>	Infectado	2,52 + 0,11 <sup>b</sup>	2,57 + 0,07 <sup>b</sup>	2,58 + 0,05 <sup>b</sup>
	Testigo	2,92 + 0,29 <sup>a</sup>	3,10 + 0,14 <sup>a</sup>	3,19 + 0,11 <sup>a</sup>
<b>Blackbelly</b>	Infectado	1,87 + 0,33 <sup>a</sup>	2,08 + 0,10 <sup>a</sup>	2,06 + 0,10 <sup>a</sup>
	Testigo	2,05 + 0,24 <sup>a</sup>	2,18 + 0,06 <sup>a</sup>	2,16 + 0,07 <sup>a</sup>

Nota: Letras diferentes en la misma columna para cada raza expresan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 4** - Conversión alimenticia (kg) en ovinos Columbia y Blackbelly infectados experimentalmente con *Haemonchus contortus*

		Periodos posteriores a la primera inoculación	
		0 - 30	31 - 60
<b>Columbia</b>	Infectado	4,9 + 0,7 <sup>a</sup>	6,2 + 2,2 <sup>a</sup>
	Testigo	4,7 + 1,6 <sup>a</sup>	4,8 + 1,8 <sup>b</sup>
<b>Blackbelly</b>	Infectado	6,1 + 1,9 <sup>a</sup>	10,4 + 6,1 <sup>a</sup>
	Testigo	5,9 + 1,8 <sup>a</sup>	9,4 + 3,0 <sup>a</sup>

Nota: Letras diferentes en la misma columna para cada raza y periodo, expresan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

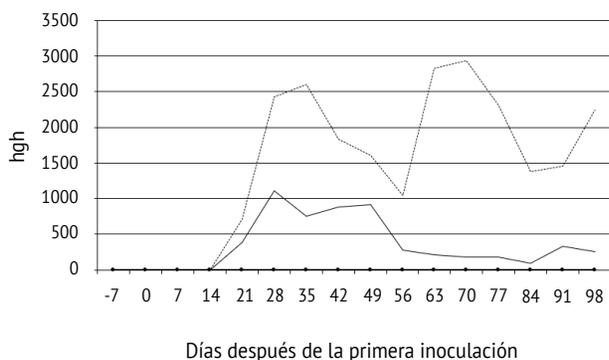
### Efecto de la infección experimental por *H. contortus* sobre los índices del sistema FAMACHA y el volumen del paquete celular sanguíneo

Por otro lado, Pérez et al. (2009) evaluaron el sistema FAMACHA en ovinos de las razas C y BB con una infección artificial con *H. contortus* y se estudiaron la eliminación de huevos por gramo de heces (hgh), el volumen del paquete celular (VPC), el índice FAMACHA y las correlaciones entre esas variables. Se realizaron muestreos de heces en forma

semanal a partir de la segunda semana después de la primera inoculación (dpi) para monitorear la dinámica de eliminación de huevos durante las siguientes 14 semanas dpi. También se colectaron muestras de sangre y se comparó la coloración de mucosa ocular empleando el sistema FAMACHA en ambos grupos. A las muestras de materia fecal se les realizaron pruebas coproparasitológicas mediante la técnica modificada de Mc Master para determinar la cantidad de huevos por gramo de heces (hgh). La determinación del porcentaje del volumen del paquete celular (VPC) se efectuó por la técnica de

microhematocrito. Para el análisis de los datos del número de huevos las cifras fueron transformadas a logaritmo 10 para estabilizar su varianza. Los datos de las variables fueron procesados por análisis de varianza.

El periodo de prepatencia promedio fue de 21 días para los ovinos de ambas razas. El promedio total de eliminación fue de 1502 huevos por gramo de heces (hgh) para los ovinos C y de 501,7 hgh para los BB ( $p < 0,05$ ). En todos los muestreos existió una mayor ( $p < 0,05$ ) eliminación de hgh en los C-I, siendo la diferencia más marcada durante los días 63, 70, 77 y 98 posinoculación con más de 2000 hgh (Figura 2).



**Figura 2** - Eliminación de huevos de *Haemonchus contortus* en ovinos Columbia y Blackbelly infectados experimentalmente.

Estadísticamente fue posible ubicar dos subgrupos diferentes ( $p < 0,05$ ) en los animales BB, uno con una mínima eliminación de huevos que fue considerado como resistente BB-r y otro con una elevada eliminación de huevos que fue el subgrupo susceptible BB-s, por su parte todos los animales C fueron susceptibles (Tabla 5). Existieron similitudes estadísticas ( $p > 0,05$ ) entre los animales C y BB-s.

El porcentaje del VPC tuvo un comportamiento distinto en los animales de las dos razas evaluadas (Figura 3). Los C infectados tuvieron un descenso marcado en comparación a los no infectados, esa diferencia fue del 9% entre los 35 y 98 días. Los ovinos BB, tanto los no infectados como los parasitados (BB-r y BB-s), tuvieron un comportamiento bastante similar a través de todo

el periodo de evaluación. Cuando se compararon los animales infectados de ambas razas se encontraron importantes diferencias entre ellos ( $p < 0,05$ ), disminuyendo notablemente los valores del VPC en los corderos C, particularmente del día 49 al 98 dpi. No obstante que ocurrió esa diferencia en los valores del VPC en los animales C infectados y libres de parásitos, siempre se mantuvieron por encima del valor promedio normal, por lo tanto, los ovinos C con *H. contortus* padecieron más severamente la parasitosis en contraposición a los corderos BB, tanto resistentes (BB-I-r) como susceptibles (BB-I-s), lo que denota una mayor susceptibilidad al nematodo.

La coloración de la mucosa conjuntival como un elemento sugestivo de anemia, basándose en la escala del sistema FAMACHA, en los animales parasitados de la raza C se observó una disminución de la coloración de la mucosa conjuntival (incremento en el índice FAMACHA), siendo menos notorio eso en los corderos infectados de la raza BB (Figura 4). No se encontraron animales que tuvieran índices superiores a 3, posiblemente debido al buen estado nutricional en que se mantuvieron. Es conocido que una nutrición adecuada, particularmente en lo referente a la proteína y energía, favorecen una menor expresión de los signos clínicos de hemocosis.

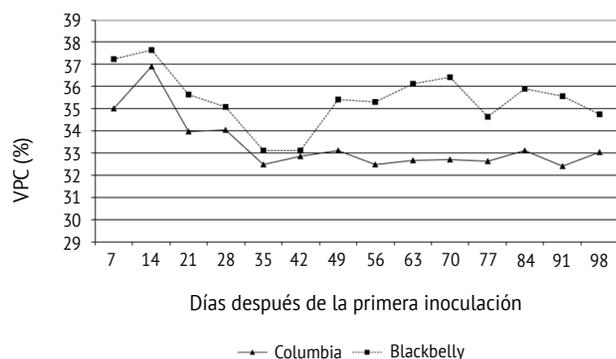
Para cada una de las razas evaluadas ocurrieron situaciones diferentes, para los ovinos C infectados, que sí estuvieron fuertemente parasitados y su efecto (medido por los valores del VPC e índice FAMACHA) fue notorio, estaban en un estado de resiliencia (capacidad del hospedador de soportar una carga parasitaria sin afectar sus niveles de producción), por su parte, los corderos BB con *H. contortus*, a pesar de que recibieron igual cantidad de parásitos, eliminaron menos huevos y sus parámetros sanguíneos y coloración de la mucosa conjuntival fueron similares a los animales no parasitados, son considerados resistentes a la infección parasitaria por *H. contortus*.

Los coeficientes de correlación entre los parámetros de interés se exponen en la Tabla 6 (eliminación de huevos, PVC e índice FAMACHA). Fueron muy variables y sólo algunos fueron significativos.

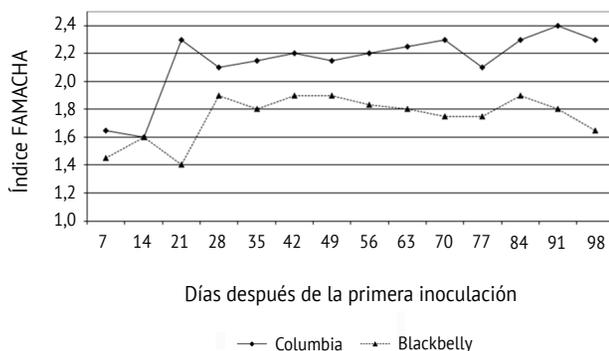
**Tabla 5** - Subgrupos susceptible o resistente de ovinos Columbia y Blackbelly infectados experimentalmente con *Haemonchus contortus*

Columbia				Blackbelly			
Identificación del animal	Log. (hgh) <sup>1</sup>	Diferencia estadística <sup>2</sup>	Resultado	Identificación del animal	Log. (hgh)	Diferencia estadística	Resultado
620	3,17	A	Susceptible	8835	2,76	a	Susceptible
621	3,04	A	Susceptible	11084	2,62	a	Susceptible
623	3,06	A	Susceptible	11197	2,85	a	Susceptible
624	3,25	A	Susceptible	11250	2,61	a	Susceptible
626	3,26	A	Susceptible	11051	1,88	b	Resistente
627	2,93	A	Susceptible	11055	2,19	b	Resistente
629	3,48	A	Susceptible	11057	1,72	b	Resistente
630	3,08	A	Susceptible	11078	1,55	b	Resistente
631	2,98	A	Susceptible	11126	1,52	b	Resistente
634	3,23	A	Susceptible	11154	2,03	b	Resistente

Nota: <sup>1</sup> Logaritmo del número de huevos por gramo de heces (hgh). <sup>2</sup> Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

**Figura 3** - Volumen del paquete celular en ovinos Columbia y Blackbelly infectados con *Haemonchus contortus*.

En conclusión, existieron diferencias marcadas en la eliminación de huevos de *H. contortus* en ovinos C y BB, estos últimos tuvieron una menor eliminación de huevos, sin embargo, estadísticamente se encontraron dos subgrupos, uno con menor eliminación de huevos (BB-r) y otro con cifras similares a los C infectados (BB-s). El VPC y los índices del sistema FAMACHA tuvieron un comportamiento muy distinto en los animales de las dos razas evaluadas, siendo

**Figura 4** - Índice FAMACHA en ovinos Columbia y Blackbelly infectados con *Haemonchus contortus*.

los ovinos C infectados con *H. contortus* los que padecieron más severamente la parasitosis en contraposición a los corderos BB, tanto resistentes (BB-r) como susceptibles (BB-s), lo que sugiere una mayor susceptibilidad al nematodo. Finalmente, las correlaciones entre los parámetros evaluados en el presente trabajo no fueron significativas, posiblemente como consecuencia del buen estado nutricional en que se encontraban todos los animales.

**Tabla 6** - Correlaciones entre la eliminación de huevos, índice FAMACHA y el porcentaje del volumen celular en ovinos Columbia y Blackbelly infectados experimentalmente con *Haemonchus contortus*

Semanas después de la primera infección	Grupo	hgh:FAMACHA	hgh:PVC	FAMACHA:PVC
3 <sup>a</sup>	C-I	0,06	-0,47	-0,39
	C-T			-0,94*
	BB-I	-0,44	0,32	-0,59
	BB-T			0,42
4 <sup>a</sup>	C-I	0,65*	-0,51	-0,49
	C-T			-0,89
	BB-I	-0,70*	-0,65*	-0,65*
	BB-T			-0,55
5 <sup>a</sup>	C-I	0,16	-0,28	-0,39
	C-T			-0,94*
	BB-I	-0,24	0,36	-0,59
	BB-T			0,42
6 <sup>a</sup>	C-I	-0,45	-0,005	-0,59
	C-T			-0,65
	BB-I	0,36	0,07	-0,57
	BB-T	0,36	0,07	0,03
7 <sup>a</sup>	C-I	0,19	-0,22	-0,53
	C-T			-0,39
	BB-I	-0,13	0,07	-0,62*
	BB-T			-0,57
8 <sup>a</sup>	C-I	0,16	-0,50	-0,39
	C-T			-0,82
	BB-I	0,05	-0,11	-0,04
	BB-T			0,64
9 <sup>a</sup>	C-I	0,28	-0,06	-0,36
	C-T			0,87*
	BB-I	-0,18	0,28	-0,56
	BB-T			-0,11
10 <sup>a</sup>	C-I	-0,23	0,14	-0,41
	C-T			0,73
	BB-I	-0,16	0,45	-0,43
	BB-T			0,40
11 <sup>a</sup>	C-I	-0,06	0,01	-0,07
	C-T			0
	BB-I	-0,50	0,30	0,06
	BB-T			0,21
12 <sup>a</sup>	C-I	-0,21	-0,12	-0,37
	C-T			0,21
	BB-I	0,26	-0,27	-0,73*
	BB-T			-0,90*

(Continuação)

Semanas después de la primera infección	Grupo	hgh:FAMACHA	hgh:PVC	FAMACHA:PVC
13 <sup>a</sup>	C-I	-0,19	0,25	-0,63*
	C-T			-0,19
	BB-I	-0,003	-0,15	-0,88**
	BB-T			-0,65
14 <sup>a</sup>	C-I	-0,29	-0,27	-0,23
	C-T			0,52
	BB-I	0,68*	-0,35	-0,74*
	BB-T			-0,77

Nota: \* Diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) \*\* Diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,01$ ). En las otras cifras no existieron diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ). En la columna de grupo, I = infectado con *H. contortus* y T = testigo, sin infección.

### Efecto del estado nutricional de ovinos Blackbelly sobre la infección experimental por *H. contortus*

Con la finalidad de evaluar el efecto del estado nutricional sobre la expresión de resistencia a *H. contortus* en ovinos BB con infección experimental, Alcántara et al. (2011) utilizaron dos grupos de 20 corderos, uno de ellos recibió una dieta que cubría el 100% de sus requerimientos nutricionales, de acuerdo al National Research Council (NRC) el otro fue alimentado sólo con el 50% de sus requerimientos. Seis semanas después, 15 animales de cada grupo fueron inoculados con 5000 larvas de *H. contortus* (1000 L3 durante cinco semanas). Los animales fueron monitoreados para conocer el cambio del peso corporal, la eliminación de huevos y el periodo de prepatencia. A las nueve semanas todos los animales fueron sacrificados para determinar la carga parasitaria a través del conteo de fases adultas de *H. contortus*, el porcentaje de implantación y la prolificidad de las hembras del nematodo. Para conocer las diferencias entre las medias de las variables estudiadas se utilizó análisis de varianza.

Hubo una diferencia del 16% en la ganancia diaria y total de peso entre los corderos que recibieron una dieta que cumplía los requerimientos nutricionales y los restringidos al 50% (Figura 5). Estos últimos mostraron una marcada disminución de peso, que los llevó a un evidente cuadro de subnutrición. El periodo de prepatencia más corto fue de 15 días

posteriores a la primera inoculación (dppi) con *H. contortus*, a los 25 días dppi, prácticamente todos los animales ya habían eliminado huevos en las heces. A los 15 dppi los animales que recibieron ambas dietas (100% y 50%) mostraron muy bajas eliminaciones de huevos (13,3 y 14,3 hgh, respectivamente), los ovinos con la dieta completa mantuvieron una baja eliminación ( $< 100$  hgh), con un pico a los 28 dppi (133,3 hgh). Los que tenían una restricción alimenticia, mostraron un incremento en la excreción de huevos llegando a los 200 hgh a los 28 dppi, y 1,000 hgh en el muestreo correspondiente a los 56 dppi (Figura 6).

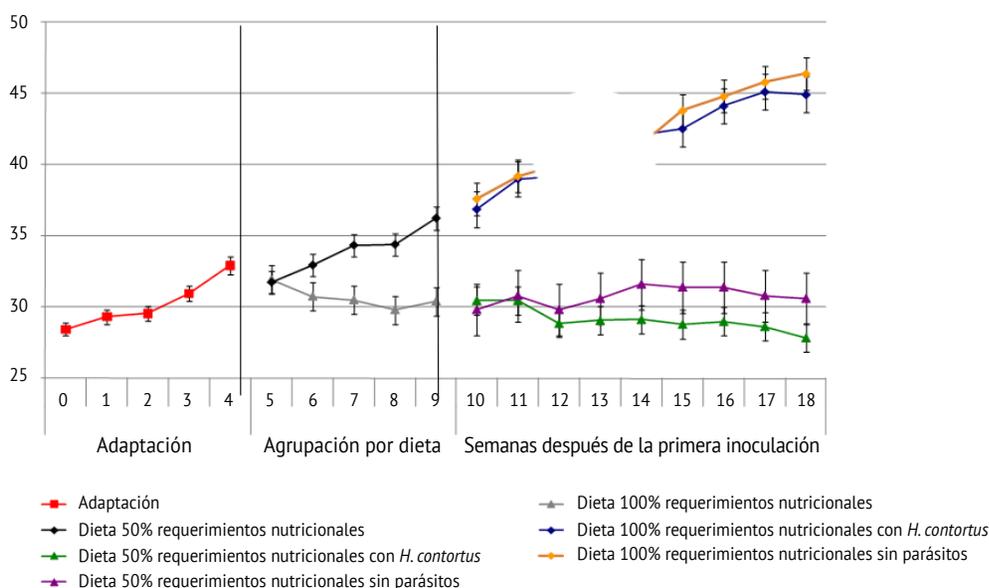
Después del sacrificio el grupo que accedió al 50% de sus requerimientos nutricionales tuvo un promedio de 163,4 fases adultas (FA) de *H. contortus*, mientras que el grupo que recibió el 100% de esas necesidades, sólo se recuperaron 32,5 FA por animal (Tabla 7).

El porcentaje de implantación de FA de *H. contortus* (número de FA encontradas en relación al número de larvas infectantes inoculadas) fue de 0,7 y 3,3 en los ovinos que recibieron el 100 ó 50% de sus necesidades nutricionales. Se logaron identificar dos subgrupos (resistente y susceptible a *H. contortus*) en los animales que tuvieron acceso a las dos dietas (Tabla 8). Los animales clasificados como resistentes de ambos grupos (12 para el del 100% de sus requerimientos y cinco para los del 50%) tuvieron un promedio bajo en la eliminación de huevos (33,3 y 96,6 hgh), una reducida cantidad promedio de FA (11,3 y 16,8) y un porcentaje de

implantación inferior al 1% (0,2 y 0,3%). El grupo susceptible que tuvo los parámetros más elevados fue el de los corderos que accedieron al 50% de sus requerimientos nutricionales.

La prolificidad de hembras de *H. contortus* se observó una gran diferencia entre los grupos que recibieron el 50% o 100% de los requerimientos, con una prolificidad de 5698 y 1,865 huevos por hembra al día, respectivamente.

Se concluye que la desnutrición en corderos BB se manifestó como una disminución considerable de peso y afectó moderadamente la expresión de resistencia contra el *H. contortus* en una infección experimental. Lo anterior se caracterizó por una gran proporción de animales susceptibles con una elevada eliminación de huevos, una mayor cantidad y porcentaje de implantación de fases adultas en el abomaso.



**Figura 5** - Peso promedio de ovinos de la raza Blackbelly (media + error estándar) que recibieron el 100% y 50% de sus requerimientos nutricionales y fueron inoculados con 5000 L3 de *Haemonchus contortus*.

Nota: El periodo entre la semana uno y la cinco, correspondió a la etapa de adaptación (n = 40). De la semana seis a la nueve, se subdividieron (n = 20 c/u) en aquéllos que tuvieron dieta completa (100% NRC) y restringida (50%). Entre la semana 10 y 14 se inocularon con 1000 L3/semana (n = 15), los restantes cinco para cada dieta no tuvieron parásitos. De la semana 15 a la 19 los animales continuaban con la parasitosis.

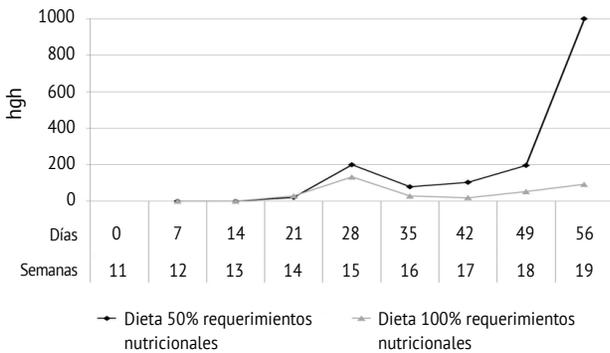
**Tabla 7** - Cantidad de adultos de *Haemonchus contortus* en ovinos Blackbelly infectados artificialmente y que recibieron el 100% o 50% de sus requerimientos nutricionales

Requerimientos nutricionales	Total		Hembras		Machos		Relación hembras/machos <sup>2</sup>
	Cantidad <sup>1</sup>	Cantidad <sup>1</sup>	Cantidad <sup>1</sup>	%	Cantidad <sup>1</sup>	%	
100%	28 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	43	16 <sup>a</sup>	57	0,75
50%	164 <sup>b</sup>	103 <sup>b</sup>	103 <sup>b</sup>	63	61 <sup>b</sup>	37	1,7

Nota: Letras diferentes en la misma columna para cada grupo expresan diferencias estadísticamente significativas (p < 0, 05). <sup>1</sup>Media de la cantidad de adultos encontrados en cada grupo a las 20 semanas posteriores a la primera inoculación. <sup>2</sup>Cantidad de hembras por cada macho de *Haemonchus contortus*.

**Tabla 8** - Parámetros parasitológicos en ovinos Blackbelly resistentes y susceptibles a *Haemonchus contortus* que recibieron el 100% o 50% de sus requerimientos nutricionales

Requerimientos nutricionales	n	Promedio de eliminación de huevos	Promedio de fases adultas	Porcentaje de implantación	Interpretación
100%	12	33,3	11,3	0,2	Resistente
	3	123,9	65,5	1,9	Susceptible
50%	5	96,6	16,8	0,3	Resistente
	10	368,3	236,7	4,7	Susceptible

**Figura 6** - Promedio de la eliminación de huevos en ovinos Blackbelly que recibieron el 50% y 100% de sus requerimientos nutricionales y fueron infectados experimentalmente con 5000 L3 de *Haemonchus contortus*.

### Efecto de la infección experimental por *H. contortus* sobre el conteo de eosinófilos sanguíneos en ovinos Blackbelly

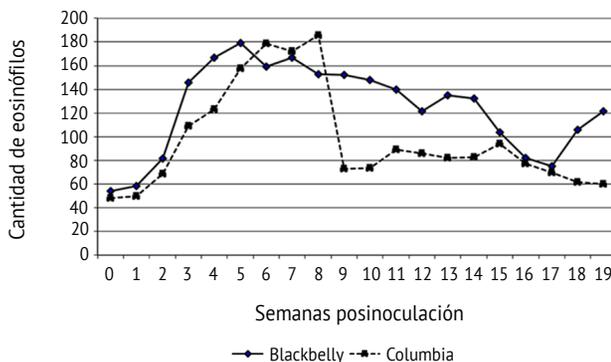
Con la finalidad de correlacionar la eosinofilia con la resistencia a la infección por *H. contortus* en ovinos C y BB (Cuéllar et al., 2005). Se utilizó el esquema experimental mencionado al inicio de este escrito, utilizando corderos C y BB. En el laboratorio se cuantificó la cantidad de huevos por gramo de materia fecal por una técnica modificada de Mc Master. Los eosinófilos sanguíneos (ES) se contaron en un hematocitómetro a partir sangre mezclada con una solución acuosa de eosina amarilla al 1% y acetona al 5%.

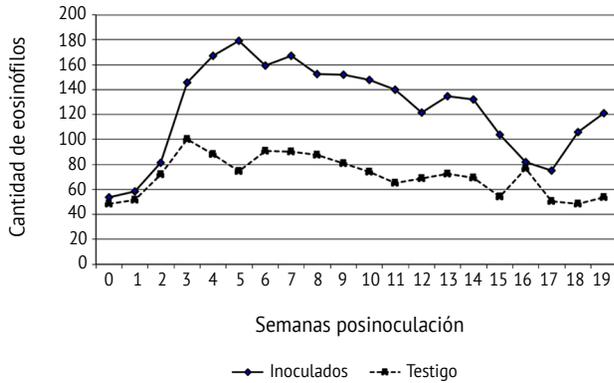
Los corderos BB fueron más resistentes a la infección. Estos eliminaron estadísticamente ( $p < 0,05$ ) menos huevos que los corderos C, el promedio total de huevos eliminados en materia fecal fue de 501,7 y de 1502 respectivamente. Los dos grupos

de animales inoculados presentaron en la tercera semana posinoculación (PI) un incremento de sus niveles de ES (Figura 7).

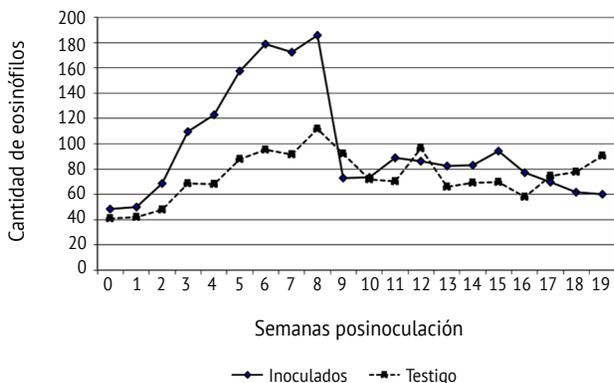
Se observaron diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ) con sus grupos no infectados (testigo) a partir de la tercera semana PI para los BB (Figura 8) y de la cuarta semana PI para los C (Figura 9). Estas diferencias se mantuvieron hasta la sexta semana en los ovinos C, posteriormente los niveles disminuyeron hasta ser estadísticamente iguales ( $p > 0,05$ ) a los grupos control de la semana 7 a la 18, cuando concluyó el experimento. En los BB infectados con *H. contortus* los niveles de ES se mantuvieron diferentes ( $p < 0,05$ ) a los no inoculados hasta la semana trece, de la semana 14 a la 18 no se observaron diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ) entre ellos.

Los resultados obtenidos indican que los ovinos BB resultaron más resistentes a la infección por *H. contortus*, tuvieron mayores niveles de ES que los animales C, por lo que se puede concluir, que la cantidad de ES proporciona un acercamiento hacia el grado de resistencia a la hemoncosis ovina.

**Figura 7** - Conteo de eosinófilos en ovinos Columbia y Blackbelly inoculados con *Haemonchus contortus*.



**Figura 8** - Conteo de eosinófilos en ovinos Blackbelly infectados con *Haemonchus contortus* y libres de parásitos.



**Figura 9** - Conteo de eosinófilos en ovinos Columbia infectados con *Haemonchus contortus* y libres de parásitos.

### Comparación de la cantidad de eosinófilos abomasales en ovinos de alta y baja susceptibilidad a la hemoncosis ovina

El objetivo del trabajo fue relacionar la presencia de eosinófilos en la mucosa abomasal y el linfonodo abomasal (LNA) con la resistencia a la infección por *H. contortus*. Muñoz y col. (2005) utilizaron 14 corderos raza C y 12 BB de 4 a 6 meses de edad. Cada raza se dividió en dos subgrupos, 10 animales de cada raza fueron inoculados con 1000 L3 de *H. contortus* semanalmente durante seis semanas. Dos corderos BB y cuatro C fueron testigos. Durante 15 semanas se cuantificó la cantidad de huevos por gramo de heces (hgh), al final los animales fueron sacrificados y se obtuvieron muestras de la región

fúndica (RFA) y pilórica (RPA) del abomaso y del LNA éstas fueron procesadas para cortes histológicos los cuales fueron teñidos con Cromótopo 2R. Se contó la cantidad de eosinófilos *in situ* con un analizador de imágenes y las cuentas fueron expresadas en eosinófilos por  $\text{cm}^2$ .

Los resultados mostraron que los corderos BB eliminaron menos hgh ( $p < 0,05$ ) que los del grupo C. Los animales inoculados presentaron un incremento significativo ( $p < 0,05$ ) de sus cuentas de eosinófilos *in situ* en las tres regiones analizadas con respecto al testigo, entre los grupos inoculados se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en la RPA y LNA siendo más elevado el número de eosinófilos en los animales BB. No hubo diferencias entre estos dos grupos en las cuentas de la RFA.

Los resultados obtenidos muestran que los ovinos BB, fueron más resistentes a la infección y tuvieron mayores cuentas de eosinófilos en la RPA y LNA que los animales C lo que sugiere que los eosinófilos juegan un papel importante en el grado de resistencia a la hemoncosis.

### Conclusión

Los trabajos referidos en esta pequeña revisión hacen evidente que los ovinos raza Blackbelly han demostrado la capacidad de resistir a la infección por *Haemonchus contortus*, lo cual resulta muy relevante por la oportunidad que se presenta para utilizar a ese genotipo en los esquemas de producción de carne ovina en los sistemas de crianza en pastoreo, particularmente en las zonas con un clima tropical subhúmedo, donde es alta la prevalencia de ese nematodo.

### Referências

Albers GAA, Gray GD. Breeding for worm resistance: a perspective. *Int. J. Parasitol.* 1987;17:559-66.

Alcántara NJ, Ayanegui AA, De la Cruz CHA, Cuéllar OJA, Cuenca VC, García CT, et al. Efecto de la subnutrición sobre la expresión de resistencia a *Haemonchus contortus* en ovinos Blackbelly. *Mem. VII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Especialistas en*

Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos; 18-20 may 2011; Huancavelica, Perú. 2011.

Balic A, Veron MB, Els NTM. The immunobiology of gastrointestinal nematode infection in ruminants. *Adv. Parasitol.* 2000;45:181-241.

Cuéllar OJA. 1992. Epidemiología de las helmintiasis del aparato digestivo y respiratorio en ovinos y caprinos. Mem. Curso: Principios de helmintología veterinaria en rumiantes y cerdos: Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México; 1992.

Cuéllar OJA, Barrón ML, Arcos RR, Bernal HY, Reyes AA, Silva MR, Alba HF, Muñoz GMA. Respuesta a la infección artificial por *Haemonchus contortus* en ovinos Columbia y Blackbelly. Mem. XII Congreso Nacional de Producción Ovina; AMTEO-FIRA-UAEM. Tulancingo, Hidalgo, México; 2003.

Cuéllar OJA, Muñoz GMA, Valdivia AG, Buendía JA, Alba HF. Blood eosinophil numbers and their relationship with resistance to sheep haemonchosis. Proc. Novel approaches to the control of helminth parasites of livestock, 2005. Worm control or worm management: New paradigms in integrated control. Mérida, México; 2005.

Cuenca VC, Cuenca VN, Silva MR, Alba HF, Muñoz GMA, Cuéllar OJA. Comparación de la cantidad y características de adultos de *Haemonchus contortus* en una infección experimental en ovinos Columbia y Blackbelly. Mem. XX Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias; 13- 16 nov 2006; Santiago, Chile. 2006.

De Lucas TJ, Arbiza, A.S. Razas Ovinas. México, DF: Editores Mexicanos Unidos S.A.; 1996.

Pérez BS, Cuéllar OJA, Alba HF, Silva MR. Validación del método FAMACHA en ovinos Blackbelly y Columbia con infección artificial de *Haemonchus contortus*. Mem. VI Congreso Latinoamericano de la Asociación Latinoamericana de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos (ALEPRyCS); Querétaro, México; 2009.

Muñoz GMA, Cuéllar OJA, Buendía JJA, Alba HF. Comparación del número de eosinófilos abomasales en ovinos de alta y baja susceptibilidad a la hemoncosis ovina. Mem. IV Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos; Curitiba, Brasil; 2005.

Yazwinski TA, Goode L, Moncol DJ, Morgan GW, Linnerud AC. *Haemonchus contortus* resistance in straight bred Barbados Blackbelly sheep. *J Anim Sci.* 1980; 51:279-84.

PONENCIAS MAGISTRALES

## Caracterización tradicional y nuevo proceso de conservación de la carne de camelidos (charqui)

Celso Ayala Vargas<sup>1\*</sup>, Susy Pilco<sup>2</sup>, Genaro Condor<sup>2</sup>, Valeria Layme<sup>2</sup>, Nestor Cochi<sup>2</sup>, José Luis Quispe<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), La Paz, Bolivia

<sup>2</sup> Proyecto DECAMA, Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), La Paz, Bolivia

### Resumen

El presente artículo caracteriza los procedimientos de conservación ancestral de la carne de camélidos sudamericanos (charqui) en la región andina, así mismo muestra alternativas innovativas para dicho procesamiento. Es importante mencionar que el "charqui", tiene su origen en la cultura Tihuanacota dentro los Altos Andes, cuyo uso fue para prevenir las largas temporadas de escasez y sequías, así como para el desplazamiento de grandes contingentes humanos dentro la región. Actualmente el sector tiene varios problemas, uno es la provisión de carne fresca por los bajos niveles reproductivos en la especie (40% natalidad), otra la infestación de la carne con macroquistes de sarcocystis entre otros. El proceso de charqui describe todo el proceso, desde el faenamamiento de los animales hasta lograr la canal para la elaboración del charqui, donde generalmente se destinan animales de descarte (viejos). El proceso de elaboración del charqui a partir de la canal cuyo rendimiento medio es del 52%, pasa el proceso de fileteado particularmente de las piernas, lomo y brazuelos, para concluir con el salado y secado al medio ambiente por periodos siete a 15 días, en los cuales se estima una pérdida de agua

total de 44 - 45%, también existe una baja actividad del agua ( $a_w$  0,87 - 0,91), y alto contenido de sal (0,5 - 15%), incrementa el pH de 0,6 a 0,8 unidades y la fermentación enzimática le da un típico sabor al producto. Los cambios físicos-químicos ocurren durante todo el proceso, y resulta una drástica reducción de agua libre contenida en el músculo y se elevan proporcionalmente componentes como la sal y proteína, así mismo de otros componentes químicos con los siguientes valores: humedad 12%, grasas 5,96%; proteínas 60,27%; fibra 0,28%; cloruro de sodio 10,03%. Durante el secado la carne pierde aproximadamente 62,73% de peso inicial, siendo la relación final entre carne limpia y charqui: secado a sol directo se obtiene 39,42% de charqui (15 días); secado a sombra 38,45% (más de 15 días) y en secador solar 33,93% (cinco días). Para el salado y secado se utilizó como promedio 637,6 g de sal, para 12,15 kg de carne limpia, (4,6% con relación a carne limpia), con el fin de evitar la putrefacción e inactivar las bacterias existentes. Al análisis microbiológico, según Norma Boliviana, se determinó la carga microbiana, *mesofilos*, *mohos* y *levaduras*, *Staphylococcus áureos*, *coliformes totales*, *Clostridium perfringens* y *Salmonella*.

Muestran un producto inocuo ya que tiene bajos niveles de UFC que los permitidos. Al análisis organoléptico, el método de secado y el tipo de corte de la carne influyen en la característica del color, dureza y masticabilidad y no así en el contenido microbiológico debido a la acción inhibidora de la sal sobre estos. El nuevo proceso para el charqui que consiste: a) faena de animales jóvenes, de dos a tres años de edad; b) seleccionan las carcasas de acuerdo a la consistencia de la carne para elaborar charqui; c) trozar la canal, para el deshuesado; d) desgrasado y eliminación de los tendones; e) rebanado y fileteado, se corta la carne uniformemente con un espesor aproximadamente de un centímetro; f) salado y/o salmuera, se intercalan filetes con capas uniformes de sal hasta llenar un recipiente, luego se deja reposar de 12 a 24 horas, para que la sal penetre en la carne, se utiliza aproximadamente de 0,5 % de sal por cada kilo de carne; g) uso de secador solar por un periodo de cinco días.

**Palabras clave:** Charqui. Camélidos sudamericanos. Región andina. Conservación.

## Introducción

Por muchos años, se viene buscando intensamente la posibilidad de conservar los alimentos por largos periodos de tiempo, la exposición a radio isotopos, es uno de los últimos métodos para la conservación de grandes cantidades de alimento (FAO, 2007), sobre todo para la conservación de proteínas de origen animal, que son destinadas a países del tercer mundo, las mismas que no disponen de las cadenas de refrigeración.

Se han probado diversos métodos de conservación, pero se requiere grandes complejos de infraestructura, y costosos métodos como conservación al vacío, conservación a atmósfera controlada, la congelación, conservación radiación ionizada, liofilización y otros (Visier, 1981). El problema es particularmente muy agudo, sobre todo en las instalaciones de almacenamiento para mantener la cadena de frío, más aún para el sector minorista que es carente de infraestructura y equipamiento para conservación de la carne.

La carne conservada de camélidos sudamericanos, seca y deshidratada "charqui", tiene su

origen en la cultura Tihuanacota dentro los Altos Andes, este sistema de preservación la carne de camélidos sudamericanos (CS), era utilizada para prevenir las largas temporadas de escasez y sequías, así como para el desplazamiento de grandes contingentes humanos dentro la región.

La actual necesidad de las poblaciones andinas ha hecho que productos como el charqui aun tengan vigencia dentro la población, especialmente en las regiones inaccesibles; los cambios climáticos y otros factores provocan desequilibrio en el abastecimiento de proteína de origen animal y donde carecen de infraestructura básica de refrigeración o congelado; por esa razón el proceso de elaboración del charqui es una alternativa para garantizar la seguridad alimentaria de los pobladores de estas regiones.

El presente artículo caracteriza los procedimientos de la transformación y conservación tradicional (charqui) de la carne de camélidos sudamericanos en la región andina, así mismo también muestra alternativas innovativas en dicho procesamiento, para una mejor conservación de la carne.

## Material y métodos

Existen varias metodologías para conservación de la carne en charqui, información que detalla la captura y experiencias de campo, que caracterizan el nivel artesanal con que se produce el charqui, que es característica propia en cada región, donde rige un proceso en común, de fileteado, desgrasado, salado, secado al sol, por diverso periodos de tiempo, la cual se describe en la primera parte del artículo.

La segunda parte detalla un estudio fue desarrollado en la Estación Experimental Choquenaira dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, ubicada en el municipio de Viacha, a 37 km de la ciudad de la Paz, se encuentra a una altura de 3750 msnm con una precipitación entre 400 - 600 mm año<sup>-1</sup> y una temperatura promedio de 14 °C.

Los animales se criaron bajo un sistema extensivo y en praderas nativas, que caracterizan al altiplano boliviano. El proceso de elaboración de charqui inicio con la selección de animales al azar;

el beneficio de los animales (aturdimiento, degüello y desangrado, desuello, eviscerado, colgado y oreo), actividad que se realizó en el matadero de Palcoco ubicado en la provincia Los Andes.

Se realizó los cortes mayores (brazos, pierna y lomo) para mayor aprovechamiento de la carne en charqui. El proceso de la elaboración de charqui consistió en el deshuesado separando la carne de los huesos siguiendo el tejido conjuntivo "costuras musculares", eliminando al mismo tiempo tejidos gruesos, tendones y grasas; proceso conocido comúnmente como desgrasado. El fileteado se realizó con un espesor aproximado de 1 cm. Para el salado se utilizó sal que fue calculada bajo la siguiente fórmula, de acuerdo a varias experiencias tradicionales:

$$\text{Cantidad de sal} = x * 0,10 \quad (1)$$

Dónde x = peso total de la carne limpia - 54% del peso de la carne limpia.

El proceso de secado se realizó en la fábrica de embutidos Mayken ubicado sobre la carretera a Viacha, se utilizó tres métodos de secado (secado en sombra, sol directo y un método mejorado haciendo uso de secador solar).

El análisis microbiológico fue en el laboratorio de INLASA (Instituto Nacional de laboratorios de salud), con muestras tomadas de la pierna, paleta y lomo, tanto en carne fresca y en charqui. El análisis de carne cruda fue siguiendo las normas de referencia del IBNORCA (NB 762).

El análisis microbiológico, determinó la carga microbiana, mesófilos, mohos y levaduras, *Staphylococcus* áureos, coliformes totales, *Clostridium perfringens* y *Salmonella*. rigiéndose a las normas de IBNORCA NBT - 655, NBT - 658, NBT - 656, NBT - 657 y FAO (1992) para carne cruda y deshidratada.

Respecto al análisis químico únicamente se determinó la humedad y no así la grasa, proteína, ni ceniza debido a estudios existentes. Para el análisis organoléptico, se utilizó el método de descripción simple, mediante formularios (Gerken, 1998), tomándose en cuenta los parámetros de color, olor, gusto, dureza y masticabilidad. El análisis consistió en el remojo del charque durante 12 horas para

quitar el exceso de sal, se lo cocinó durante 2 horas a fuego lento, se cortó en trozos homogéneos y se puso al asador durante aproximadamente un minuto.

## Resultados

Etimológicamente el nombre de "charqui" proviene de los idiomas Aimara y Quechua, que significa "seco", y cuando se trata de la carne de llama y/o alpaca, se refiere al procesamiento tradicional del secado de la carne para su conservación, bajo el procedimiento de fileteado, saturada con sal y expuesta directamente al sol para su deshidratación, donde también interviene el viento (heladas); el secado se realiza en cordones donde cuelga la carne salada generalmente en áreas ventiladas, permitiendo la desecación gradual y controlada de la superficie de los tejidos.

La técnica de conservación de la carne con sal, expuesta al sol y las heladas, se remonta a tiempos muy antiguos de los habitantes de los Andes. El gran éxito del producto se dio con la expansión de las culturas Tahuacota e Inca, donde uno de los principales productos alimenticios que contribuyó en la movilización de grandes grupos humanos de una región a otra, fue el charqui, la papa, el chuño, el maíz y otros productos que determinaron los niveles nutricionales de estas poblaciones y que las mismas aún persisten en la región de los Andes.

Los productos sometidos a control de humedad, preparados por deshidratación, ya sea directamente o indirectamente, mediante el aumento de la presión osmótica extracelular, tienen importancia, frente a las otras metodologías de conservación de la carne que demandan infraestructura y fuentes de energía, alternativa cubierta con la elaboración del charqui.

### Provisión de carne fresca

En la actualidad las comunidades o regiones donde tradicionalmente se elabora el charqui existe mucha dificultad para garantizar el suministro regular de carne fresca y es por el problema de conservación de este producto, a la cual también aportan otros problemas como los bajos niveles

reproductivos en los camélidos sudamericanos, por ej. la natalidad no sobre pasan el 40%, teniendo en cuenta que mínimamente se requiere un reemplazo de 25% de vientres por gestión, los rebaños entran en déficit en el número de animales a faenar/año, lo que reduce la provisión de carne y así como también de carne para la elaboración de charqui.

Otra condicionante es la estacionalidad reproductiva (diciembre a marzo) de los CS, periodo de parición y empadre, también de las mayores precipitaciones pluviales, por tanto mayor disponibilidad de alimento y mejor estado corporal de los animales, por tanto mayor saca y mayor oferta de carne, mientras que el resto del año existe baja en la oferta de carne, por esa razón y las condiciones ambientales, son aspectos no es favorable para la elaboración del charqui, lo que determina que la misma sea realizada en época seca (junio - agosto) para una mejor elaboración.

En el proceso tradicional del charqui, el productor considera como aptos aquellos animales de descarte, viejos y que hayan concluido su vida reproductiva 5 - 7 años, tanto para hembras y machos, así como aquellos animales que se encuentran en una condición corporal de 2 o caquécticos.

En muchos aspectos el charqui, cubre las necesidades nutritivas de las comunidades de los Altos Andes, subsanando el déficit de proteína animal, porque no es posible contar con carne fresca, por la carencia de energía e infraestructura, por esta razón el productor aprovechar las tecnologías ancestrales para la transformación y almacenamiento de productos cárnicos, alternativa que evita el desabastecimiento de proteína animal en las comunidades de los Altos Andes y que puede ser una alternativa para los países con menos desarrollo.

### **Características del charqui**

La elaboración del charqui tradicional, producto que tiene como base principal a la carne de llama o alpaca, que es fileteada, satura con sal, deshidratada al sol y así como también expuesta a heladas (bajas temperaturas  $-5^{\circ}\text{C}$ ), pese a que en la actualidad se puede encontrar charqui elaborado con carne de otras especies de animales domésticos.

En las comunidades el proceso de elaboración del charqui, comienza con la saca de animales que por lo general son los animales viejos y débiles, el proceso pasa por la insensibilización, sangrado, desuello, evicesarición, hasta la obtención de la canal entera, para luego realizar los cortes mayores, que con preferencia son las piernas, los brazuelos y el lomo para la elaboración del charqui a esas se les extrae el hueso y posterior a ello con la carne se procede hacer lonjas (forma de lenguas) con un espesor de aproximadamente de 2 - 3 cm, de los cuales se les retira los tendones y la grasa de cobertura para evitar el ranciamiento del producto. Los cortes en lonjas permiten la penetración de la sal y la pérdida de agua durante el procesamiento, donde los cambios físico-químicos durante el proceso se traducen en una reducción de agua libre en el tejido de la carne.

Para el salado del charqui existen dos procedimientos que son los más comunes, el más utilizado es la carne fileteada donde se esparce sal granulada, no estableciendo una proporción exacta, y se lleva a los cordeles se las cuelga para el secado por un periodo de aproximadamente de 15 días como media, la segunda forma es que la carne fileteada es llevada a una fuente de salmuera, la cual reposa por un periodo de 24 horas, para luego se escurrida y posteriormente llevada al secado al medio ambiente, por un periodo similar al anterior. Procedimientos que se pueden adicionar especies nativas como la muña (*Minthostachys mollis*), o algunos pueden ser ahumadas.

### **Composición química del charqui**

La elaboración del charqui, no solo se realiza con la carne de los CS, sino también con las vísceras, los intestinos delgado, los tres compartimientos estomacales y otras, bajo el mismo procedimiento; las razones del porque realizan este proceso es cuando se faenan varios animales para la venta de carne fresca, los productores se quedan con todas las menudencias y las vísceras, que son secadas como parte de las estrategias de seguridad alimentaria de la población para las épocas de estiaje. El charqui a menudo es transportado a largas distancias y su uso es en distintos pisos ecológicos de la región, sirve como producto de

transacción como ej. con el maíz, papa, ocas, frutas secas y otras, en las comunidades de los Altos Andes es considerado como una alternativa viable de alto valor proteico, en las regiones donde los recursos son limitados.

El periodo de conservación del charqui es desconocido, pero diversas experiencias y comunicaciones personales en las comunidades, indican una conservación hasta de 10 años a más, en condiciones de temperatura y humedad acorde al Altiplano. De acuerdo a los análisis bromatológicos (Tabla 1) del charqui de llamas, Saavedra (1993) menciona la siguiente composición del charqui obtenido bajo el método de secador solar.

**Tabla 1** - Análisis bromatológico de charqui de carne de llama

Componentes	Und	Entero
Humedad (100 - 105 °C)	(%)	12
Grasas	(%)	5,96
Proteínas	(%)	60,27
Fibra	(%)	0,28
Cloruro de sodio	(%)	10,03

Nota: Saavedra et al., 1993.

Para el procesamiento del charqui se estima una pérdida de agua durante el salado y secado por periodos siete a 15 días, resultando un producto con menos contenido total de agua (44 - 45%), existe una baja actividad del agua ( $a_w$  0,87 - 0,91), y alto contenido de sal (0,5 - 15%). Incrementa el pH de 0,6 a 0,8 unidades, y la fermentación enzimática le da un típico sabor al producto. Los cambios físico-químicos ocurren durante todo el proceso, y resulta una drástica reducción de agua libre contenida en el músculo, donde contaminantes pueden elevarse en proporción a otros componentes especialmente la sal y proteína.

### Proceso de elaboración del charqui

La calidad de carne es un conjunto de parámetros y características que satisfacen las expectativas del consumidor, la elaboración del charqui tiene

una estrecha relación con la carne. Hay factores y propiedades nutritivas que la carne lleva implícitas; propiedades higiénico-sanitarias que hacen a la seguridad alimentaria; propiedades sensoriales tales como color, terneza, jugosidad, aroma y sabor; factores cuantitativos como la relación entre cantidad de carne magra y grasa, Chana (2000). Hay otros factores de influencia que influyen sobre ellas: la raza, categoría y edad; condiciones de producción como manejo y alimentación; manejo antemortem; de los animales, las condiciones de almacenamiento y transporte; así como la preparación de los alimentos a base de charqui de llama que se podrán apreciar en los resultados de la segunda parte del trabajo.

Como resultado de caracterización del proceso de elaboración del charqui tradicional se detallo el siguiente procedimiento:

- a. La carne destinada a la elaboración de charque, generalmente proviene de la saca de animales viejos o de descarte, faenados en los predios del productor.
- b. Deshuesar la carne para que se puedan elaborar filetes.
- c. Desgrasar la carne para que no se ponga rancia y para facilitar la penetración de la sal.
- d. Rebanar la carne en filetes para asegurar una buena penetración de la sal.
- e. La sal que se utiliza, es sal granulada.
- f. El proceso de salado tiene que ser en el tiempo suficiente para lograr una buena penetración.
- g. El secado al medio ambiente y por un periodo de 15 días.

### Nuevo procesamiento del charqui

La descripción del nuevo proceso de charqui, sigue las variaciones en la elaboración de ese proceso y sus correspondientes comparaciones, para el caso del procedimiento del remojo en salmuera, secado al sol o a la sombra y para el segundo caso el uso de sal granulada sobre los filetes de carne y el procedimiento de secado bajo ambiente controlado o con secador solar.

El procedimiento para la obtención de charqui, desde el beneficio de los animales hasta su almacenamiento, se muestra en la Figura 1.

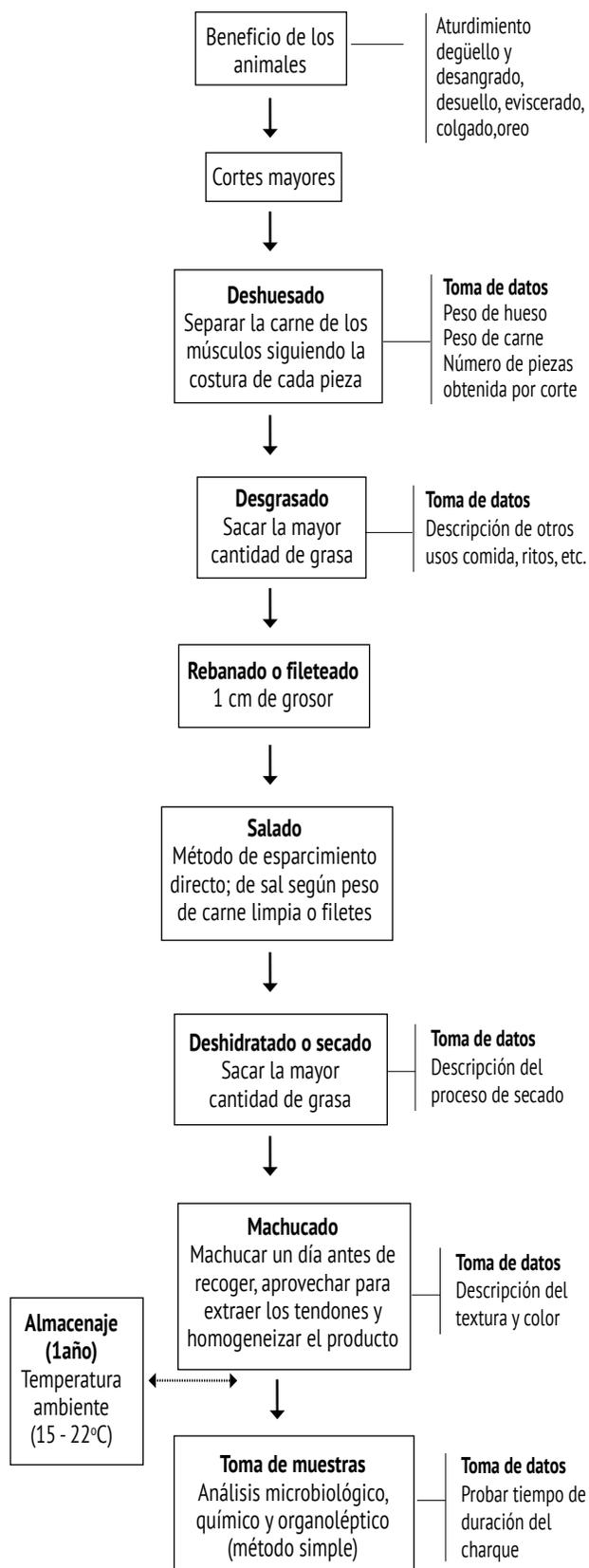


Figura 1 - Proceso para la obtención de charqui.

### Cortes mayores

En los cortes mayores no se observó variaciones cuantitativas significativas en peso de carcasa, obteniéndose un promedio aproximado de 25.53 kg en las carcasas utilizadas. En la Figura 2 se puede observar la relación: huesos (incluye costillas y cuello), grasa y tendones, carne limpia para la utilización de charque y merma respecto al peso inicial.

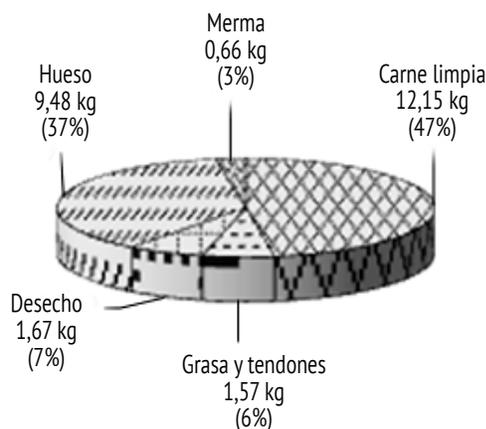
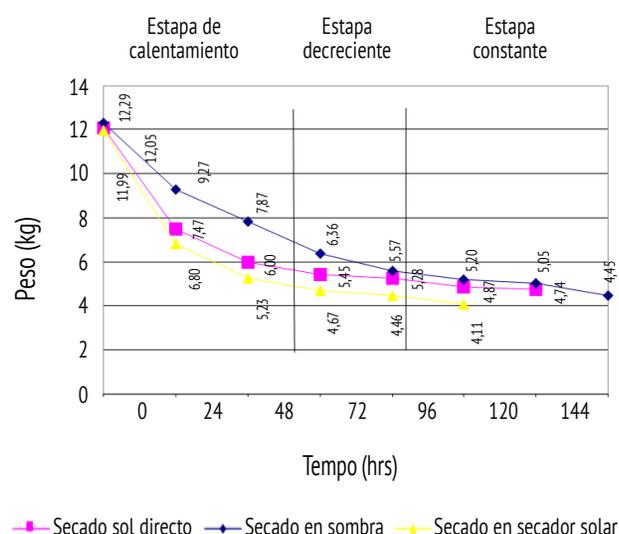


Figura 2 - Relación porcentual de grasa, tendón, hueso y carne limpia.

### Salado y secado

Durante el proceso del salado se utilizó como promedio 637,6 g de sal, para 12,15 kg de carne limpia (4,6% con relación a carne limpia); con el fin de evitar la putrefacción e inactivar las bacterias existentes (Peña, 2001). En tanto que en el proceso de secado se observó tres fases: a) calentamiento, donde los filetes todavía tienen cierta suavidad y flexibilidad este fenómeno se observó en los tres tratamientos (secado a sol directo, en sombra y en secador solar); esta fase es muy notoria en las primeras 48 horas, a esta etapa le sigue el; b) estado decreciente, donde la carne está algo seca y donde los pesos de filetes se mantienen relativamente constante; con variaciones numéricas no significativas. Finalmente existe la c) etapa constante donde los filetes adquieren una superficie dura y color superficial blanquecino, en esta etapa ya se tiene un producto terminado.

Para la conservación de charqui es importante considerar el tiempo de deshidratación; debido a que en esta etapa el crecimiento microbiológico se paraliza por privación de humedad (Varnam y Sutherland, 1998). El resultado del análisis de peso por la pérdida de humedad diaria se muestra en la Figura 3.



**Figura 3** - Relación del peso de la carne por el tiempo de secado y tratamiento.

### El charqui

Durante la etapa del secado se pierde aproximadamente 62,73% de peso inicial (carne limpia); la relación final de carne limpia con el charqui, tuvo los siguientes valores: con un secado a sol directo se obtiene 39,42% de charqui; en secado a sombra 38,45% y en secador solar 33,93%. Estos valores están relacionados con la pérdida de agua durante la etapa de secado.

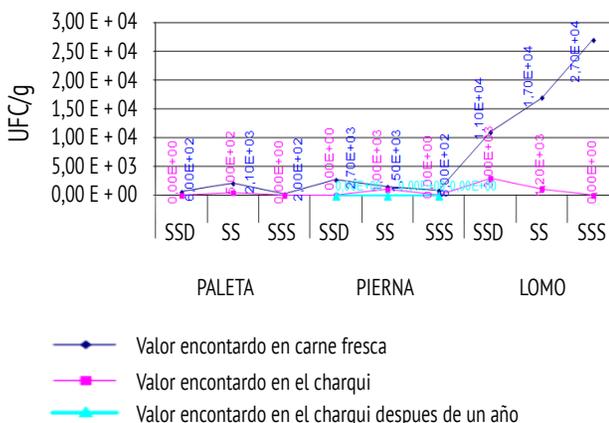
### Análisis microbiológico

Mediante el análisis microbiológico se determinó que las cantidades de sal, los tiempos de secado utilizados para la elaboración del charqui; fueron adecuadas, demostrándose que estos factores permitieron minimizar el desarrollo microbiano en el producto.

### Mesófilos

El recuento de estas bacterias permite determinar la calidad sanitaria y la vida útil de los productos, también indica las condiciones de higiene de la materia prima, la forma de procesamiento y la manipulación durante su elaboración y comercialización. Según las Normas de IBNORCA los valores permitidos de esta bacteria en carne fresca fueron  $1,00E + 06$  mientras que en charqui fue  $1,00E + 03$ .

La relación de bacterias en carne fresca y en charqui determina que en ambos casos el número de bacterias es menor al permitido, la carne fresca tiene mayor cantidad de Mesofilos; las mismas se reducen notablemente al pasar por un proceso de secado. En algunos casos se redujo hasta el punto de no observarse desarrollo de colonias de acuerdo a la sensibilidad de la técnica empleada, otro aspecto observado es que la parte de lomo, en carne fresca tuvo mayor contaminación respecto a la paleta y pierna probablemente debido al cambio ambiental violento del interior al exterior (Figura 4).



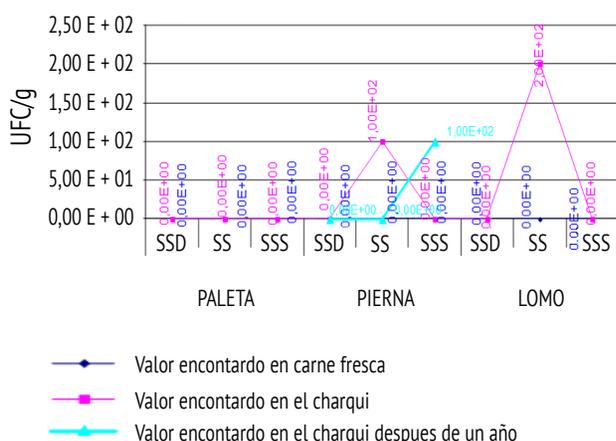
**Figura 4** - Relación de mesofilos en carne fresca y charque. SSD = secado sol directo; SS = secado en sombra; SSS = secado en secador solar.

Las piezas de charqui secadas a la sombra a los seis meses de almacenado mostraron desarrollo microbiano ( $1,00E + 03$  UFC/g) pero al término de un año de almacenamiento este desapareció por completo ( $0,00$  UCF/g).

### Mohos y levaduras

Los esporidios de las levaduras y hongos, que son los causantes de olores y aromas extraños, de igual forma el decoloro de la superficie, son resistentes al calor, congelación y los antibióticos (NB - 32006).

Como se puede apreciar en la Figura 5, inicialmente no se observó desarrollo de colonias, pero durante el proceso de secado particularmente en sombra en pierna y lomo se desarrolló esta bacteria, sobrepasando el rango aceptado en el caso del lomo, considerando que los valores permitidos son  $1,00E + 04$  para carne fresca y valor permitido del charqui  $1,00E + 02$ , la técnica de exposición al calor "neutraliza" la proliferación de colonias de levaduras y mohos.



**Figura 5** - Relación de mohos y levaduras en carne fresca y charque

### *Staphylococcus aureus*

El género *Staphylococcus* están conformadas por células esféricas gram positivas, generalmente agrupadas en racimos irregulares, crecen con facilidad en diferentes medios de cultivos y son metabólicamente muy activos, fermentan carbohidratos y producen pigmentos que van desde el blanco al amarillo intenso.

El contenido de este microorganismo en carne fresca fue inapreciable, pero durante la elaboración de charqui en el proceso de secado directo al sol

la pieza de la pierna tuvo una proliferación de  $1 \times 10E2$  UCF  $g^{-1}$ ; esto probablemente debido a algún contaminante externo, pero aun así el valor se encuentra en el rango aceptado.

### *Coliformes totales y Clostridium perfringens*

Las bacterias coliformes son bacilos cortos gram negativos, aeróbicos y anaeróbicos no esporulados, que fermentan glucosa y lactosa con formación de ácido y gas. Los coliformes son indicadores de un proceso sanitario inadecuado, la cantidad de este microorganismo en cantidades mayores al permitido, indican mala manipulación y/o mal procesamiento del alimento con mayor probabilidad de existencia de bacterias entéricas patógenas como *Salmonella* y *Shigilla*.

Los resultados de laboratorio demostraron la no existencia de estos microorganismos carne fresca ni charqui, determinándose que la manipulación de la carne en el proceso de faeneo y en la elaboración de charqui fue de forma adecuada.

### *Escherichia coli*

Los resultados microbiológicos de las muestras de carne fresca y en charqui demostraron la ausencia de este microorganismo indicador de la contaminación de origen fecal (NB - 32005).

### *Salmonella*

Estos bacillos crecen, acidifican el medio y generalmente desprenden gas a partir de la glucosa, maltosa, manitol, dextrina, son generalmente resistentes a la congelación del agua y a ciertos agentes químicos como el tetratoato de sodio y soxicolato sódico. Se tuvo ausencia en todos los casos en 25 g de muestra

### Composición química del charqui

En la composición química, se observó una variación de humedad para cada tratamiento, en la Tabla 2 se observa diferencias numéricas significativas por piezas en dos de los tratamientos secado en sol directo y secado en sombra, siendo el lomo y la pierna los que se quedaron con mayor

porcentaje de humedad. Mientras que los filetes del secador solar tienen un contenido de humedad con variaciones numéricas mínimas en todas las piezas.

Respecto a los promedios obtenidos en charqui secado en secador solar, tiene menor porcentaje de humedad, seguido del charqui secado en sombra y finalmente el charqui secado en sol. Con los resultados obtenidos se puede concluir que el secador solar permite lograr piezas de charque secados uniformemente, situación que no sucede con los otros métodos.

**Tabla 2** - Análisis del porcentaje de humedad por piezas

Descripción de la pieza	Secado sol directo	Secado en sombra	Secado en secador solar
Pierna	21,12	16,02	10,15
Brazuelo	17,6	11,3	10,48
Lomo	19,7	12,68	9,61
Promedios	19,47	13,33	10,08

Los resultados obtenidos en los tres métodos fueron: para una humedad 13,33% en sombra requiere 7 días (temperatura ambiente 35 - 37 °C), para secado a sol directo seis días (humedad 19,47%) a una temperatura ambiente 37 - 38,5 °C y finalmente para secado en secador solar a una humedad promedio de 10,08%, se necesita de cinco días (temperatura de 38,5 - 39 °C).

El porcentaje de humedad obtenida en los tres procesos de secado y la cantidad de sal utilizada, garantiza la calidad del producto final, al igual que la reducción en la proliferación de bacterias contaminante por lo menos por un periodo de un año. Respecto a los otros componentes químicos como la Grasa, según bibliografía es una de las más importantes debido a que los productos que aportan mayor cantidad de grasa aportan mucha energía, aunque menor cantidad de proteínas, vitaminas y minerales (Bustinza, 2001). Bustinza (2001) indica que la carne de llama desecada en secador solar tiene un valor proteico de 55,0g/100g<sup>-1</sup>; mientras que con un proceso artesanal el charqui obtuvo mayor valor proteicos 57,24g/100g<sup>-1</sup>.

*Cenizas:* la importancia de este elemento es por la participación en la concentración muscular, el rigor mortis, en el proceso de la maduración de la carcasa, así como la capacidad de hidratación de la carne (Bustinza, 2001). Se debe mencionar que la proporción de cenizas del charqui artesanal y solar en charqui de llamas es de 3,32 y 5,0 g 100 g<sup>-1</sup> respectivamente (Bustinza, 2001).

## Análisis organoléptico

### Color

El método de secado influye en el color siendo así que la mayoría de los panelistas coincidieron que el charque secado a sol directo tenía un color que variaba entre claro, manchado y desigual. Otro aspecto interesante es que el 88,9% de los panelistas mencionaron que la pieza de charqui elaborado del lomo y secado a sol directo tenía un color claro, esto fue visiblemente notorio.

Contrariamente a aquel lomo secado en secador solar; el 70% de los panelistas mencionaron que este charque tenía un color oscuro. Respecto al charque secado en sombra la característica de color fue muy variable encontrándose de oscuro y desigual.

### Olor

La mayoría de los panelistas coincidió en que las características del olor son satisfactorias y muy agradables en los tres métodos.

### Gusto

La característica de gusto tuvo una respuesta variable según las piezas; la paleta se catalogó entre salado y aceptable, el charqui elaborado de los músculos de la pierna se calificó como amargo y aceptable mientras que el lomo dulce y aceptable. El charqui secado en sombra elaborado de pierna y paleta se calificó como dulce y amargo; mientras que el charqui elaborado del lomo se calificó como dulce y aceptable. El charqui de secador solar y secado a sol directo en general fue calificado como aceptable. Por los valores obtenidos se podría decir que el charqui elaborado del lomo tiene un gusto más dulce que las otras piezas.

### *Dureza*

Al igual que la característica anterior se obtuvo bastante variabilidad en las respuestas, tal como se puede observar en anexos, pero contrariamente a la categoría otorgada al lomo como carne suave; en charqui la mayoría de los panelistas coincidieron que esta pieza es ligeramente dura.

### *Masticabilidad*

La opinión de los panelistas fue variable, encontrándose coincidencias que las piezas de charqui que se disgregan fácilmente son la paleta y el lomo, en los tres métodos de secado. En un trabajo similar de Jiménez (2002) menciona que la aceptabilidad del charqui, tanto artesanal como elaborado tiene igual aceptabilidad.

## **Conclusión**

La técnica ancestral para el proceso de conservación de la carne de CS (Charqui), así como el nuevo proceso propuesto, ambos reúnen las condiciones necesarias, para lograr un producto de alta calidad proteica, así como también los niveles de microorganismos patógenos (UFC) permitidos en los alimentos, estas se encuentran muy por debajo de los niveles permitidos, casi semejante a un proceso de liofilización.

Para un nuevo proceso de charqui, considerando el estado nutricional y el tiempo de conservación se debe considerar como muy importantes las condiciones de faeno, la humedad, cantidad de sal y el tiempo de secado y no tanto así el método de secado.

En cuanto a las condiciones de faeneo para secado a sol directo (SD), secado en sombra (SS) y secado en secador solar (SSS), el proceso de faeneo debe pasar por una esquila, el transporte de los animales al matadero, descanso del animal, inspección ante y *post mortem*. En cuanto a la cantidad de sal, para todos debe ser de 4,6 % respecto al peso de carne limpia. El tiempo de secado debe ser de seis días (humedad 19,47 %), siete días (humedad 13,33 %) y cinco días (humedad 10,08%) para SD, SS y SSS, respectivamente.

Sabiendo que el principal objetivo de elaborar charqui es la de conservación de la carne, se debe mencionar que los métodos utilizados en la investigación (secado en sol directo, en sombra y en secador solar) cumplen con el objetivo.

La diferencia más notable respecto a los métodos de secado utilizado es el tiempo de secado, el método que permite un secado más rápido y con mayor homogeneidad es el secador solar.

Con el presente trabajo se probó que la cantidad de sal utilizada y el tiempo utilizado; permite la conservación del charqui a temperatura ambiente por un periodo de un año, sin ningún problema.

Por otro lado; el método de secado a utilizarse y el tipo de corte de la carne a secar influyen en la característica del color, dureza y masticabilidad y no así en el contenido microbiológico debido a la acción inhibidora de la sal sobre estos.

Un procedimiento recomendado para la elaboración del charqui es el siguiente:

- a. Se selecciona animales jóvenes, de dos a tres años de edad.
- b. Se seleccionan las carcasas observando la consistencia de la carne como para elaborar charqui
- c. Trozado de la canal, para el deshuesado.
- d. Se realizan los cortes mayores de la carcasa en piezas, siguiendo su estructura muscular.
- e. Desgrasado y destindinado (eliminación de los tendones). Una vez separado los músculos se saca la grasa de cobertura, de la misma forma los tendones, sino se desgrasa el charqui en un corto tiempo tiende a ranciarse.
- f. Rebanado y fileteado, se corta la carne uniformemente con un espesor aproximadamente de un centímetro.
- g. Salado y/o salmuera de la carne. Se intercalan filetes con capas uniformes de sal hasta llenar un recipiente, luego se deja reposar de 12 a 24 horas, para que la sal penetre en la carne, se utiliza aproximadamente de 0,5 - 15 g de sal por cada kilo de carne.
- h. Secado de filetes en secadores solares.

## **Referencias**

Bustinza V. Carne de Alpaca. Puno, Perú: Centro de Investigaciones en Camélidos Sudamericanos; 1991.

Chana JL. Comercialización y Hábitos de consumo de carne de camélidos (llama y alpaca) en La Paz y El Alto. La Paz, Bolivia: UMSA; 2000. 150 p.

FAO. Buenas prácticas para la industria de la carne - Manual. Roma, Italia: Direccion de Produccion y Sanidad Animal; 2007.

Gerken M, Snell H. Análisis sensorial de productos animales - carne de camélidos domésticos. Arequipa, Perú: UNI-GOE. EU-PROJECT SUPREME; 1998 48 p.

Jiménez T. Factibilidad económico-social-técnico de la producción de charque de llama (*Lama glama*). Oruro, Bolivia: Universidad Técnica de Oruro; 2002.

Peña R. Tecnología de calidad de alimentos y control de calidad. 2011.

Saavedra AF. Deshidratado solar técnico de carne de llama. Proyecto Energía Solar - UMSS, Consolidación Programa de Auto desarrollo Campesino (CON PAC I). Oruro, Bolivia; 1993.

Varnam AH, Sutherland JP. Carne y productos carnicol, tecnología, química y microbiología. Zaragoza, España: Acribia; 1998.

Visier A. Industria de la carne. Zaragoza, España: Acribia; 1981.

---

PONENCIAS MAGISTRALES

# Células somáticas: implicaciones de las normativas nacionales e internacionales sobre el sector caprino

---

Davinia Sánchez Macías\*, Byron Herrera Chávez, Antonio Murillo Ríos, Sebastián Guerrero Luzuriaga

Grupo de Investigación en Producción Animal e Industrialización, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador

## Resumen

Conocer en profundidad la naturaleza de la producción de leche y las características de esta es fundamental para asegurar la inocuidad de los alimentos y salvaguardar la salud de los consumidores. Tanto la producción como las características de la leche de cabra son muy diferentes a la de vaca. Por tal motivo, no se puede aplicar ni los mismos requisitos de calidad ni los mismos procedimientos de transformación en industria para ambos tipos de leche. Por tal motivo, en el momento de desarrollar las normativas aplicables al caso, estas consideraciones hay que tenerlas en cuenta, siempre con el objetivo de no impactar de forma negativa en el ganadero directamente, ni en el sector caprino y productivo del país o región. En este artículo se revisa algunas de las normativas nacionales e internacionales y se analiza las implicaciones que podrían tener en el sector caprino.

**Palabras clave:** Células somáticas. Leche de cabra. Normativa.

## Introducción

Existen infinidad de factores que pueden afectar a la calidad de la leche, entre ellos los relacionados con la genética animal como la especie a la que pertenezca. En base a ello, la literatura científica ha sido clara al respecto: la calidad de la leche de cabra es diferente a sus respectiva de vaca (Sánchez-Macías et al, 2014). El establecimiento de normas técnicas o reglamentos relacionados con los requisitos de calidad de la leche, así como aquellos relacionados con la inocuidad de esta, depende de la región o país en el cual se vende este producto. Sin embargo, el desconocimiento de las características de la leche de cabra, por parte de los comités encargados de elaborar las normas, podría hacer que se tomen decisiones arbitrarias respecto a los requisitos que deben cumplir. En gran parte de la normativa existente en referencia a la calidad de la leche, existen un indicador que se repite continuamente: el recuento de células somáticas (RCS).

En la industria láctea, la salud de la ubre es importante para tener éxito económico (Gonçalves et al., 2018). La infección de la ubre afecta a la producción de leche, así como a la calidad de esta y de sus productos derivados (Gonçalves et al., 2018; Caggiano et al., 2019). Las células somáticas, células blancas del sistema inmunológico, son la primera defensa contra bacterias patógenas: cuando una bacteria entra a la ubre, y se establece la infección, ocurre una inflamación y otras células blancas más jóvenes migran de la sangre a la ubre, incrementando la capacidad defensora contra el patógeno (Alhussien y Dang, 2018). Por ello, un RCS alto es, generalmente, un buen indicador de infección de la ubre, y en la mayoría de los países es usado como un criterio de sanidad para asegurar la calidad de los productos lácteos (Raynal-Ljutovac et al., 2005; van Asseldonk et al., 2010).

Este trabajo tiene como objetivo realizar un análisis sistemático de la normativa relacionada con el indicador de células somáticas en la leche de cabra en países de Latinoamérica, y sopesar las implicaciones que puede tener dicha normativa en el sector caprino.

Para ello, se revisó la normativa existente y que estaba accesible al público de varios países de Latinoamérica, Europa, Norteamérica y otros países. Se revisó en primer lugar si existe una normativa específica relativa a la calidad de la leche de cabra. En caso de ser positivo, se verificaron los indicadores de los que disponía dicha normativa en relación a las células somáticas. En este trabajo se remarcan los casos más extremos, y se teoriza sobre el posible impacto que puede tener normativas deficientes o inexistentes.

### **Las células somáticas en caprinos: un indicador controvertido**

Las cabras producen leche de forma diferente a las vacas. La leche que es producida en ubres saludables de cabras, que por naturaleza es apocrina (Dulin et al., 1983), resulta en un mayor número de células epiteliales y fragmentos celulares que contienen ADN, en comparación con las vacas. Al utilizar métodos de recuento automatizados, estas células y fragmentos son contados como células

somáticas. Además, los niveles de RCS en cabras también tienden a ser elevados al final de la lactación, a medida que aumenta el número de lactaciones, en rebaños con artritis-encefalitis caprina, por el celo, cambios estacionarios, manejo del ordeño, e incluso incrementos transitorios (Raynal et al., 2007). Todos estos factores contribuyen a un RCS mayor en la leche de cabra en comparación con la vaca. Sin embargo, el monitoreo continuo del RCS en el tanque de la leche debe hacerse de forma rutinaria, por el simple hecho de supervisar tendencias que nos puedan indicar infecciones de la ubre en caprinos (Chen et al., 2010).

Mientras en Europa no existe un límite de RCS en leche de cabra (Consejo Directivo, 1992), hasta hace poco el límite en EE.UU para este indicador era  $1 \times 10^6$  cel/ml. Sin embargo se tomó la decisión de ampliar a  $1,5 \times 10^6$  cel/ml (USDA, 2012), motivado por la existencia de trabajos científicos que demostraban que, en cabras sanas, el RCS en leche ha sido reportado entre 0.75 y  $5.4 \times 10^6$  cel/ml (Dulin et al., 1983, Sánchez-Macías et al., 2013). Por otro lado, otros países han establecido no sólo un límite para las células somáticas, sino también una categorización. Por ejemplo, Tailandia establece la categoría “premium”, “buena” y “estándar” para aquella leche de cabra que no sobrepase los RCS de 0.7, 1, y  $1.5 \times 10^6$  cel/ml, respectivamente (Thai Agricultural Standard, 2008).

En Latinoamérica nos encontramos algunos casos curiosos. Por ejemplo, MERCOSUR (1994), en vez de aumentar el límite de RCS o eliminarlos, ha disminuido de  $2 \times 10^6$  a  $1,5 \times 10^6$ , muy probablemente motivado por los límites establecidos en EE.UU. Ecuador (INEN, 2016), por el contrario, pasó de recuento máximo de  $0.7 \times 10^6$  cel/ml permitido en leche de cabra, el cual estaba basado en la norma de leche de vaca, a eliminar dicho límite. Este hecho se ha debido, principalmente, a que en la comisión de revisión de la norma participó personal académico especialista en leche de cabra.

### **Impacto sobre el sector caprino Latinoamericano**

La existencia de una normativa que regule y determine los requisitos mínimos calidad de la leche de cabra es fundamental para asegurar la inocuidad de los productos, el desarrollo de la industria y, por

tanto, el desarrollo del sector caprino lechero. Sin embargo, la selección de indicadores y límites que no concuerdan con la realidad del producto, por la naturaleza del animal, podría tener un impacto muy grande por cuatro motivos principales:

- Los ganaderos no pueden cumplir con la normativa y no puede vender la leche de cabra a la industria, lo que conlleva tener bajos ingresos que permitan su desarrollo.

- Se puede incurrir en multas debido al incumplimiento de la normativa.

- Favorece la venta informal de leche de cabra, saltándose las normas que regulan la producción y comercialización de dicho producto.

- Se impide cumplir, ya sea el caso, con los requisitos exigidos para la importación o exportación de la leche de cabra y sus derivados.

Los dos primeros motivos tienden a desalentar las ansias del productor para desarrollarse, favoreciendo el abandono del sector caprino. El tercero puede tener un impacto negativo a nivel sanitario, poniendo en riesgo la salud de las personas por falta de control, y por ende una falta de aceptación de la leche de cabra por parte de consumidores conscientes de este punto. Y, finalmente, el cuarto motivo conlleva a una disminución de oportunidades de desarrollo a nivel nacional e incluso regional, en relación al potencial de exportación e importación.

A pesar de ello, hay que tener en cuenta que las células somáticas de cabras sanas son capaces de afectar la calidad de los productos derivados de la leche. Ello fue demostrado por Sánchez-Macías et al. (2013), quienes elaboraron quesos de cabra con distintos niveles de células somáticas provenientes de animales sanos. Llegaron a la conclusión de que las células somáticas son capaces de aumentar los niveles de proteólisis y lipólisis en los quesos en tan sólo siete días. Sin embargo, no tiene ningún riesgo para la salud de las personas, sino que simplemente se obtiene un producto que podría tener características diferentes.

## Conclusión

La presencia de personal especialista en calidad de leche de cabra es fundamental en la construcción de normativas aplicables al sector. Una normativa deficiente o muy restrictiva podría desalentar a los

productores y desfavorecer el desarrollo caprino de un país o incluso de toda una región.

## Referencias

Alhussien MN, Dang AK. Pathogen-dependent modulation of milk neutrophils competence, plasma inflammatory cytokines and milk quality during intramammary infection of Sahiwal (*Bos indicus*) cows. *Microb Pathog*. 2018;121:131-8.

Caggiano N, Lorenzo Smirnof A, Bottini JM, De Simone EA. Protease activity and protein profile in milk from healthy dairy cows and cows with different types of mastitis. *Int Dairy J*. 2019;89:1-5.

Chen SX, Wang JZ, Van Kessel JS, Ren FZ, Zeng SS. Effect of somatic cell count in goat milk on yield, sensory quality, and fatty acid profile of semisoft cheese. *J Dairy Sci*. 2010;93(4):1345-54.

Consejo Directivo. Directiva 92 /46 /CEE del consejo de 16 de junio de 199. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*; 1992.

Dulin AM, Paape MJ, Schultze WD, Weinland BT. Effect of parity, stage of lactation, and intramammary infection on concentration of somatic cells and cytoplasmic particles in goat milk. *J Dairy Sci*. 1983;66(11):2426-33.

Gonçalves JL, Kamphuis C, Martins CMMR, Barreiro JR, Tomazi T, Gameiro AH, et al. Bovine subclinical mastitis reduces milk yield and economic return. *Livest Sci*. 2018;210:25-32.

MERCOSUR. Resolución No. 91/93 del Grupo Mercado Común y la Recomendación No. 42/94 del SGT No. 3 "Normas Técnicas". Identidad y calidad de la leche fluida a granel. Consejo del Mercado Común; 1994.

INEN. NTE INEN 2624. Leche cruda de cabra. Requisitos. Ecuador: Servicio Ecuatoriano de Normalización; 2016.

Raynal-Ljutovac K, Pirisi A., Crémoux R., Gonzalo C. Somatic cells of goat and sheep milk: Analytical, sanitary, productive and technological aspects *Small Rumin Res*. 2007;68(1-2):126-44.

Sánchez-Macías D, Morales-delaNuez A, Torres A, Hernandez-Castellano LE, Jimenez-Flores R, Castro N, et al. Effects of addition of somatic cells to caprine milk on cheese quality. *Int Dairy J.* 2013;29(2):61-7.

Sánchez-Macías D, Moreno-Indias I, Castro N, Morales-Delanuez A, Argüello A. From goat colostrum to milk: physical, chemical, and immune evolution from partum to 90 days postpartum. *J Dairy Sci.* 2014;97(1):10-6.

Thai Agricultural Standard. TAS 6006-2008. Raw goat milk. Bangkok: National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards; 2008.

USDA. General Specifications for Dairy Plants Approved for USDA Inspection and Grading Service. 7 CFR Part 58. Estados Unidos: United States Department of Agriculture; 2012.

van Asseldonk MA, Renes RJ, Lam TJ, Hogeveen H. Awareness and perceived value of economic information in controlling somatic cell count. *Vet Rec.* 2010;166(9):263-7.

PONENCIAS MAGISTRALES

# Centro de producción caprina del Altiplano-Ceprocal: de un vaso de leche a una cadena de valor caprina. La experiencia de Guatemala

Rodrigo Arias<sup>1\*</sup>, Sergio Tello<sup>2</sup>, Reinaldo Penner<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Director de Seguridad Alimentaria y Especialista en cabras lecheras; Save the Children, Ciudad de Guatemala, Guatemala

<sup>2</sup> Especialista en Producción Animal; Save the Children, Ciudad de Guatemala, Guatemala

<sup>3</sup> Consultor en cadena de valor caprina, Asunción, Paraguay.

## Introducción

En América Latina, Guatemala es el país que presenta la mayor desnutrición crónica en niños menores de 5 años, con una prevalencia nacional de 46,5%. Del país, es la región del Altiplano Occidental con una población mayoritariamente indígena la que presenta la mayor prevalencia para este indicador, alcanzando un valor del 61%. Asimismo, de acuerdo a la Encuesta nacional de Condiciones de Vida (ENCOVI, 2016), en el departamento de Quiché la incidencia de pobreza alcanza el 74% y de acuerdo a la línea base conducida por el Programa Maya de Seguridad Alimentaria en el 2013 e implementado por Save the Children el nivel de pobreza extrema (porcentaje de personas que viven con menos de US\$ 1,25 al día) en las comunidades del referido programa en los departamentos de Quiché, Huhuetenango y Quetzaltenango alcanzó un 44%.

Dentro de los factores que contribuyen a los altos niveles de desnutrición crónica en la niñez; la falta de proteína de alta disponibilidad biológica, luego de terminado el periodo de lactancia materna;

es uno de los más importantes. La mayoría de las familias en la referida región, no tienen acceso a alimentos de buena calidad para una adecuada alimentación complementaria durante ese periodo crítico que comprende una ventana de 1000 días.

Tomando en cuenta la problemática arriba presentada, hace 15 años, Save the Children hizo una revisión de su programa de Seguridad Alimentaria, buscando alternativas para mejorar la diversidad y calidad de la dieta que consumen las familias. Durante la implementación del Programa Maya de Seguridad Alimentaria, llevada a cabo por Save the Children con el apoyo de USAID, en el año 2004; basado en un diagnóstico del sistema de producción de los agricultores de subsistencia ubicados en el departamento del Quiché, se concluyó que la crianza de cabras lecheras a nivel de hogar sería una buena alternativa, a través de la incorporación de un módulo con una cabra lechera por familia, con la idea de al menos disponer de un vaso de leche para un niño o niña, menor de los cinco años.

Las cabras lecheras pueden criarse tanto para mejorar la dieta de las familias rurales como para el procesamiento de los excedentes de leche en queso o dulce. Adicionalmente, los pediatras recientemente recomiendan la leche de cabra como una alternativa para los niños que presentan alergias a la leche de vaca. Debido a que la gran mayoría de familias rurales tienen limitado acceso a alimentos como carne o pescado, la leche de cabra puede constituirse en una importante fuente de proteína, fósforo y calcio (Hanlein, 2002).

Con base a la revisión referida antes, al final de un segundo PROMASA (2006 a 2012), programa también implementado con fondos USAID, se habían logrado establecer módulos con cabras lecheras en alrededor de 1,600 hogares ubicados en comunidades del departamento del Quiché. Todos esos módulos fueron implementados con el propósito de obtener leche para los niños como parte de la alimentación complementaria, luego de finalizada la lactancia materna.

Casi finalizando este programa, el equipo técnico de Save the Children analizó el modelo propuesto de una cabra por hogar, encontrando varios factores que limitaban su sostenibilidad como la poca aptitud lechera de las cabras y con producciones promedio de 500 cc por cabra/día y por ende poco aliciente al esfuerzo realizado por miembros de la familia en el cuidado de los animales. Es así que a finales del año 2011, nace la idea de construir el Centro de Producción Caprina del Altiplano- CEPROCAL- bajo una alianza entre Save the Children y la Fundación Agros. Los recursos para la construcción de las instalaciones fueron conseguidos por medio de Save the Children a través de donaciones y el terreno fue provisto por la Fundación. Los aportes hechos para la edificación y equipamiento del centro fueron de varias fuentes, entre ellas las principales, el de la Empresa Keurig Green Mountain y el de la división Food for peace de USAID a través del Programa de Acciones Integradas en Seguridad Alimentaria y Nutricional del Occidente (PAISANO) implementado por Save the Children. Adicionalmente con el apoyo de la fundación Cristadelphian Meal a day, se llevó a cabo un proyecto comunitario con un aproximado de 75 familias ubicadas relativamente cerca del centro para que en un futuro pudieran ser proveedores de leche del mismo.

Los objetivos planteados para la implementación y funcionamiento de CEPROCAL fueron los siguientes:

1. Capacitación en buenas prácticas de manejo caprino. Dirigidas a agricultores líderes y promotores, caprinocultores, estudiantes Universitarios, técnicos de otras ONG's.

2. Mejoramiento Genético y buenas prácticas de reproducción. Breeding and promotion of genetically improved goats imported from Mexico that are intended to produce high yields of milk. Mejoramiento de las cabras locales por medio de la utilización de cruzamientos utilizando sementales de alta calidad genética vía monta o inseminación artificial

3. Producción de leche cabra y sus derivados para la venta Producción de productos de leche de cabra, incluyendo cajeta y quesos. El propósito de esta actividad es generar fondos para que el centro sea sostenible.

4. Realizar estudios de Investigación: El centro ofrece un ambiente controlado a investigadores y estudiantes para llevar a cabo estudios relacionadas con las cabras lecheras. A la fecha han sido conducidos 11 estudios.

Luego de un año y medio de trabajo, las instalaciones de CEPROCAL fueron inauguradas oficialmente en julio de 2013. El complejo consta de cinco galpones para albergar las diferentes categorías de cabras y su capacidad es de 300 animales con un área techada de 350 m<sup>2</sup> Asimismo cuenta con una sala de ordeño (40 m<sup>2</sup>), el mismo es mecánico, con una estación de 4 puntos por el método de cubetas. Adicional a ello se construyó una pequeña planta de procesamiento que cuenta con equipo como pasteurizadora, enfriadores y mobiliario y utensilios para la transformación de leche en productos como cajeta, quesos y yogurt.

El área proporcionada por la Fundación AGROS fue de 2,5 ha, localizada a 8 Km en la aldea El Paraíso, en las afueras del Municipio de Nebaj en el departamento de Quiché. Del área referida, 14525 m<sup>2</sup> están siendo utilizadas por el centro.

En la Tabla 1 se muestra la Inversión realizada en CEPROCAL para la construcción de las instalaciones, su equipamiento y adquisición de cabras lecheras. El inventario actual del centro se presenta en la Tabla 2.

**Tabla 1** - CEPROCAL - Inversión en Activos, equipo e inventario Caprino

Activos	Valor en US\$
Materiales de Construcción	\$78.147
Mano de Obra	\$32.384
Equipo	\$8.144
Activos para procesamiento de leche	\$51.327
Inventario Caprino	\$74.263
<b>Total</b>	<b>\$247.876</b>

**Tabla 2** - Inventario Caprino - CEPROCAL al 31 de marzo de 2019, Fundación Agros Nebaj, Quiché

Categoría	Numero
Cabras	74
Sementales	11
Cabritas	42
Crias	43

Fuente : Datos Fundación AGROS, marzo 2019.

En cuanto a la adquisición de cabras lecheras para CEPROCAL, a finales del año 2011 realizó una importación de 20 cabras y 9 sementales de las razas Alpino y Saanen del área de Apaseo, Guanajuato, México. A inicios del año 2015, se importaron otros 42 animales (30 hembras y 12 sementales). Aparte de las cabras importadas, localmente se adquirieron 50 más. Con base a este inventario caprino inició la reproducción y el programa de mejoramiento genético de los animales.

### Beneficios comunitarios por influencia de CEPROCAL

Todo el impacto que puede tener CEPROCAL a nivel de las comunidades que han sido beneficiadas por el centro, a través de las capacitaciones recibidas

por los productores o el mejoramiento genético se sus cabras, es difícil poder estimarlo. Sin embargo, en un esfuerzo por conocer dicho impacto a finales del año 2014 se llevó a cabo un estudio (Save the Children y keurig Green Mountain, 2014) siguiendo la metodología del marco muestral, primero se definió un sub-universo de 530 familias del total de 1484 familias alcanzadas tomando en cuenta condiciones de acceso geográfico, una relación costo/beneficio aceptable y que la comunidad tuviera al menos 10 hogares con cabras. Con base a lo anterior, se determinó una muestra aleatoria de 106 familias. Los principales resultados se resumen en el Cuadro 1. Entre los hallazgos más relevantes se puede mencionar que la producción promedio por cabra día se incrementó de 400 a 895 ml, más hogares se dedican a criar cabras, producen y venden leche y más niños consumen leche.

**Cuadro 1** - Principales resultados de una encuesta realizada a 105 beneficiarios del proyecto comunitario relacionado con CEPROCAL El Quiché, Guatemala (Datos evaluación final - Save the Children y Keurig Green Mountain, 2014)

Las familias criando cabras pasaron de 29 a 103 al final del Proyecto.
De las 105 familias, 41 reportaron tener una cabra, 23 familias, 2 cabras, 17 familias, 3 cabras y 22 más de 3 cabras. Esto evidencia el crecimiento del rebaño a nivel de los hogares.
Antes de iniciado el Proyecto, solo 22 familias ordeñaban sus cabras mientras que al final del mismo, 66 familias lo hacían.
De esas 66 familias, 35 reportaron que la producción de leche por día era de 0,5 lt, 5 familias, 0,75 litros, 16 familias 1 lt y 10 familias informaron que sus cabras daban 2 litros. Esta información evidencia que la producción de leche de las cabras en un grupo importante de productores se ha incrementado significativamente producto de la mejora genética de las cabras a través de los sementales mejorados proporcionados por CEPROCAL, así como la capacitación en buenas prácticas de manejo caprino.
Antes del proyecto, de las 105 familias solo 20 reportaron que sus niños menores de 5 años consumían leche de cabra, al finalizar el proyecto 73 hogares reportaron el consumo de leche.
Antes del Proyecto, de las 105 familias, solo 4 informaron que vendían leche de cabra, al finalizar el mismo, 90 familias indicaron hacerlo.

## **Proyecto Desarrollo Productivo y Micro Empresarial de Producción Caprina**

Este proyecto apoyado por la Fundación Cristadelphians Meal a Day, se diseñó e implementó para vincular a familias de productores con cabras lecheras con CEPROCAL. Los resultados de este proyecto, luego de cuatro años de implementación en diferentes fases, evidenciaron que a través del apoyo a 75 productores caprinos ubicados en cinco comunidades en Quiché, de 30 cabras ordeñadas se obtenían 31 litros de los cuales 7 eran consumidos. De este análisis se concluye que de 75 a 100 cabras criadas por productores ubicados en las cercanías del CEPROCAL, pueden volverse en proveedores de leche del centro. Estas familias, a través de este proyecto recibieron enfriadores/congeladores y en combinación con dos camioncitos con enfriamiento donados por la empresa de telefonía TIGO puede crearse una ruta de acopio de leche para la planta que puede incluso alcanzar a más familias con cabras lecheras.

## **Evaluación financiera y de mercado de CEPROCAL**

A mediados del año 2017, se llevó a cabo una consultoría para evaluar aspectos financieros y de mercado (Penner, 2017) de CEPROCAL. El principal objetivo de dicha consultoría fue evaluar aspectos financieros y de manejo de operaciones del centro. A continuación se presentan en forma resumida la metodología y los principales hallazgos de dicho estudio. La evaluación de CEPROCAL se llevó a cabo utilizando la información secundaria disponible del centro y consultas de personal clave de Save the Children y Fundación Agros. El estudio fue completado en dos fases:

1. Inicio y arranque del estudio. El análisis comenzó con una revisión de gabinete sobre los documentos relevantes de CEPROCAL e entrevistas con personal clave.

2. Fase de visitas de campo. Se realizaron visitas de campo a CEPROCAL y a su área de influencia como las comunidades en donde se estaban llevando actividades relacionadas con el centro, en las cuáles se llevaron a cabo grupos focales

con productores caprinos y visitas de observación. Asimismo se realizó un análisis del mercado de los productos caprino basado en visita a empresas comercializadoras/distribuidoras de productos lácteos de cabra en la ciudad de Guatemala.

Se llevaron a cabo 17 entrevistas no estructuradas con preguntas abiertas relacionadas con el área de experiencia de la persona entrevistada. Por ejemplo, las entrevistas con el equipo de Monitoreo Y Evaluación del Programa PAISANO bajo el cual se implementó CEPROCAL, se enfocaron en indicadores, mientras que entrevistas con profesores de la Escuela de Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos se centraron en aspectos de salud, manejo y mejoramiento genético de cabras lecheras.

## **Producción de leche en CEPROCAL**

La producción actual de leche en CEPROCAL es de alrededor de 60 litros por día, producto del ordeño de 40 cabras (1,5 litros/cabra/día). El 95 % de esta leche, se procesa en su planta para la elaboración de cajeta, en una relación de 2:1 (litros de leche/litro de cajeta) la cual se vende en una cadena de restaurant en la ciudad de Guatemala. La leche remanente se procesa en yogurt, queso y helados, los cuales se venden en el mismo centro o en la ciudad de Nebaj, Quiché.

En la fecha de esta evaluación el centro operaba con una pérdida de \$9,000 por año, pero las proyecciones de la comercialización de cajeta y futuras ventas de queso y otros productos en supermercados y a nivel local, podrán despegar si dichos productos pueden registrarse. Aunque la producción de leche aún es baja, se espera que con el aumento de cabras en producción, la misma incremente considerablemente. Asimismo, el proyecto piloto referido implementado por Save the Children, con el apoyo de Cristadelphians Meal a day, el cual inició en el 2017, se espera en el futuro cercano contribuya en el suministro de leche al centro por parte de los productores excedentarios. En la Tabla 3 se presentan las proyecciones de Ingresos y egresos de CEPROCAL, tanto de la granja de cabras como del área de procesamiento y comercialización de productos.

**Tabla 3 - Ingresos Netos CEPROCAL**

<b>Ingresos proyectados</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>
Ventas caramelo	\$ 47.928,6	\$71.893,0	\$86.271,6
Ventas queso	\$24.896,6	\$38.340,8	\$60.249,8
Ventas yogurt	\$4.138	\$4.386	\$18.934
Ventas totales	\$76.964	\$114.620	\$165.456
Costos fijos totales	\$12.764	\$30.293	\$31.566
Costos variables totales	\$53.589	\$79.769	\$113.137
Margen cajeta por litro de leche	\$1,3	\$1,3	\$1,3
Margen queso por litro de leche	\$1,4	\$1,4	\$1,4
Margen yogurt por litro de leche	\$1,3	\$1,3	\$1,3
Margen total por ventas	13,8%	4,0%	12,5%
Ingreso neto	\$10.611	\$4.557	\$20.752
<b>Ingreso Neto Proyectado Centro de Cabras</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>
Litros de leche al año	15.33	21.9	32.85
Ventas totales	\$31.074	\$44.392	\$66.588
Costos totales	\$32.642	\$35.359	\$38.614
Margen por litro de leche	-\$0,1	\$0,4	\$0,9
Margen total por ventas	-5%	20%	42%
Ingreso neto	-\$1.568	\$9.033	\$27.974
Ingreso Total Neto	\$9.043	\$13.590	\$48.726

Fuente: Penner, 2017.

## Evaluación de mercado

La evaluación de Mercado de las dos principales actividades del Centro (producción de leche y sus derivados y venta de genética por animales) concluye que la sostenibilidad en el largo plazo de CEPROCAL, depende de la venta de los productos lácteos, por lo que es en esta área que hay que poner le mayor énfasis. Las otras actividades como venta de pie de cria de alta calidad genética y compost con base a estiércol de cabra no deben descartarse, pero tendrán menor prioridad por aspecto de usos de recursos.

En Guatemala, no existe mercado formal para los productos de leche de cabra, pero el mercado informal ha venido creciendo debido al entusiasmo de algunos productores, principalmente por la venta de quesos y yougurt. Sin embargo, la cajeta de CEPROCAL y el yougurt de Valparaiso, son los únicos productos que tienen un mercado establecido en restaurant y una cadena de supermercado. A nivel local, en el

área de influencia de CEPROCAL, hay posibilidades de expandir el mercado de la leche fluida, yogurt y helados elaborados con leche de cabra.

## Conclusiones

1. Proyectos apoyados por USAID como el Programa Maya de Seguridad Alimentaria (PROMASA) y el Programa de Acciones Integradas en Seguridad Alimentaria y Nutricional del Occidente (PAISANO), el programa de Seguridad Alimentaria con cabras lecheras financiado por Keurig Green Mountain y CEPROCAL, en los últimos 15 años, han contribuido a sentar las bases para posibilitar que cientos de pequeños productores que viven en condiciones de alta vulnerabilidad de Inseguridad Alimentaria y pobreza se vinculen a una incipiente cadena de valor de productos lácteos de cabra, con una demanda creciente en el país.

2. En Guatemala el Mercado para la leche de cabra y sus productos ha ganado espacios importantes, pero todavía opera en la informalidad. Adicional a la cajeta, el mercado de quesos gourmet es algo en que CEPROCAL debe considerar para diversificarse y mejorar sus ingresos. La demanda ya existe para este producto lácteo, pero los proveedores operan en forma artesanal, lo cual no produce el volumen requerido para ingresar al mercado formal de quesos gourmet. CEPROCAL con base a la experiencia ganada en la producción y comercialización de cajeta tiene que convertirse en un proveedor de queso en un mercado formal y estable como el de los supermercados.

3. El suministro de leche de cabra por parte de los productores a la planta de CEPROCAL es posible, tomando en cuenta que un 20% de las familias a producción excede el consumo. Si la demanda es asegurada, la mayor explicación en el corto plazo para tener una producción excedentaria es la disponibilidad de área, pero en el mediano plazo, dependerá de tecnología apropiada como buena genética para la producción de leche, forrajes adecuados, manejo de la lactación orientada a la producción (y no tanto para alimentar el cabrito), buenas prácticas de manejo y salud animal y la disposición de los caprinocultores para adoptar las innovaciones.

## Recomendaciones

De acuerdo a los resultados de la evaluación Financiera y de mercado, se requieren seis etapas para que CEPROCAL se convierta en un Centro Caprino Rentable y mantenga su proyección social con el apoyo para la mejora del manejo caprino de cientos de productores en el Altiplano occidental de Guatemala. Dichas etapas son:

a) Operar la transferencia de CEPROCAL a la Fundación Agros e inyectar los recursos necesarios para incrementar el nivel de operación tanto en producción de leche como en diversificación y comercialización de productos.

b) Obtener la licencia sanitaria y registro de productos para poder comercializar de manera formal a nivel de cadenas de supermercados.

c) Incrementar la capacidad de comercialización de los pequeños caprinocultores para que aparte de productores también sean consumidores.

d) Incrementar la capacidad de comercialización y mercadeo de cajeta y queso en CEPROCAL para proveer a los supermercados en la capital y de productos alternativos (helados, yougurt, quesos frescos) en la ciudad de Nebaj, Quiché.

e) Incrementar la producción de leche de los pequeños caprinocultores en las cercanías del centro, a través del establecimiento de una cadena de suministro de leche.

f) Fortalecer la incipiente Asociación de productores caprinos y vincularlos de manera formal con la Fundación AGROS y CEPROCAL.

## Referencias

ENCOVI. Encuesta nacional de condiciones de vida. 2016. 275 p.

Penner R. Assessment Report and Sustainability Plan of CEPROCAL. FFP/USAID, Save the Children; 2017.

Save the Children, Keurig Green Mountain. Food Security and Health Promotion for Families Working in Coffee-Production Areas in Guatemala. Reporte final de Proyecto. 2014.

## PONENCIAS MAGISTRALES

# El “Arte de la Guerra” contra los nematodos gastro-intestinales en rebaños de ovinos y caprinos del trópico

Juan Felipe Torres-Acosta<sup>1\*</sup>, Hervé Hoste<sup>2</sup>, Carlos Alfredo Sandoval-Castro<sup>1</sup>, Rafael Arturo Torres-Fajardo<sup>1</sup>, Javier Ventura-Cordero<sup>1</sup>, Pedro Geraldo González-Pech<sup>1</sup>, María Gabriela Mancilla-Montelongo<sup>3</sup>, Nadia Florencia Ojeda-Robertos<sup>4</sup>, Cintli Martínez-Ortíz-de-Montellano<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), Mérida, México

<sup>2</sup> Interactions Hôtes - Agents Pathogènes (IHAP), Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse(ENVT), Université de Toulouse, Toulouse, Francia

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), Mérida, México

<sup>4</sup> División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Villahermosa, México

<sup>5</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México, México

## Resumen

El presente trabajo profundiza los conceptos de las infecciones por nematodos gastrointestinales (NGI) en rumiantes a la luz de nuevos hallazgos de la relación animal-parásito-vegetación y muestra cómo usar estos para orientar el uso racional de los métodos de control alternativo. Primeramente, se reflexiona acerca del control de NGI en la época actual y cómo el uso indiscriminado de los antihelmínticos (AH) ha generado un gran problema de resistencia a estos medicamentos. La investigación de NGI resistentes a AH ayudó a reconocer que las cargas elevadas de NGI se encuentran en una baja proporción de animales de cada rebaño. Esto permite plantear un nuevo paradigma de control basado en el uso selectivo de los AH solo en los animales que lo necesitan. Se propone que las bajas infecciones por NGI en los rebaños se deben a: (i) el uso de razas nativas resistentes a los NGI, (ii) la baja

infectividad de las praderas durante muchos meses del año, (iii) el consumo de plantas de la vegetación nativa tropical que contienen compuestos secundarios (CS) que afectan varias fases del ciclo de NGI, y (iv) conductas de pastoreo que limitan el consumo de fases infectantes en forrajes de baja altura a las horas de mayor infectividad. Se plantea la necesidad de usar alguna estrategia de desparasitación selectiva dirigida reduciendo problemas de falsos positivos y falsos negativos comunes a varias estrategias. Para reducir la dependencia por AH convencionales se requiere de métodos alternativos que afecten las fases fuera de los hospedadores o dentro de ellos. Posiblemente muchos productores ya estén usando algún método alternativo de control sin ser conscientes de esto. Por ejemplo, al usar animales de razas tropicales se aprovecha su capacidad de resistir a los NGI. Además, el pastoreo en vegetación de

selvas tropicales implica consumir plantas nutraceuticas que aportan nutrientes y CS con actividad AH. Las estrategias mencionadas pueden ser reforzadas con la suplementación dietética para mejorar la productividad y la respuesta inmune contra los NGI. Algunos productores podrían interesarse en la rotación de praderas, que sirve para evadir a las larvas infectantes en los potreros. En un futuro pudieran tener acceso a hongos nematófagos que pueden usarse para evitar que las larvas L3 salgan de las heces y contaminen los forrajes. Un elemento que será importante es la vacuna Barbervax© que utiliza un antígeno obtenido del intestino del *Haemonchus contortus* para generar anticuerpos contra ese parásito logrando reducciones de cargas parasitarias > 90%. En conclusión, es necesario seguir profundizando en la relación animal-parásito-vegetación para que ese conocimiento nos lleve a tomar mejores decisiones en cuanto a los métodos de control. Todo esto para permitir la sustentabilidad de la estrategia de control de NGI en cada rebaño.

**Palabras clave:** Era post-anthelmíntica. Métodos alternativos de control. Combinación de estrategias de control.

## Introducción

Un principio del antiguo libro "El Arte de la Guerra" escrito por Sun Tsu entre los siglos VI y V antes de Cristo sugiere "evitar hasta donde sea posible usar armas para destruir al enemigo" (Tsu, 1999). Sin embargo, en la guerra contra los nematodos gastrointestinales (NGI) de los rumiantes domésticos hemos hecho exactamente lo contrario a esa antigua recomendación. La humanidad ha usado antihelmínticos (AH) como principal y a veces única arma para la lucha contra los NGI. Como hubiera sido anticipado en ese antiguo libro Chino, los parásitos están ganando la guerra basada solo en los AH. Los NGI utilizaron una antigua herramienta de la naturaleza: la selección de poblaciones genéticamente adaptadas para resistir a los AH. Estas drogas han dejado de funcionar en una gran proporción de rebaños sobre todo de zonas tropicales como se ha observado en Brasil (Salgado y Santos, 2016) y México (Herrera-Manzanilla et al., 2017). Consecuentemente, se requiere de un cambio

en el paradigma de control de NGI. Hace casi dos décadas se propuso este cambio en México (Torres-Acosta, 2000). En ese entonces se desconocía la situación de resistencia a los AH en México y se habían probado muy pocos métodos alternativos de control. Para inicios de la siguiente década ya se contaba con gran cantidad de trabajos que sugerían una situación alarmante de NGI resistentes a los AH en el continente americano (Torres-Acosta et al., 2012) y estos resultados parecen empeorar con el tiempo (Sepúlveda-Vázquez et al., 2017). En ese mismo período de tiempo se ha demostrado que diversos métodos alternativos de control de NGI son viables en condiciones tropicales (Torres-Acosta et al., 2014a). Varios de estos métodos de control atacan a las fases de vida libre de los NGI en los potreros, y otros atacan a los NGI en el interior de los animales. El nuevo paradigma de control de NGI debe basarse en el uso de diferentes métodos de control usados de manera simultánea y racional. Sin embargo, para que el nuevo paradigma tenga éxito sigue siendo necesario cumplir con otra antigua máxima de Tsu (1999): "conocer bien al enemigo (las especies de NGI, su estacionalidad, etc.) y conocerte a ti mismo" (las estrategias de control que vas a aplicar, las granjas, los animales, los potreros). En general, creemos conocer "bien" a los NGI, pero realmente no profundizamos en nuestro conocimiento acerca de ellos. En cuanto al conocimiento de nosotros mismos, tal vez sepamos algo de las granjas o las razas de los animales, pero tal vez no somos capaces de reconocer las debilidades y fortalezas de cada uno de los métodos alternativos de control de NGI existentes, o de sus posibles antagonismos o sinergias. Debemos ser totalmente conscientes de las ventajas y desventajas de cada uno de los métodos de control de NGI para poder usarlos correctamente. Además, debemos entender que los diferentes métodos de control deben ser usados dentro de una estrategia bien fundamentada ya que "las tácticas sin estrategia definida son el ruido antes de la derrota" (Tsu, 1999). El presente trabajo profundiza algunos conceptos de las infecciones por NGI en rumiantes a la luz de nuevos hallazgos de la relación animal-parásito-vegetación y muestra cómo usar el conocimiento de esta relación para orientar el uso racional de los métodos de control alternativo.

## Desarrollo temático

### Un nuevo paradigma para el control de NGI en rumiantes domésticos

Siguiendo con las enseñanzas de Tsu (1999), "las armas son instrumentos fatales que deben ser utilizadas cuando no hay otra alternativa". Sin embargo, una vez que la humanidad tuvo acceso a los modernos AH convencionales, con eficacias superiores al 95% de reducción contra los NGI, prácticamente todos los involucrados en la producción de rumiantes abandonaron cualquier método de control de NGI que hubieran usado antes de ese momento de la historia. La "era de los AH" nació como un parte aguas para la humanidad, en el que estas drogas fueron consideradas como la única "arma" de control confiable contra los NGI, capaz de mejorar la productividad y evitar signos clínicos de NGI en animales en pastoreo. El uso de los AH convencionales constituye todavía el paradigma del control moderno de los NGI. Sin embargo, los AH fueron usados de manera inadecuada y excesiva dando como resultado que, en pleno inicio de la segunda década del siglo XXI, se ponga en duda la sustentabilidad del control de NGI basado en AH en los rebaños de pequeños rumiantes del presente y el futuro.

Los diferentes trabajos de diagnóstico de resistencia a los AH han generado información en dos aspectos muy valiosos. El primero, es la elevada frecuencia de rebaños resistentes a los AH en diferentes zonas del mundo, que deja constancia de la alarmante situación en que se encuentran los rebaños en los que hay NGI resistentes a una o varias clases de AH. Estos resultados hacen evidente que el uso irracional de los AH está dando origen a una nueva era en el control de NGI: la "era post-antihelmínticos". Esta se define como el momento histórico de cada granja en el que los tratamientos con AH se vuelven innecesarios debido a que sus poblaciones de NGI son multirresistentes a todas las clases de AH, tanto en forma individual como en cualquier combinación. Tanto en Brasil como en México existen ya reportes de rebaños en los que ninguna de las clases de AH disponibles logran controlar a los NGI (Silva et al., 2018). El segundo aspecto, producto de estas investigaciones y tal vez

aun más valioso, es el conocimiento de la cantidad de animales que en cada rebaño muestran bajas eliminaciones de huevos de NGI por gramo de heces (HPG). Es bien conocido que la eliminación de HPG en heces nos aporta una idea muy precisa de la cantidad de NGI en el interior de los animales, ya que una baja eliminación de HPG se asocia a una baja carga de NGI en el animal y una alta eliminación de HPG se asocia a una alta carga de NGI en el animal (Mohammed et al., 2016). Lo anterior demuestra que en cada rebaño explorado hay muy pocos animales que tienen altas cargas de NGI, y que estos conviven con una gran mayoría de animales con pocos parásitos (Tabla 1).

Este fenómeno en el que la mitad de los animales tienen < 200 HPG se ha demostrado en rebaños caprinos, ovinos y bovinos de diferentes zonas tropicales de México (Torres-Acosta et al., 2014b; Medina-Pérez et al., 2015; Soto-Barrientos et al., 2018), y está siendo investigado en otras zonas tropicales de América latina.

Ambos resultados dan sustento a la necesidad de cambiar el paradigma de control de NGI en las granjas de rumiantes domésticos. Por un lado, se hace evidente la urgente necesidad de reducir nuestra dependencia por los AH convencionales y, por otro lado, también es evidente que hay muchos animales que no necesitan ser desparasitados pues naturalmente tienen bajas cargas de estos parásitos.

### ¿Por qué son pocos los animales que tienen altas cargas de NGI?

La sección anterior sugiere que los veterinarios y productores habían usado por décadas información superficial acerca de la realidad de las parasitosis por NGI en rumiantes en zonas tropicales húmedas y subhúmedas. Las infecciones por NGI se apreciaban como un peligro inminente para todos los animales en pastoreo (Cuadro 1). Ante este escenario de temor surgieron los AH convencionales en la segunda mitad del siglo XX (años 70s y 80s) como una herramienta para poder tener más animales por hectárea, evitando los efectos negativos de los NGI como el sufrimiento animal, la baja productividad y la mortalidad. Para muchos productores y veterinarios, encontrar un animal mostrando algún

signo asociado a las infecciones por NGI (diarrea, debilidad, anemia, baja condición corporal, edema sub-mandibular, etc.) es suficiente evidencia para desparasitar a todos los animales de un rebaño. La nueva información disponible acerca de la dinámica de las infecciones por NGI en rumiantes en pastoreo en zonas tropicales cálidas húmedas nos ha permitido actualizar y precisar nuestros conceptos acerca de los NGI y su control (Cuadro 1). Se ha demostrado que en las infecciones por NGI sólo son riesgosas en una pequeña proporción del rebaño.

De hecho, estas bajas cargas de NGI en la mayoría de los animales pudieran ser una demostración de adaptación mutua entre los parásitos y hospederos ya que a los primeros no les beneficia matar a su hospedero. Solo cuando otros factores afectan ese balance (como en la desnutrición o el parto) se presentan animales con problemas pues no pueden cubrir el costo de los parásitos. Por lo que es necesario desarrollar estrategias de control dirigidas a limitar a los NGI únicamente en esa pequeña proporción de animales de cada rebaño.

**Tabla 1** - Distribución de la cantidad de huevos por gramo de heces (HPG) eliminados por ovinos o caprinos de zonas tropicales cálidas y templadas donde se puede ver que el 50% de la población muestreada (mediana) tiene solo de 50 a 200 HPG, el 75% de los animales (3er cuartil) eliminó entre 200 y 650 HPG, y la proporción de animales con más de 1000 HPG fue entre 2,8% y 27,9%

	Mínima	Mediana	3er cuartil	1000 HPG o mayor	Referencia
Regiones cálidas					
Tabasco (n = 900 ovejas)	0	100	550	16,8%	Medina-Pérez et al., 2015
Campeche n = 907 ovejas	0	100	350	11,8%	Sepúlveda-Vázquez et al., 2017
Yucatán n = 1500 cabras	0	100	650	27,9%	Torres-Acosta et al., 2014
Yucatán n = 2788 ovejas	0	100	650	15,%	Soto-Barrientos et al., 2018
Regiones templadas					
Querétaro n = 299 cabra	0	200	450	9,6%	Martinez-Ortiz de Montellano*
Querétaro n = 141 cabras	0	100	200	1,4%	Martinez-Ortiz de Montellano*
Morelos n = 942 ovejas	0	50	300	9,8%	Martinez-Ortiz de Montellano*
Morelos n = 906 ovejas	0	150	400	8,8%	Martinez-Ortiz de Montellano*

Nota: \* Datos no publicados.

**Cuadro 1** - Productores y veterinarios que deben controlar las infecciones por nematodos gastrointestinales (NGI) en las poblaciones de rumiantes domésticos en pastoreo de zonas tropicales tienen que cambiar de los conceptos erróneos imperantes en la actualidad (I) y adoptar nuevos conceptos (II) que permitirán un control más sustentable de estos parásitos

(I) Conceptos erróneos acerca de las infecciones por NGI en rumiantes en el trópico	(II) Conceptos nuevos acerca de las infecciones por NGI en rumiantes en el trópico
<p><b>(a)</b> Los animales en pastoreo se infectan en todo momento con gran cantidad de fases infectantes (L3) de diferentes especies de NGI.</p> <p><b>(b)</b> Todos los animales con infecciones mixtas de NGI están enfermos.</p> <p><b>(c)</b> Todos los animales infectados con NGI tienen baja producción o mueren en comparación con animales no infectados.</p> <p><b>(d)</b> El tratamiento con un AH eficaz beneficia a todos los animales infectados.</p>	<p><b>(a)</b> Los animales en pastoreo se infectan en época de lluvia con cantidades variables de L3 de diferentes especies de NGI.</p> <p><b>(b)</b> Sólo los animales con infecciones mixtas severas de NGI tienen signos de enfermedad.</p> <p><b>(c)</b> Una baja proporción de animales infectados con NGI tienen baja producción o mueren por la infección.</p> <p><b>(d)</b> El tratamiento con un AH eficaz no beneficia a los animales con pocos parásitos.</p> <p><b>(e)</b> Los animales con cargas moderadas de NGI son igual de saludables y productivos que los animales libres de NGI.</p> <p><b>(f)</b> No es necesario mantener libres de NGI a los animales en pastoreo mediante AH.</p> <p><b>(g)</b> Los animales no desparasitados sirven como refugio de susceptibilidad a los AH para la granja sobre todo en época de seca.</p> <p><b>(h)</b> En época de seca sólo desparasitar a los animales que realmente lo necesiten.</p>

La baja cantidad de animales con altas cargas de NGI en las granjas de zonas tropicales cálidas pudiera deberse a diferentes factores:

(i) *Las razas de animales de zonas tropicales tienen una gran capacidad de demostrar una respuesta innata o una respuesta inmune adquirida contra los NGI.* Esto resulta en animales de diferentes edades con bajas cargas de HPG en comparación con animales de razas menos adaptadas a NGI, aún cuando son expuestos a niveles de infecciones semejantes (Palomo-Couoh et al., 2016, 2017).

(ii) *Algunos rebaños de zonas tropicales cálidas húmedas pudieran tener baja cantidad de larvas infectantes de NGI en sus praderas.* La infectividad por NGI en la vegetación de zonas tropicales cálidas ha sido poco estudiada. Sin embargo, siempre se ha considerado que las condiciones del trópico cálido húmedo y subhúmedo son ideales para la sobrevivencia de las fases de vida libre de NGI. Sin embargo, el uso de animales centinelas pastoreando la selva de Yucatán, México, muestra que esta vegetación tiene baja o nula cantidad de larvas infectantes (L3) de NGI en época de seca (febrero a mayo) (Torres-Acosta et al., 2006), mientras que la cantidad de L3 del follaje aumenta gradualmente en época de lluvia, siendo escasa en junio y julio, y aumenta en los meses de agosto a diciembre. Aunque es muy probable que la infectividad en época de seca sea baja en general en zona tropicales cálidas, la infectividad en época de lluvia pudiera ser elevada en aquellos rebaños con altas cargas animales y en las que tengan animales de razas susceptibles a parásitos.

(iii) *Muchas plantas de la vegetación tropical contienen compuestos secundarios (CS) que reducen la infección por NGI al afectar diferentes fases de vida de los parásitos.* Numerosas plantas de las selvas tropicales contienen CS que afectan el establecimiento de las L3, o afectan la fecundidad de las hembras adultas de los NGI. También, pueden limitar la capacidad de sobrevivencia de los huevos de NGI depositados en las heces. Por lo tanto, los animales que se pueden alimentar con el follaje de las plantas nativas de las selvas tropicales pudieran tener una menor infección por NGI y reducir su eliminación de HPG (Méndez-Ortiz et al., 2019).

(iv) *Los animales que ramonean las selvas*

*tropicales eligen consumir follaje de plantas de ramoneo a lo largo del día y hacia el medio día aumentan su consumo de pasto.* Aparentemente los animales evitan consumir pasto cuando tiene rocío de la mañana, y aumentan su consumo de pasto al evaporarse el rocío en las horas más calientes del medio día (Torres-Fajardo et al., 2019). Esta conducta pudiera estar dirigida a evitar el pasto que contenga rocío, y que pudiera tener más L3. También pudiera sugerir que los animales primero consumen plantas con CS que eviten el establecimiento de las L3 para luego consumir el pasto que pudiera ser la porción más contaminada con L3.

### **Aplicar antihelmínticos en los animales que realmente los necesitan**

En este escenario en donde una gran proporción de la población de rumiantes de una granja tienen pocos NGI es fácil imaginar que solo necesitamos desparasitar a los animales que tengan cargas que sí afectan su producción o su salud, y a los demás no necesitamos desparasitarlos. Es decir, debemos desarrollar alguna metodología que nos ayude a saber cuándo es necesario luchar contra los NGI y cuándo no. Estudios recientes han demostrado que la desparasitación selectiva dirigida (DSD) de ovinos y caprinos es posible y nos permite mantener un elevado porcentaje de animales del rebaño (> 60% de las hembras adultas) sin un solo tratamiento con AH a lo largo de un año (Tabla 2).

Ahora se están estudiando varios protocolos de DSD para hacer este trabajo más sencillo y eficaz para regiones tropicales y templadas. De manera ideal, cualquier metodología de DSD debe ser sencilla de realizar y centrarse a encontrar a los animales con altas cargas de HPG. Sin embargo, en algunos países ya se aplica la DSD en animales con mucosas pálidas usando la metodología FAMACHA®, o con baja condición corporal, o con una ganancia de peso por debajo de cierto umbral (Cintra et al., 2019). Estos métodos de DSD buscan evitar la necesidad de tomar muestras de heces y analizarlas en laboratorio. Sin embargo, hasta el momento estas metodologías resultan en muchos falsos positivos que se desparasitan sin necesitarlo, y muchos falsos negativos se quedan sin desparasitar (Soto-Barrientos et al., 2018).

**Tabla 2** - Proporción de ovejas adultas que se mantienen sin desparasitar o con 1, 2, 3 o 4 o más desparasitaciones por año en diferentes sistemas de producción mantenidos con desparasitación selectiva dirigida combinando baja condición corporal o FAMACHA® pálida y eliminaciones de huevos por gramo de heces (HPG) iguales o superiores a 705 HPG (en Tabasco se usaron eliminaciones de iguales o mayores a 1000 HPG)

Tratamientos/oveja/año	Commercial Yucatán <sup>1</sup> %	Backyard Yucatán <sup>2</sup> %	Commercial Tabasco <sup>3</sup> %	Commercial Tamaulipas <sup>4</sup> %
0	63,5	68,1	65,5	33,3
1	23,2	25,2	17,8	63,3
2	10,5	6,7	8,0	3,3
3	2,9	0	4,5	0
4 o más	0	0	3,9	0

Nota: <sup>1</sup>Soto-Barrientos et al., 2018; <sup>2</sup>González-Ruiz et al. (no publicado); <sup>3</sup>Medina-Pérez et al., 2015; <sup>4</sup>Zapata-Campos et al. (no publicado).

### Uso de diferentes métodos alternativos para reforzar la estrategia de control contra NGI

En la actualidad se cuenta con varias estrategias alternativas de control de NGI que han sido probadas en sistemas de producción de ovinos y caprinos de México (Torres-Acosta et al., 2014a). Los diferentes métodos alternativos se pueden dividir en dos grupos: los que afectan a las fases de estos parásitos fuera del animal (fases de vida libre como huevos, L1, L2 y L3), y los que afectan a las fases de parásitos dentro del animal infectado. Todos esos métodos deben ser usados en una estrategia bien diseñada ya que "Las tácticas sin estrategia son como el ruido antes de la derrota" (Tsu, 1999). Cada productor deberá ser capaz de identificar los métodos que más le conviene usar, de acuerdo a la disponibilidad y a las necesidades de su granja.

En las zonas tropicales muchos productores ya están usando sin darse cuenta varios métodos de control alternativo contra los NGI. Incluso se podría decir que ya están logrando en gran medida "Romper la resistencia del enemigo sin luchar" (Tsu, 1999). Por ejemplo, muchos productores tienen animales de razas resistentes a los NGI (como el Pelibuey o el Panza negra), o están pastoreando vegetación que contienen CS con actividad AH, o están pastoreando plantas de ramoneo que por ser altas no contienen larvas L3. Estos productores pueden mejorar su control de los NGI en los animales de razas resistentes mediante la suplementación dietética que aporte energía y proteína para mejorar la calidad de la ración total. La

suplementación puede usarse para cubrir los costos metabólicos del parasitismo, que son menores que lo que se pensaba tradicionalmente. Los animales suplementados pueden mejorar su resiliencia e incluso resistencia contra los NGI, mejorando su producción mientras limitan los signos negativos de las infecciones por NGI (Méndez-Ortíz et al., 2019). Este método funciona muy bien en aquellas granjas donde el nivel nutricional es pobre o es deficitario en calidad o cantidad (Hoste et al., 2016). Sin embargo, el productor debe ser capaz de identificar cual nutriente es limitante y cuales están en bien o en exceso. Esto para evitar hacer una mala suplementación que no beneficie a los animales (Hoste et al., 2016).

Por otro lado, el consumo de plantas nutraceuticas aporta macronutrientes para favorecer la nutrición de los animales parasitados y contienen CS puede coadyuvar al controlar de diferentes fases del ciclo de los NGI como se mencionó anteriormente. Por lo tanto, los animales suplementados con plantas que aporten una dieta de buena calidad y que además contengan CS con actividad AH, puede llevar a la posibilidad de lograr buenas ganancias de peso y buena condición corporal, es decir ayudan a "vencer sin combatir" (Tsu, 1999). En esta misma filosofía los productores pueden implementar un método de rotación de praderas que limite el uso del follaje a 2 o 3 días y permita un descanso de la pradera por 30 días. Este manejo puede lograr que muchas larvas L3 mueran antes de que los animales vuelvan a esa misma pradera 30 días después. Además, los productores podrán utilizar en el futuro algún

producto que contenga hongos nematófagos como *Duddingtonia flagrans* como recientemente salió al mercado en Australia, Europa y Estados Unidos (Bioworma®). Los hongos *D. flagrans* atrapan a > 80% de las L3 en el interior de las heces de animales infectados utilizando sus estructuras atrapadoras tridimensionales para evitar que salgan de las heces a infectar las praderas. Tanto la rotación de praderas como el uso de hongos nematófagos son métodos que permiten alcanzar otro principio sugerido por Sun Tsu (1999): "Lleva a tu enemigo a un punto del que no puedan salir y morirán antes de poder escapar".

Otro método de control de NGI que está disponible para los productores en Australia y Sudáfrica es la vacuna Barvervax® o Wirevax® contra *Haemonchus contortus*. Esta vacuna puede servir para ilustrar otro principio de Tsu (1999): "Utiliza al enemigo para derrotar al enemigo". La vacuna está elaborada con un antígeno obtenido del intestino de estos parásitos. Los animales vacunados producen anticuerpos contra esa proteína después de tres aplicaciones consecutivas de la vacuna (una cada tres semanas). Cuando los parásitos en el animal vacunado se alimenten de sangre, esta contiene también los anticuerpos que afectan el intestino de los parásitos, causando una reducción de hasta el 90% en la eliminación de HPG en los vacunados, comparados con los no vacunados. Este método ya fue evaluado México en corderos Pelibuey en crecimiento con resultados excelentes (Cáceres-Mejía et al., 2016). Este ingenioso método también ilustra otro consejo de Tsu (1999): "Ataca a tu enemigo allí donde no esté preparado, aparece allí donde no te espere".

## Conclusión

La "era post-antihelmíntica" es ya una realidad patente en algunas granjas de pequeños ruminantes de zonas tropicales. Para evitar que más granjas entren a esa etapa es necesario adoptar un nuevo paradigma de control de NGI que limite su dependencia por los AH comerciales, usándolos de manera selectiva. Para esto es evidente que hay mucho que aprender todavía de la interacción animal-parásito-vegetación. Solo el conocimiento

profundo de esa interacción nos permitirá maniobrar correctamente y adaptar los métodos de control de NGI a cada cambio de condiciones para lograr un control sustentable. El uso de numerosos métodos para el control de NGI es complejo y demanda conocimientos y planeación. Por lo tanto, para que esto realmente sea adoptado por los productores, ellos deben ser capaces de percibir las ventajas de controlar a los NGI, identificando las recompensas para el estado general del rebaño que esto trae consigo. Como veterinarios debemos lograr proveer estrategias que usen los diferentes métodos de manera razonable, sencilla y clara para lograr la satisfacción de los productores.

## Referencias

- Cáceres-Mejía J, Torres-Acosta JFJ, Cámara-Sarmiento R, Alzina-López A, Aguilar-Caballero AJ, Smith D et al. Inmunización contra nematodos gastrointestinales en corderos Pelibuey bajo pastoreo en el trópico subhúmedo. XIX Congreso Internacional de Ovinocultura; 16-18 nov 2016; Toluca de Lerdo, México. 2016.
- Cintra MCR, Ollhoff RD, Weber SH, Sotomaíor CS. Is the Famacha® system always the best criterion for targeted selective treatment for the control of haemonchosis in growing lambs? *Vet Parasitol.* 2019;266(2):67-72.
- Herrera-Manzanilla FA, Ojeda-Robertos NF, González-Garduño R, Cámara-Sarmiento R, Torres-Acosta JFJ. Gastrointestinal nematode populations with multiple anthelmintic resistance in sheep farms from the hot humid tropics of Mexico. *Vet Parasitol Reg Stud Reports.* 2017;9(3):29-33.
- Hoste H, Torres-Acosta JFJ, Quijada J, Chan-Perez I, Dakheel MM, Kommuru DS et al. Interactions between nutrition and infections with *Haemonchus contortus* and related gastrointestinal nematodes in small ruminants. *Adv Parasitol.* 2016;93(1):239-351.
- Medina-Pérez P, Ojeda-Robertos NF, Reyes-García ME, Cámara-Sarmiento R, Torres-Acosta JFJ. Evaluation of a targeted selective treatment scheme to control gastrointestinal nematodes of hair sheep under hot humid tropical conditions. *Small Rumin Res.* 2015;127(8): 86-91.

- Méndez-Ortiz FA, Sandoval-Castro CA, Ventura-Cordero J, Sarmiento-Franco LA, Santos-Ricalde RH, Torres-Acosta JFJ. *Gymnopodium floribundum* fodder as a model for the in vivo evaluation of nutraceutical value against *Haemonchus contortus*. *Trop Anim Health Prod.* 2019; doi.org/10.1007/s11250-019-01855-9.
- Mohammed K, Abba Y, Ramli NS, Marimuthu M, Omar MA, Abdullah FF et al. The use of FAMACHA in estimation of gastrointestinal nematodes and total worm burden in Damara and Barbados Blackbelly cross sheep. *Trop Anim Health Prod.* 2016;48(5):1013-20.
- Palomo-Couoh JG, Aguilar-Caballero AJ, Torres-Acosta JFJ, González-Garduño R. Comparing the phenotypic susceptibility of Pelibuey and Katahdin female lambs against natural gastrointestinal nematode infections under hot humid tropical conditions. *Parasitol Res.* 2017; 116(6):1627-36.
- Palomo-Couoh JG, Aguilar-Caballero AJ, Torres-Acosta JF, Magaña-Monforte JG. Evaluation of different models to segregate Pelibuey and Katahdin ewes into resistant or susceptible to gastrointestinal nematodes. *Trop Anim Health Prod.* 2016; 48(8): 1517-24.
- Salgado JÁ, Santos CDP. Overview of anthelmintic resistance of gastrointestinal nematodes of small ruminants in Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet.* 2016;25(1): 3-17.
- Sepúlveda-Vázquez J, Lara-Del-Río MJ, Quintal-Franco JA, Alcaraz-Romero RA, Vargas-Magaña JJ, Rodríguez-Vivas RI, et al. Resistencia a los antihelmínticos de nematodos gastrointestinales en ovinos de la península de Yucatán, México. In: Berumen-Alatorre, A.C., Ramírez-Vera, S., Chay-Canul, A.J., Casanova-Lugo, F., Cetzal-Ix, W.R. *Avances de la investigación sobre producción de ovinos de pelo en México.* Tecnológico Nacional de México; 2017. p. 199-202.
- Silva FF, Bezerra HMFF, Feitosa TF, Vilela VLR. Nematode resistance to five anthelmintic classes in naturally infected sheep herds in Northeastern Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet.* 2018;27(4):423-9.
- Soto-Barrientos N, Chan-Pérez JI, España-España E, Novelo-Chi LK, Palma-Ávila I, Ceballos-Mendoza AC et al. Comparing body condition score and FAMACHA® to identify hair-sheep ewes with high faecal egg counts of gastrointestinal nematodes in farms under hot tropical conditions. *Small Rumin Res.* 2018;167(10):92-9.
- Sun Tsu. *El Arte de la Guerra.* Barcelona: Edicomunicación S.A.; 1999. 184 p.
- Torres-Acosta JFJ. Métodos alternativos de control de nemátodos gastrointestinales en caprinos del trópico. *Memorias de la XV Reunión Nacional sobre Caprinocultura;* Mérida, México; 2000. p. 9-17.
- Torres-Acosta JFJ, González-Pech PG, Chan-Pérez JI, Sandoval-Castro CA, Estrada-Reyes ZM, Mendoza-de-Gives P, et al. Experiencias en el control alternativo de nematodos gastrointestinales de pequeños rumiantes domésticos en México. En: Ortega-Pierres MA, Morales-Monto J. *Avances en el estudio de helmintos parásitos.* Editorial UNAM; 2014a. p. 205-41.
- Torres-Acosta JF, Jacobs DE, Aguilar-Caballero AJ, Sandoval-Castro C, Cob-Galera L, May-Martinez M. Improving resilience against natural gastrointestinal nematode infections in browsing kids during the dry season in tropical Mexico. *Vet Parasitol.* 2006;135(2): 163-73.
- Torres-Acosta JF, Mendoza-de-Gives P, Aguilar-Caballero, AJ, Cuéllar-Ordaz JA. Anthelmintic resistance in sheep farms: update of the situation in the American continent. *Vet Parasitol* 2012; 189(1): 89-96.
- Torres-Acosta JFJ, Pérez-Cruz M, Canul-Ku HL., Soto-Barrientos N, Cámara-Sarmiento R, Aguilar-Caballero AJ et al. Building a combined targeted selective treatment scheme against gastrointestinal nematodes in tropical goats. *Small Rumin. Res.* 2014b;121(1):27-35.

## PONENCIAS MAGISTRALES

# The “Art of War” against gastrointestinal nematodes in sheep and goat herds of the tropics

Juan Felipe Torres-Acosta<sup>1\*</sup>, Hervé Hoste<sup>2</sup>, Carlos Alfredo Sandoval-Castro<sup>1</sup>, Rafael Arturo Torres-Fajardo<sup>1</sup>, Javier Ventura-Cordero<sup>1</sup>, Pedro Geraldo González-Pech<sup>1</sup>, María Gabriela Mancilla-Montelongo<sup>3</sup>, Nadia Florencia Ojeda-Robertos<sup>4</sup>, Cintli Martínez-Ortíz-de-Montellano<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics, Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), Mérida, México

<sup>2</sup> Interactions Hôtes - Agents Pathogènes (IHAP), Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse(ENVT), Université de Toulouse, Toulouse, Francia

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics, Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), Mérida, México

<sup>4</sup> División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Villahermosa, México

<sup>5</sup> Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México, México

## Abstract

The present work delves into the concept of infections by gastrointestinal nematodes (GIN) in ruminants in the light of new findings of the animal-parasite-vegetation relationship and shows how to use these to guide the rational use of alternative control methods. First, we reflect on the control of the GIN in the current era and how the indiscriminate use of anthelmintics (AH) has generated a big problem of resistance to these drugs. The research on AH-resistant GIN helped to recognize that high GIN burdens are found in a low proportion of animals in each herd. This makes it possible to propose a new control paradigm based on the selective use of AH only in those animals that need treatment. It is proposed that low GIN infections in herds are due to: (i) the use of native GIN-resistant breeds, (ii) the low infectivity of grasslands for many months of the year, (iii) the consumption of native tropical plants containing

secondary compounds (SC) affecting several stages of the GIN cycle, and (iv) grazing behaviour that limits the consumption of infective phases of GIN in low-rise fodder at hours of increased infectivity. There is a need to use a targeted selective treatment strategy aiming to reduce false positives and false negatives events commonly found in several strategies. To reduce reliance on conventional AH, alternative control methods affecting GIN phases outside or inside the host are required. Possibly many producers are already using some alternative method of control without being aware of this. For example, the use of tropical breeds takes advantage of their enhanced ability to resist GINs. In addition, browsing in the tropical forest vegetation involves consuming nutraceutical plants that provide nutrients and SC with AH activity. The aforementioned strategies can be reinforced with dietary supplementation to improve

productivity and immune response against GINs. Some producers might be interested in rotational grazing, which serves to evade the infecting larvae in the pastures. In the future they may have access to nematophagous fungi that can be used to prevent L3 larvae from leaving the faeces and contaminate the fodder. One element that will be important is the Barbervax<sup>®</sup> vaccine that uses an antigen obtained from the *Haemonchus contortus* intestine to generate antibodies against that parasite achieving parasitic burdens reductions > 90%. In conclusion, it is necessary to continue deepening the animal-parasite-vegetation relationship in order to be led by such knowledge to make better decisions about control methods. All this to allow the sustainability of the GIN control strategy in each herd.

**Keywords:** Post-anthelmintic era. Alternative control methods. Combined control strategies.

## Introduction

A principle of the ancient book "The Art of War", written by Sun Tsu between the 6th and 5th centuries BC, suggests "to avoid as far as possible the use of weapons to destroy the enemy" (Sun Tsu, 1999). However, in the war against gastrointestinal nematodes (GIN) of domestic ruminants we have done exactly the opposite of that old recommendation. Humanity has used anthelmintics (AH) as the main and sometimes only weapon in the fight against GIN. As would have been anticipated in that ancient Chinese book, the parasites are winning the war based solely on AH. The GIN used an ancient tool of nature: the selection of populations genetically adapted to resist the AH. These drugs have ceased to work in a large proportion of herds, mainly in tropical areas, as observed in Brazil (Salgado and Santos, 2016) and Mexico (Herrera-Manzanilla et al., 2016). Consequently, a change in the GIN's control paradigm is required. Such change was proposed almost two decades ago in Mexico (Torres-Acosta, 2000). At that time, the AH resistance situation in Mexico was unknown and very few alternative control methods had been tested. By the beginning of the next decade there was already a large amount

of studies suggesting an alarming situation of AH-resistant GIN in the Americas (Torres-Acosta et al., 2012), and these results seem to worsen over time (Sepúlveda-Vázquez et al., 2017). In the same period, it has been demonstrated that several alternative methods of GIN control are feasible under tropical conditions (Torres-Acosta et al., 2014a). Several of these control methods attack the free-living stages of GIN in pastures, and others attack GIN inside animals. The new GIN control paradigm must be based on the use of different control methods used in a simultaneous and rational manner. However, for the new paradigm become successful it is still necessary to accomplish another old Sun Tsu maxim (1999): "to know the enemy well (GIN species, their seasonality, etc.) and to know yourself" (the control strategies you're going to implement, the farms, the animals, the paddocks). In general, we think we know the GIN "very well", but we have not really deepened on our knowledge about them. As for the knowledge of ourselves, perhaps we know something about the farms or animal breeds, but we may not be able to recognize the weaknesses and strengths of each of the existing alternative GIN control methods, or their potential antagonisms or synergies. We must be completely aware of the advantages and disadvantages of each of the GIN control methods in order to use them correctly. In addition, we must understand that the different control methods must be used within a well-grounded strategy since "the tactics without defined strategy are the noise before defeat" (Sun Tsu, 1999). This paper delves into some concepts of GIN infections in ruminants in the light of new findings of the animal-parasite-vegetation relationship and shows how to use knowledge of this relationship to guide the rational use of alternative control methods.

## Thematic development

### A new paradigm for GIN control in domestic ruminants

Continuing with the teachings of Sun Tsu (1999), "weapons are fatal instruments that must be used when there is no other alternative". However, once

humanity had access to modern conventional AH, with efficiencies over 95% reduction against GIN, virtually everyone involved in ruminant production abandoned any GIN control method they would have used before that time in history. The "AH era" was born as a turning point for humanity, in which these drugs were considered as the only weapon of reliable control against GINs, able to improve productivity and prevent clinical signs of GIN in grazing animals. The use of conventional AH is still the paradigm of modern GIN control. However, AHs were used inappropriately and excessively, resulting in the fact that, at the beginning of the second decade of the twenty-first century, the sustainability of AH-based GIN control in small ruminant herds of the present and future is questioned.

The different AH resistance field surveys have generated information in two valuable aspects. The first salient result is the high frequency of herds with AH-resistant GIN in different parts of the world, which records the alarming situation of herds in which GIN are resistant to one or more classes of AH. These results make it clear that the irrational use of AH is ushering in a new era in the control of GIN: "the post-anthelmintic era". This is defined as the historical moment of each farm in which treatments with AH become unnecessary because its populations of GIN are multi-resistant to all kinds of AH, both individually or in any combination. Both in Brazil and Mexico there are already reports of herds in which none of the available AH classes manage to control the GIN (Silva et al., 2018). The second salient product of those surveys, and perhaps even more valuable, is the knowledge of the quantity of animals in each herd showing low eliminations of GIN eggs per gram of faeces (EPG). It is well known that the faecal EPG excretion gives us a very accurate idea of the amount of GIN inside animals, where a low faecal EPG excretion is associated with low GIN burden in small ruminants, and high faecal EPG excretion is associated with high GIN burden in the animal (Mohammed et al., 2016). The latter shows that in each herd surveyed there were very few animals with high GIN burdens, and these animals coexist with a large majority of animals carrying low parasite burdens (Table 1).

This phenomenon in which half of the animals have < 200 EPG has been demonstrated in goats,

sheep and cattle from different tropical areas of Mexico (Torres-Acosta et al., 2014b; Medina-Pérez et al., 2015; Soto-Barrientos et al., 2018), and is being searched in other tropical areas of Latin America. Both results support the need to change the paradigm of GIN control in domestic ruminant farms. On the one hand, there is an urgent need to reduce our dependence on conventional AH and, on the other hand, it is also evident that there are many animals that do not need to be de-wormed as they naturally have low burdens of these parasites.

### **Why only few animals show high GIN burdens?**

The previous section suggests that, for decades, veterinarians and producers used superficial information about the reality of GIN parasitic infections in ruminants under humid and sub-humid tropical areas. The GIN infections were seen as an imminent danger for all grazing animals (Box 1). Faced with this scenario of fear, conventional AHs emerged in the second half of the 20th century (70s and 80s) as a tool to be able to have more animals per hectare, avoiding the negative effects of GINs such as animal suffering, low productivity and mortality. For many producers and veterinarians, find an animal showing any sign associated with GIN infections (diarrhoea, weakness, anaemia, low body condition, sub-mandibular oedema, etc.) was sufficient evidence to deworm all animals in a flock. New information available on the dynamics of GIN infections in grazing ruminants in humid warm tropical areas has enabled us to update and refine our concepts about GIN infections and its control (Box 1). It has been shown that GIN infections are only risky in a small proportion of the herd. In fact, these low GIN burdens in most animals could be a demonstration of mutual adaptation between parasites and their hosts, as it does not benefit the former to kill their hosts. Only when other factors affect this balance (such as malnutrition or parturition) do animals with problems arise because they cannot cover the nutritional cost of their parasites. It is therefore necessary to develop control strategies aimed at limiting GIN only in that small proportion of animals in each herd.

**Table 1** - Distribution of the amount of eggs per gram of faeces (EPG) eliminated by sheep or goats from warm and temperate tropical areas, where it is evident that 50% of the sampled population (median) has only from 50 to 200 EPG, 75% of the animals (3rd quartile) eliminated between 200 and 650 EPG, and the proportion of animals shedding more than 1000 EPG was between 2.8% and 27.9%

	Minimum	Median	3rd quartile	1000 EPG or higher	Reference
Warm regions					
Tabasco (n = 900 sheep)	0	100	550	16.8%	Medina-Pérez et al., 2015
Campeche n = 907 sheep	0	100	350	11.8%	Sepúlveda-Vázquez et al., 2017
Yucatán n = 1500 goats	0	100	650	27.9%	Torres-Acosta et al., 2014
Yucatán n = 2788 sheep	0	100	650	15.5%	Soto-Barrientos et al., 2018
Temperate regions					
Querétaro n = 299 goats	0	200	450	9.6%	Martinez-Ortiz de Montellano*
Querétaro n = 141 goats	0	100	200	1.4%	Martinez-Ortiz de Montellano*
Morelos n = 942 sheep	0	50	300	9.8%	Martinez-Ortiz de Montellano*
Morelos n = 906 sheep	0	150	400	8.8%	Martinez-Ortiz de Montellano*

Note: \* Unpublished data.

**Box 1** - Producers and veterinarians controlling gastrointestinal nematode (GIN) infections in domestic ruminant populations grazing in tropical areas must change from current misconceptions (I) towards adopting new concepts (II) that will allow a more sustainable control of these parasites

(I) Misconceptions about GIN infections in ruminants under tropical conditions	(II) New concepts about GIN infections in ruminants under tropical conditions
<p><b>(a)</b> Grazing animals are always ingesting a large number of infective larvae (L3) of different GIN species with their pasture.</p> <p><b>(b)</b> All animals with mixed GIN infections are sick.</p> <p><b>(c)</b> All animals infected with GIN have low production or die compared to non-infected animals.</p> <p><b>(d)</b> Treatment with an effective AH always benefit health and production of infected animals.</p>	<p><b>(a)</b> (a) Grazing animals are mainly infected during rainy season with varying amounts of L<sub>3</sub> from different GIN species.</p> <p><b>(b)</b> Only animals with severe mixed GIN infections have signs of parasitic disease.</p> <p><b>(c)</b> Only the low proportion of heavily infected animals have low production or die from infection.</p> <p><b>(d)</b> An effective AH treatment does not benefit animals with low parasite burdens.</p> <p><b>(e)</b> Animals with moderate GIN burdens are equally healthy and productive as GIN-free animals.</p> <p><b>(f)</b> It is not necessary to keep grazing animals free of GIN by means of suppressive AH treatment.</p> <p><b>(g)</b> Uncleaned animals serve as a refuge of susceptibility to AH for the farm especially during the dry season.</p> <p><b>(h)</b> During the dry season the AH treatments should be only to those animals which really need it.</p>

The low number of animals with high GIN burdens on farms from warm tropical areas may be due to different factors:

(i) *Tropical animal breeds have a great ability to demonstrate an innate response or an acquired immune response against GINs.* These results in animals of different ages with low EPG excretions compared to animals of breeds less adapted to GIN, even when they are exposed to similar levels of pasture infectivity (Palomo-Couoh et al., 2016, 2017).

(ii) *Some herds in humid warm tropical areas may have low levels of GIN infective larvae in their*

*paddocks.* The GIN infectivity in the vegetation of warm tropical zones has been scarcely studied. The conditions in the humid and sub-humid warm tropics have always been considered ideal for the survival of GIN free-living life stages. However, the use of tracer animals grazing the tropical rainforest of Yucatan, Mexico, showed that this vegetation has low or no GIN infective larvae (L3) during the dry season (February to May) (Torres-Acosta et al., 2006), while the amount of L3 in the foliage gradually increases along the rainy season, being scarce during June and July, and increases in the

months of August to December (Jaimez-Rodríguez et al., 2019). Although it is very likely that the dry season infectivity is generally low in warm tropical areas, GIN infectivity during the rainy season could be high in those herds with high animal density per hectare and in those herds using parasite-susceptible breeds.

(iii) *Many tropical vegetation plants contain secondary compounds (SC) that reduce GIN infection by affecting different life stages of parasites.* Many plants in tropical forests contain SC that affect L3 establishment or affect the fertility of GIN adult females. They can also limit the survival capacity of GIN eggs deposited in the faeces. Therefore, animals fed on foliage from some native plants of the tropical forest may have a lower GIN infection, reducing its EPG excretion (Méndez-Ortiz et al., 2019).

(iv) *Animals browsing the rainforests choose to consume foliage from browsing plants in the early hours of the day, while they increase their grass consumption at noon.* Animals apparently avoid consuming grass when the morning dew is present, and increase their grass consumption after dew evaporates during the hottest part of the day (Torres-Fajardo et al., 2019). This behaviour could be aimed at avoiding dewy grass, which may have more L3. It could also suggest that animals first consume plants with SC aiming to avoid the establishment of L3 and then they consume grass, which could be the strata most contaminated with L3.

### **Treat with anthelmintics only those animals that really need treatment**

In this scenario, where a large proportion of the farm's ruminant population has low GIN burdens, it is easy to imagine that we only need to deworm animals with high GIN burdens that affect their production or health, and we do not need to de-worm the other animals. That is, we must develop a methodology to help us identify when it is necessary to fight GIN and when not. Recent studies showed that the targeted selective treatment (TST) of sheep and goats is possible and allows us to maintain a high percentage of animals in the herd (> 60% of adult females) without a single AH treatment every year (Table 2).

Several TST protocols are now being studied to make this work simpler and more effective for tropical and temperate regions. Ideally, any TST methodology should be simple to perform and focus on finding animals with high EPG values. However, in some countries, TST is already applied in animals with pale mucous membranes using the FAMACHA® methodology, or with low body condition, or with weight gain below a certain threshold (Rizzon et al., 2019). These TST methods seek to avoid the need to take faecal samples for egg counting in the laboratory. However, so far these methodologies may result in several false positives results that are dewormed without needing it, and false negatives remaining without deworming (Soto-Barrientos et al., 2018).

**Table 2** - Proportion of adult ewes kept without deworming or with 1, 2, 3 and 4 or more treatments per year in different production systems maintained with targeted selective treatment combining low body condition or pale FAMACHA® and the excretion equal or higher than 750 eggs per gram of faeces (EPG) (in Tabasco EPG excretions were equal or greater than 1000 EPG were used)

Treatments/ewe/year	Commercial Yucatán <sup>1</sup> %	Backyard Yucatán <sup>2</sup> %	Commercial Tabasco <sup>3</sup> %	Commercial Tamaulipas <sup>4</sup> %
0	63.5	68.1	65.5	33.3
1	23.2	25.2	17.8	63.3
2	10.5	6.7	8.0	3.3
3	2.9	0	4.5	0
4 or more	0	0	3.9	0

Note: <sup>1</sup> Soto-Barrientos et al., 2018; <sup>2</sup> González-Ruiz et al. (unpublished results); <sup>3</sup> Medina-Pérez et al., 2015; <sup>4</sup> Zapata-Campos et al. (unpublished results).

### Using different alternative methods to strengthen the GIN control strategy

Several alternative GIN control strategies are currently available and have been tested in ovine and caprine production systems in Mexico (Torres-Acosta et al., 2014a). The different alternative methods can be divided into two groups: those that affect the stages of these parasites outside the animal (free living stages like eggs, L1, L2 and L3), and those methods affecting parasite stages within the infected animal. All these methods must be used in a well-designed strategy since "tactics without strategy are like noise before defeat" (Sun Tsu, 1999). Each producer must be able to identify the most suitable methods to use, according to the availability and needs of their farm.

In tropical areas many producers are already inadvertently using various alternative control methods against GINs. It could even be said that they are already largely achieving "to break the enemy's resistance without fighting" Sun Tsu, 1999). For example, many producers use GIN-resistant breeds (such as Pelibuey or Blackbelly), or are grazing vegetation containing SC with AH activity, or use browsing plants which, due to their height, do not contain L3 larvae. These producers can enhance their GIN control in their resistant animals by dietary supplementation, which provides energy and protein to improve the quality of the total ration. Supplementation can be used to cover the metabolic costs caused by parasites to their hosts, which are lower than traditionally thought. Supplemented animals can improve their resilience and even resistance against GIN, enhancing their production while limiting the negative signs of GIN infections (Méndez-Ortíz et al., 2019). This method works very well on farms where the nutritional level is poor or lacking in quality or quantity (Hoste et al., 2016). However, the producer must be able to identify which nutrient is limiting and which are not or even which are in excess. This is to avoid making a bad supplementation strategy that fail to benefit the respective animals (Hoste et al., 2016).

On the other hand, the consumption of nutraceutical plants provides macronutrients to support the nutrition of parasitic animals and

contain useful SC that help controlling different GIN stages as mentioned above. Therefore, animals supplemented with plants that provide a good quality diet and also contain SC with AH activity, can lead to the possibility of achieving good weight gain and good body condition, meaning, they help "to beat the enemy without combating" (Sun Tsu, 1999). In this same philosophy, producers can implement a paddock rotation scheme that limits the use of the paddock to 2 - 3 days, and allows a 30-day rest for the paddock. With this management many L3 larvae die before the animals return to the same paddock 30 days later. In addition, producers will be able to use in the future a product containing nematophagus fungi such as *Duddingtonia flagrans* as was recently released in Australia, Europe and the United States. The *D. flagrans* fungi trap > 80% of L3 inside the faeces of infected animals using their three-dimensional trapping structures to prevent L3 from leaving the faeces to infect paddocks. Both the paddock rotation and the use of nematophagus fungi are methods allowing to reach another principle suggested by Sun Tsu (1999): "Take your enemy to a point from which they cannot get out and will die before they can escape".

Another method of GIN control that is available to producers in Australia and South Africa is the Barbervax<sup>®</sup> or Wirevax<sup>®</sup> vaccine against *Haemonchus contortus*. This vaccine may serve to illustrate another principle of Sun Tsu (1999): "Use the enemy to defeat the enemy". The vaccine is made with an antigen obtained from the intestine of these parasites. Vaccinated animals produce antibodies against this protein after 3 consecutive vaccine applications (one every 3 weeks). When the parasites in the vaccinated animals feed on blood, the latter contain antibodies that affect the intestine of parasites, causing a reduction of up to 90% in the elimination of EPG in the vaccinated animals, compared to those not vaccinated. This method was already evaluated in Mexico in growing Pelibuey lambs with excellent results (Cáceres-Mejía et al, 2016). This ingenious method also illustrates another advice from Sun Tsu (1999): "Attack your enemy where he is unprepared, appear where he does not expect you".

## Conclusion

The "post-anthelmintic era" is already a clear reality in some small ruminant farms in tropical areas. To prevent more farms from entering that stage, it is necessary to adopt a new GIN control paradigm that limits our dependence on commercial AH, using them selectively. For this it is evident that there is still much to learn from the animal-parasite-vegetation interaction. Only deep knowledge of this interaction will allow us to handle and adapt GIN control methods correctly to each conditions' change to achieve sustainable control. The use of numerous methods for GIN control is complex and requires knowledge and planning. Therefore, the actual embracing of these methods by producers depends on their capacity to perceive the benefits of controlling GIN, identifying the inherent rewards for the overall condition of the herd. As veterinarians we must be able to provide strategies that use different methods in a reasonable, simple and clear way to achieve producer satisfaction.

## References

- Cáceres-Mejía J, Torres-Acosta JFJ, Cámara-Sarmiento R, Alzina-López A, Aguilar-Caballero AJ, Smith D et al. Inmunización contra nematodos gastrointestinales en corderos Pelibuey bajo pastoreo en el trópico subhúmedo. XIX Congreso Internacional de Ovinocultura; 16-18 nov 2016; Toluca de Lerdo, México. 2016.
- Cintra MCR, Ollhoff RD, Weber SH, Sotomaior CS. Is the Famacha<sup>®</sup> system always the best criterion for targeted selective treatment for the control of haemonchosis in growing lambs? *Vet Parasitol*. 2019;266(2):67-72.
- Herrera-Manzanilla FA, Ojeda-Robertos NF, González-Garduño R, Cámara-Sarmiento R, Torres-Acosta JFJ. Gastrointestinal nematode populations with multiple anthelmintic resistance in sheep farms from the hot humid tropics of Mexico. *Vet Parasitol Reg Stud Reports*. 2017;9(3):29-33.
- Hoste H, Torres-Acosta JFJ, Quijada J, Chan-Perez I, Dakheel MM, Kommuru DS et al. Interactions between nutrition and infections with *Haemonchus contortus* and related gastrointestinal nematodes in small ruminants. *Adv Parasitol*. 2016;93(1):239-351.
- Medina-Pérez P, Ojeda-Robertos NF, Reyes-García ME, Cámara-Sarmiento R, Torres-Acosta JFJ. Evaluation of a targeted selective treatment scheme to control gastrointestinal nematodes of hair sheep under hot humid tropical conditions. *Small Rumin Res*. 2015;127(8): 86-91.
- Méndez-Ortiz FA, Sandoval-Castro CA, Ventura-Cordero J, Sarmiento-Franco LA, Santos-Ricalde RH, Torres-Acosta JFJ. *Gymnopodium floribundum* fodder as a model for the in vivo evaluation of nutraceutical value against *Haemonchus contortus*. *Trop Anim Health Prod*. 2019; doi.org/10.1007/s11250-019-01855-9.
- Mohammed K, Abba Y, Ramli NS, Marimuthu M, Omar MA, Abdullah FF et al. The use of FAMACHA in estimation of gastrointestinal nematodes and total worm burden in Damara and Barbados Blackbelly cross sheep. *Trop Anim Health Prod*. 2016;48(5):1013-20.
- Palomo-Couoh JG, Aguilar-Caballero AJ, Torres-Acosta JFJ, González-Garduño R. Comparing the phenotypic susceptibility of Pelibuey and Katahdin female lambs against natural gastrointestinal nematode infections under hot humid tropical conditions. *Parasitol Res*. 2017; 116(6):1627-36.
- Palomo-Couoh JG, Aguilar-Caballero AJ, Torres-Acosta JF, Magaña-Monforte JG. Evaluation of different models to segregate Pelibuey and Katahdin ewes into resistant or susceptible to gastrointestinal nematodes. *Trop Anim Health Prod*. 2016; 48(8): 1517-24.
- Salgado JÁ, Santos CDP. Overview of anthelmintic resistance of gastrointestinal nematodes of small ruminants in Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet*. 2016;25(1): 3-17.
- Sepúlveda-Vázquez J, Lara-Del-Rio MJ, Quintal-Franco JA, Alcaraz-Romero RA, Vargas-Magaña JJ, Rodríguez-Vivas RI, et al. Resistencia a los antihelmínticos de nematodos gastrointestinales en ovinos de la península de Yucatán, México. In: Berumen-Alatorre, A.C., Ramírez-Vera, S., Chay-Canul, A.J., Casanova-Lugo, F., Cetzal-Ix, W.R. Avances de la investigación sobre producción de ovinos de pelo en México. Tecnológico Nacional de México; 2017. p. 199-202.

Silva FF, Bezerra HMFF, Feitosa TF, Vilela VLR. Nematode resistance to five anthelmintic classes in naturally infected sheep herds in Northeastern Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet.* 2018;27(4):423-9.

Soto-Barrientos N, Chan-Pérez JI, España-España E, Novelo-Chi LK, Palma-Ávila I, Ceballos-Mendoza AC et al. Comparing body condition score and FAMACHA® to identify hair-sheep ewes with high faecal egg counts of gastrointestinal nematodes in farms under hot tropical conditions. *Small Rumin Res.* 2018;167(10):92-9.

Sun Tsu. *El Arte de la Guerra*. Barcelona: Edicomunicación S.A.; 1999. 184 p.

Torres-Acosta JFJ. Métodos alternativos de control de nemátodos gastrointestinales en caprinos del trópico. *Memorias de la XV Reunión Nacional sobre Caprinocultura; Mérida, México; 2000.* p. 9-17.

Torres-Acosta JFJ, González-Pech PG, Chan-Pérez JI, Sandoval-Castro CA, Estrada-Reyes ZM, Mendoza-de-Gives P, et al. Experiencias en el control alternativo de nematodos gastrointestinales de pequeños rumiantes domésticos en México. En: Ortega-Pierres MA, Morales-Monto J. *Avances en el estudio de helmintos parásitos*. Editorial UNAM; 2014a. p. 205-41.

Torres-Acosta JF, Jacobs DE, Aguilar-Caballero AJ, Sandoval-Castro C, Cob-Galera L, May-Martinez M. Improving resilience against natural gastrointestinal nematode infections in browsing kids during the dry season in tropical Mexico. *Vet Parasitol.* 2006;135(2): 163-73.

Torres-Acosta JF, Mendoza-de-Gives P, Aguilar-Caballero, AJ, Cuéllar-Ordaz JA. Anthelmintic resistance in sheep farms: update of the situation in the American continent. *Vet Parasitol* 2012; 189(1): 89-96.

Torres-Acosta JFJ, Pérez-Cruz M, Canul-Ku HL., Soto-Barrientos N, Cámara-Sarmiento R, Aguilar-Caballero AJ et al. Building a combined targeted selective treatment scheme against gastrointestinal nematodes in tropical goats. *Small Rumin. Res.* 2014b;121(1):27-35.

---

PONENCIAS MAGISTRALES

# Estrés oxidativo: un enemigo solapado para la reproducción ovina

---

Víctor H. Parraguez<sup>1,2\*</sup>, Francisco Sales<sup>3</sup>, Antonio González-Bulnes<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile, Santiago, Chile

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago, Chile

<sup>3</sup> Centro Regional de Investigación INIA Kampenaike, Punta Arenas, Chile

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Madrid, España

## Resumen

La reproducción ovina es, en general, muy eficiente en comparación con otras especies de abasto. Sin embargo, la crianza de ovejas en territorios con baja oferta de nutrientes o con condiciones que llevan a hipoxemia materna, ponen en riesgo la reproducción y especialmente los índices de natalidad y mortalidad perinatal. Bajo estas condiciones, las preñeces múltiples, incluidas las de mellizos, incrementan los riesgos de mortalidad, debido al bajo peso al nacimiento de los corderos. En este trabajo se reporta nueva información respecto del rol del estrés oxidativo fetal en los efectos detrimentales que tienen la subnutrición materna y la gestación mellicera sobre el crecimiento intrauterino en ovinos. Asimismo, se reportan resultados sobre la utilización de la suplementación de vitaminas antioxidantes (C y E), como una estrategia que permite amortiguar los efectos del estrés oxidativo por preñez mellicera y/o por subnutrición materna, mejorando el peso al nacimiento de los corderos, especialmente en gestaciones de mellizos, lo que favorece el rendimiento reproductivo y productivo, y dan mayor factibilidad a la implementación del incremento de

prolificidad como estrategia para incrementar la eficiencia de la ovinocultura.

**Palabras clave:** Gestación mellicera. Restricción crecimiento intrauterino. Estrés oxidativo. Antioxidantes.

## Introducción

La especie ovina tiene gran relevancia en América Latina y en el mundo en general, debido a sus características de adaptabilidad, rusticidad y capacidad para producir carne, lana, leche y cueros, bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo. Estas propias características han permitido que la producción ovina se encuentre mayormente relegada a territorios más bien marginales desde el punto de vista agropecuario, donde no se puede desarrollar eficientemente la ganadería bovina.

Si bien es cierto que, en general, la especie ovina es muy eficiente desde el punto de vista reproductivo, cuando los rebaños son mantenidos en zonas marginales, los índices reproductivos se pueden ver disminuidos o bien no pueden ser mejorados, ya sea por alteraciones de la gametogénesis y esteroidogénesis, de la capacidad fertilizante, así como de la mantención de adecuadas condiciones para la implantación y el desarrollo embrio-fetal.

El incremento de la prolificidad es una estrategia que se está desarrollando fuertemente en países donde la producción ovina se realiza en condiciones ambientales favorables y donde la industria ovina es central para la economía nacional. Sin embargo, esta estrategia se ha convertido en un tema complejo, pues, por una parte, está demostrado que el incremento de la prolificidad es altamente rentable, ya que el costo de una cría adicional en una hembra preñada no supera el 60% del costo que significa tener una hembra adicional para gestar esa cría adicional en el rebaño. Pero, por otra parte, uno de los aspectos negativos y eventualmente riesgosos para esta estrategia, es que el peso promedio al nacimiento de crías múltiples es sustancialmente menor que el de crías de gestación única, con el consiguiente riesgo de mortalidad perinatal y menor crecimiento posnatal.

En Chile, el incremento de la prolificidad, por la vía del aumento de gestaciones melliceras, es, en general, una práctica resistida por los productores, pues se asocia a alta mortalidad perinatal y disminución de la rentabilidad. Por ello, es que en los últimos años hemos estado estudiando las causas de la restricción del crecimiento intrauterino y algunas estrategias que permitan contrarrestarla, de modo de mejorar el peso al nacimiento, la sobrevivencia neonatal y la tasa de crecimiento posnatal.

En esta presentación se abordan los factores que limitan el crecimiento fetal, con énfasis en gestaciones de mellizos, desarrolladas bajo condiciones ambientales que son frecuentes en los sistemas ovinos y que restringen significativamente el crecimiento intrauterino, donde el estrés oxidativo inducido por hipoxia es un actor que participa solapadamente.

## **Factores involucrados en la restricción del crecimiento intrauterino (RCI) en ovejas**

En las gestaciones de cría única o múltiple, la RCI puede deberse a una variedad de situaciones asociadas a la disminución de aporte materno de oxígeno y nutrientes hacia el feto.

Como se indicó anteriormente, dada la adaptabilidad y rusticidad del ganado ovino, la crianza se realiza muchas veces bajo condiciones de subnutrición o franca desnutrición. Esta situación se agrava en territorios meridionales o septentrionales, donde la preñez se desarrolla cuando ocurre la menor oferta de forraje en las praderas naturales, como consecuencia de la estacionalidad de la actividad reproductiva.

La crianza de ovinos en Chile se concentra en la región de Magallanes y la Antártida, donde los grandes cambios estacionales de fotoperiodo y la baja temperatura ambiental, se traducen en un limitado crecimiento de los pastos, lo que conduce a que la mayor parte del período gestacional ocurre bajo una restricción nutricional de alrededor de 30 a 40% de los requerimientos. Existe un amplio consenso de que, en ovinos, la desnutrición materna tanto en el período periconcepcional como al final de la gestación, son los períodos más críticos que resultan en una reducción del crecimiento fetal. En la etapa periconcepcional, debido a la unión alterada de los cotiledones fetales a las carúnculas maternas, disminuye la formación de placentomas, lo que lleva a un menor desarrollo placentario y, por lo tanto, insuficiencia placentaria. Una capacidad funcional reducida de la placenta se asocia típicamente con un desarrollo vascular placentario deficiente, que además de impedir una nutrición adecuada al feto, deteriora también el suministro de oxígeno, lo que resulta en un entorno fetal hipóxico y privado de nutrientes.

El último tercio de la gestación corresponde a otro período crítico de la gestación donde las deficiencias nutricionales impactan el crecimiento fetal, pues aquí se produce un aumento de peso corporal fetal de ~90%, con la consecuente mayor demanda de nutrientes y, por ende, cualquier deficiencia en la nutrición materna puede reflejarse en el feto (Igwebuike, 2010).

Por su parte, la hipoxemia materna se traduce

en reducción del aporte de oxígeno al feto, debido a la disminución de la gradiente de oxígeno materno-fetal que gobierna la difusión del gas en la placenta. Esta condición puede resultar de la exposición materna a ambientes hipobáricos (vg. territorios en altura) o a ambientes ricos en contaminantes atmosféricos, que disminuyan significativamente la fracción de oxígeno en el aire inspirado por la madre. Algunas patologías concomitantes también pueden llevar a hipoxemia, como ocurre en enfermedades cardiovasculares (anemia, hipertensión o insuficiencia cardíaca) y/o enfermedades pulmonares que disminuyen el intercambio de gases (neumonías, edema, bronquitis, enfisema, etc.). Cualquiera que sea el origen de la hipoxia materna crónica, una de las principales consecuencias de ésta es que el feto no logra alcanzar su potencial de crecimiento determinado genéticamente (Hutter et al., 2010). Cabe destacar que, independientemente de las reducciones en el suministro de nutrientes, se ha demostrado que la hipoxia por sí sola tiene un impacto significativo en el crecimiento fetal, enfatizando su papel como contribuyente clave para el deterioro del crecimiento intrauterino (Soria et al., 2013).

Adicionalmente al efecto directo de la hipoxia sobre el crecimiento fetal, se ha establecido un efecto indirecto de la hipoxia mediado por estrés oxidativo. En investigaciones de nuestro grupo, realizadas en ovejas con gestación de feto único, desarrolladas bajo hipoxia hipobárica materna (gestaciones desarrolladas en la altura), que resultan en corderos recién nacidos de bajo peso y talla, hemos encontrado que cursan con elevados índices de estrés oxidativo, efectos que son evitados, en gran parte, por la administración materna de vitaminas antioxidantes (Parraguez et al., 2011). Bajo estas condiciones, los efectos de la hipoxemia materna y del estrés oxidativo afectan el desarrollo placentario y fetal desde antes de la mitad del periodo gestacional, donde también el incremento del estatus antioxidante, por el suministro de vitaminas antioxidantes, juega un rol preventivo (Parraguez et al., 2015).

### **Rol del estrés oxidativo en la RCI en ovejas por gestación mellicera y/o subnutrición materna**

En las preñeces múltiples, la RCI es una condición

frecuente, debido a la competencia entre los fetos por nutrientes, oxígeno y espacio uterino limitados (Gootwine et al., 2007). Además, tanto el número individual de placentomas, como la masa placentaria total es proporcionalmente reducida (van der Linden et al., 2014). Se ha demostrado también en ovejas que las preñeces múltiples, incluidas las melliceras, aumentan significativamente el riesgo de mortalidad neonatal (Nash et al., 1996).

Algunas evidencias sugieren que, en ovejas, las gestaciones melliceras se acompañan de hipoxia fetal, en ausencia de otras afecciones concomitantes (Rurak y Bessette, 2013). Dada la ausencia de información en la literatura respecto de si las gestaciones de mellizos cursan realmente con RCI y del eventual rol de la hipoxia y el estrés oxidativo en esa condición, hemos realizado recientemente algunos estudios al respecto, considerando además el efecto de la subnutrición, debido a lo frecuente de esta condición en los sistemas ovinos extensivos y a la evidencia de que la desnutrición materna tiene un mayor impacto en el crecimiento fetal en mellizos que en únicos (Rumball et al., 2008). En efecto, en estudios desarrollados a nivel del mar, donde las ovejas se mantuvieron en una pradera natural que solo cubre aproximadamente el 70% de sus requerimientos de gestación, hemos encontrado que, a los 140 días de edad gestacional (siete días antes del parto), la condición de mellizo es un factor inductor de hipoxemia fetal y estrés oxidativo, en tanto que la restricción nutricional materna de ~30% conduce a hipoxemia fetal, pero sin lograr incrementar de manera significativa los biomarcadores fetales de estrés oxidativo. Además, tanto la condición de mellizo, como la restricción nutricional llevaron a la disminución del peso corporal y de la talla fetal. El peso del hígado fetal mostró los mismos efectos, en cambio, el peso del cerebro no fue afectado ni por la condición de mellizo ni por la restricción nutricional materna, dando origen a una incrementada relación cerebro/hígado, lo que es indicativo de RCI. Si bien el peso de la placenta aumentó en las preñeces melliceras, el peso individual por feto disminuyó significativamente en los mellizos. La placenta en los animales con restricción nutricional también disminuyó, pero

no logró significancia estadística. Las ovejas de este estudio disminuyeron su condición corporal durante la gestación, manteniendo el peso corporal, lo que significa que movilizaron sus reservas de proteína y energías para lograr mantener la gestación hasta el término. Además, las ovejas presentaron concentraciones normales de oxígeno en la sangre arterial (Sales et al., 2018).

Para aportar información respecto del rol del estrés oxidativo en los efectos de la gestación de mellizos y de la subnutrición sobre el crecimiento intrauterino, realizamos un estudio bajo las mismas condiciones del relatado previamente, pero, en este caso, las ovejas preñadas fueron suplementadas diariamente con vitaminas C y E, desde los 30 días de gestación, hasta el final de la gestación. En estudios previos en ovejas mantenidas a 3600 m de altura, habíamos descrito que la suplementación oral con vitaminas C y E, a partir de la misma edad gestacional, hacía incrementar significativamente las concentraciones plasmáticas maternas de estas vitaminas y evitaban los efectos detrimentales del estrés oxidativo inducido por la hipoxemia materna sobre el peso de los corderos recién nacidos (Parraguez et al., 2011). Al analizar las distintas variables materno-fetales, también a los 140 días de gestación, confirmamos que la suplementación oral con las vitaminas lleva a un incremento de las concentraciones plasmáticas maternas. Además, encontramos que la concentración de vitaminas C y E en la sangre umbilical fetal incrementa significativamente, tanto en gestaciones de feto único como de mellizos, pero con concentraciones mucho menores que las encontradas en la sangre materna. Interesantemente, las concentraciones de ambas vitaminas logradas por los mellizos fueron significativamente mayores que las de los fetos únicos, lo que podría ser producto de efectos del estrés oxidativo sobre la angiogénesis, el flujo sanguíneo umbilical, en el caso de la vitamina C y, probablemente de la sobreexpresión de transportadores específicos en el caso de la vitamina E. Otro resultado interesante de este estudio, es que hubo correlaciones altas y significativas ( $r > 0,7$ ) entre las concentraciones plasmáticas maternas y las umbilicales fetales de ambas vitaminas. Asimismo, confirmando los efectos previamente observados en gestaciones únicas desarrolladas en la altura,

encontramos que la suplementación con vitaminas C y E incrementa el peso fetal, tanto de fetos único como de mellizos, cuando la gestación cursa con subnutrición, pero la magnitud del efecto es superior en los mellizos. La capacidad antioxidante total en los fetos se encontró disminuida en los mellizos respecto de las gestaciones únicas, pero la suplementación con vitaminas C y E incrementó significativamente esta variable en ambos tipos de fetos. Finalmente, se confirmó que la gestación de mellizos cursa con un peso placentario menor por cada feto, en comparación con las gestaciones únicas, sin encontrarse un efecto de la suplementación de vitaminas. Sin embargo, al calcular la eficiencia placentaria (gr de feto/gr de placenta), se observó que esta es incrementada tanto por el efecto de ser mellizo, como por la suplementación de vitaminas (Sales et al., 2019).

## Conclusión

En ovinos, estrés oxidativo es una condición asociada a la gestación de mellizos, especialmente en gestaciones desarrolladas bajo subnutrición materna, la que desfavorece el crecimiento fetal y explica parcialmente la presencia de RCI. La suplementación materna con vitaminas C y E permite disminuir o evitar la presencia de estrés oxidativo fetal y los efectos detrimentales sobre el crecimiento intrauterino. La implementación de formas simples de suplementación de estas vitaminas a las ovejas preñadas, en territorios con baja oferta de nutrientes y/o que induzcan hipoxemia materna, podría disminuir la mortalidad neonatal y, por ende, incrementar los índices reproductivos de la especie ovina, haciendo también más factible el incremento de la prolificidad como estrategia de mejora de la eficiencia y rentabilidad de la ovinocultura.

## Financiamiento

Proyectos FONDECYT 1020706, 1070405, 1100189 y 1160892 de CONICYT, Chile y Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo (VID), Universidad de Chile.

## Referencias

- Gootwine E, Spencer TE, Bazer FW. Litter-size-dependent intrauterine growth restriction in sheep. *Animal* 2007;1(4):547-64.
- Hutter D, Kingdom J, Jaeggi E. Causes and mechanisms of intrauterine hypoxia and its impact on the fetal cardiovascular system: A Review. *Int J Pediatr*. 2010;2010:401323.
- Igwebuike UM. Impact of maternal nutrition on ovine foetoplacental development: A review of the role of insulin-like growth factors. *Anim Reprod Sci*. 2010;121(3-4):189-96.
- Nash ML, Hungerford LL, Nash TG, Zinn GM. Risk factors for perinatal and postnatal mortality in lambs. *Vet Rec*. 1996;139(3):64-7.
- Parraguez VH, Atlagich M, Araneda O, García C, Muñoz A, De Los Reyes M, et al. Effects of antioxidant vitamins on newborn and placental traits in gestations at high altitude: comparative study in high and low altitude native sheep *Reprod Fertil Dev*. 2011;23(2):285-96.
- Parraguez VH, Mamani S, Cofré E, Castellaro G, Urquieta B, De Los Reyes M, et al. Disturbances in Maternal Steroidogenesis and Appearance of Intrauterine Growth Retardation at High-Altitude Environments Are Established from Early Pregnancy. Effects of Treatment with Antioxidant Vitamins. *PLoS One*. 2015;10(11):e0140902.
- Rumball CW, Harding JE, Oliver MH, Bloomfield FH. Effects of twin pregnancy and periconceptional undernutrition on maternal metabolism, fetal growth and glucose-insulin axis function in ovine pregnancy. *J Physiol*. 2008;586(5):1399-411.
- Rurak D, Bessette NW. Changes in fetal lamb arterial blood gas and acid-base status with advancing gestation. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2013;304(10):R908-16.
- Sales F, Peralta OA, Narbona E, McCoard S, De los Reyes M, González-Bulnes A, et al. Hypoxia and oxidative stress are associated with reduced fetal growth in twin and undernourished sheep pregnancies. *Animals (Basel)*. 2018;8(11).
- Sales F, Peralta OA, Narbona E, McCoard S, Lira R, De Los Reyes M, et al. Maternal supplementation with antioxidant vitamins in sheep results in increased transfer to the fetus and improvement of fetal antioxidant status and development. *Antioxidants (Basel)*. 2019;8(3).
- Soria R, Julian CG, Vargas E, Mooe LG, Giussani DA. Graduated effects of high-altitude hypoxia and highland ancestry on birth size. *Pediatr Res*. 2013;74(6):633-8.
- van der Linden DS, Sciascia Q, Sales F, McCoard SA. Placental nutrient transport is affected by pregnancy rank in sheep. *J Anim Sci*. 2013;91(2):644-53.

PONENCIAS MAGISTRALES

# Importancia de los roles familiares en la crianza de rumiantes menores y camélidos andinos en los sistemas pastorales

Enrique Nolte\*

Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú

## Resumen

Los sistemas de ganadería tradicional, histórica y globalmente, son de carácter familiar. Así ha sido en los antiguos rebaños con gran número de animales de varias especies moviéndose por extensos territorios; y lo es en la actualidad, aunque de menor tamaño y en espacios menores –incluyendo la crianza confinamiento. Las tareas y toma de decisiones, han estado a cargo de la familia; según el tamaño, algunos se apoyan con asalariados, cuyo rol es solo hacer las tareas que les asignan. Para los servicios de extensión y asistencia técnica modernos, es un problema que se haya considerado a la familia como un todo homogéneo, con la ancestral representatividad del varón como jefe y personero al que se dirigen para recoger y transmitir información. Hay documentos históricos y referencias bíblicas a familias de pastores, que así lo evidencian; pero la familia pastoral es un grupo humano complejo, en el que cada miembro cumple tareas y responsabilidades diferentes, según su sexo, edad, aptitud individual, etc. Es un patrón que se observa a través de culturas, religiones y geografías. Al comprender esas diferencias, ha habido que reconocer errores que han obstaculizado, demorado y mermado la eficiencia en los intentos por promover su desarrollo. Ese soslayo de la realidad

adquirió más relevancia a mediados del siglo XX, cuando surge el concepto y los programas de desarrollo. En la crianza de rumiantes menores y auquénidos (camélidos andinos según la nomenclatura taxonómica actual), hoy se puede reconocer y hacer justicia al rol principal de la mujer, desde el interior de la relación y funcionamiento familiar, aunque la personería sigue ejercida por el varón. En términos de tareas, las mujeres tienen mayor cantidad en su lista cotidiana de cuidado de las crías, el pastoreo y el ordeño; mientras que los varones tienen más participación en los tratamientos que implican el uso de instrumentos y herramientas, edificación de instalaciones, compra de insumos y seguridad. Con alguna excepción, la mujer trabaja el doble de tiempo que el varón; pero no se le valora el tiempo dedicado a la administración del hogar (limpieza y orden, preparación de alimentos, lavado y mantenimiento vajilla y ropa, cuidado de la educación y la salud de los hijos, atención a los animales caseros y al ganado, gestión económica del hogar y de la finca. Hay tareas “femeninas” que son muy demandantes de esfuerzo físico, como el acarreo de leña y agua, que son consideradas así por las mismas mujeres. En ese contexto, hay una dinámica actual, como es la conectividad por celulares e internet, la ampliación de los

servicios de electricidad, la emigración masiva de jóvenes a la ciudad, las nuevas ofertas laborales en empresas, etc. Ello está afectando profundamente los sistemas de vida pastorales, aumentando la edad promedio de sus conductores, reduciendo la fuerza laboral disponible, reduciendo la posibilidad de renovación generacional. El futuro se puede ver al comparar la ruralidad de la población en países industrializados (3 a 5%), frente a la de países no industrializados (25-30%). Algunas de esas formas de vida están en vías de extinción, así como el nomadismo y la transhumancia ya pertenecen a la historia. Los programas de apoyo al desarrollo, la extensión y las capacitaciones deben entender todos estos procesos para elevar su efectividad y hacer justicia a la mujer ganadera.

**Palabras clave:** Familia pastoral. Roles de género. Decisiones. Mujer. Gestión de finca.

## Introducción

El desenvolvimiento de la humanidad respecto al conocimiento ha mostrado una tendencia que va desde el “todismo”, resultante de la contemplación directa y sencilla de la realidad y del universo, hasta la explicación de procesos con creciente nivel de detalle, hasta la más alta especialización. A través de la historia, en el desarrollo de las ciencias, ocurre un fraccionamiento por fases y momentos que llevan a crear compartamentos para generar explicaciones parciales y después agregarlas para volver al todo. Pero cada vez es más difícil volver a ese “todo”. Hay especialidades que demandan toda una vida solo para comprender una minúscula fracción del proceso universal; esa fracción deviene después en un objetivo en sí misma. Así, se ha creado una partición del todo, hasta llegar a conflictos entre la ciencia social con la ciencia exacta, cada cual con su propio método. Toda esta larga e insuficiente intención explicativa, sirve para la plantear el problema central de este artículo: los especialistas en cultivos y crianzas –con sus conexos y componentes– nos enfocamos en los fenómenos biológicos, dejando de mirar el complejo proceso humano que conduce esas actividades, en la creencia de que las personas del campo deben limitarse a seguir los consejos de

los expertos. Se perdió de vista la estructura y roles de los miembros de la familia rural ganadera; sus aspiraciones y objetivos vitales, su organización y orden en las tareas y toma de decisiones, con sus conflictos internos, convergencias y divergencias. Pero ese núcleo humano gestiona, utiliza y depende de la tierra, de sus animales y de todos los elementos de su finca; ésta es un aspecto de la vida familiar. Por su naturaleza, este artículo recurre a la descripción comentada de casos, a modo de lecciones aprendidas a través de situaciones. Su objetivo es hacer una reflexión sobre la relevancia de conocer a la familia ganadera que conduce su finca, roles que dependen del género, reconociendo la importancia específica de la participación de la mujer. Se busca mejorar los servicios de apoyo a su desarrollo tecnológico y productiva y para evitar errores que hacen perder eficiencia de dicho apoyo.

## Caso 1 - Nivel de conocimiento

El contexto social y ambiental: Son 225 familias ganaderas asociadas que crían caprinos (con algunos ovinos, vacunos y asnos) extensiva de una Comunidad Campesina mayor, de 900 familias y unas 48,000 Ha. El clima es muy cálido, con temperatura media de 28 °C y extremos de 14-36 °C. El territorio es un bosque pseudoxerófito, muy afectado por períodos de lluvias irregulares que genera el Fenómeno “El Niño” (FEN). Pueden ocurrir 3 a 5 años de sequía, seguidos por un año que en 3-4 meses recibe una precipitación superior a 3000 mm, con una alta torrencialidad. La vegetación adaptada a esas variables la constituye un bosque, con árboles de raíces profundas y copas aparasoladas con predominio de “algarrobo” y “faique” (Prosopis y Acacias); y un sotobosque herbáceo visible en tiempo de lluvias y que es variado y abundante, de ciclo vegetativo muy corto (3 - 4 meses) antes de entrar en dehiscencia y desecación. Genera abundante semilla que germina en el siguiente FEN. En los años secos, la algarroba abunda (una vaina, fruto del algarrobo, vital alimento para el ganado, que la población recolecta y almacena en depósitos llamados Algarroberas. En los años lluviosos no hay algarroba porque el viento y la lluvia provocan la caída de las flores y la podredumbre temprana.

Los rebaños aprovechan los abundantes “pastos eventuales”, contribuyendo a reducir el riesgo de incendios. Así, son diversos “escenarios” a los cuales las familias pastorales deben adaptarse, para conducir a los rebaños hacia espacios carentes de especies tóxicas, cuidarlos de predadores, etc. Las familias dependen de sus cultivos “de temporal” y de sus rebaños, tanto para la subsistencia y para la colocación en el mercado. Elaboran quesos y quesillos, venden animales y parte de sus cosechas. En años muy secos talan y venden leña y los varones salen a buscar trabajos temporales en los valles y ciudades.

La experiencia: como coordinador de un proyecto de investigación en sistemas de producción caprina tuve que visitar a varias familias de la zona para registrar información sobre el manejo del pastoreo, en función de las muy cambiantes estaciones climáticas, identificar a las especies herbáceas más consumidas a fin de hacer posteriores estudios de fenología, composición nutricional, etc. La primera visita es al Presidente de la Asociación de Ganaderos local, a quien conozco ya varios años. Explico la misión y en la “ramada” (lugar abierto al ingreso de la vivienda), nos sentamos en una mesa con la hospitalidad de dos calabazas con chicha de jora (una bebida local a base de maíz). La esposa ha saludado y luego se limitó a escuchar la conversación. Presurosa, ingresa a su vivienda y saca una mesa pequeña, unas cebollas y un cuchillo para cortarlas. Obviamente su intención no es hacer sus tareas culinarias en la puerta de ingreso. Escucha con total interés nuestra conversación, ya iniciada la entrevista, con el respectivo formulario y batería de preguntas. Éstas son muy precisas: qué especies, en qué meses, cuál alimenta mejor o hace producir más leche, cual puede tener algún efecto tóxico, generar cólicos o provocar abortos. Con frecuencia, mi interlocutor titubea y la esposa le susurra las respuestas que él no puede dar directamente. Es obvio que ella sabe mucho más, incluso detalles muy finos y hasta sorprendentes. Si la flor del zapote (*Capparis angulata*) se presenta antes de tiempo es señal de que va a llover; cómo evitan las zonas donde existe la planta “borrachera” (*Hipomea carnea*) en los tiempos más secos porque usualmente no la comen pero cuando la prueban (a falta de otras opciones) rápidamente las cabras

se envician y se hacen dependientes (tienen acción sicotrópica porque contiene un compuesto similar al ácido lisérgico). Ante estos hechos, debería haberla entrevistado a ella. Pero hubiese sido “mal visto”, impropio; inadecuado para las costumbres locales. No había considerado una entrevista a la pareja. Allí aprendí.

## Caso 2 - Toma de decisiones y gestión de la economía familiar-y-de-la-finca

Unos diez años después, con la misma comunidad, a través del “Proyecto Regional de Educación y Manejo Integral del Ambiente” (PREMIA) del cual fui Director Ejecutivo 5 años, planteamos apoyar la instalación de una planta de elaboración de quesos a fin de obtener un producto estandarizado, formal y que cumpla con las normas legales. Se discutió con la Asociación de Ganaderos y se formuló la propuesta a un organismo internacional. Para ello se obtuvo la aprobación de la Asamblea General, cuya acta fue suscrita por los socios. Se hizo el trámite, logrando la aprobación del financiamiento. El Representante, entusiasmado con la idea, se ofreció para acompañar en el local Comunal en Piura, la firma del respectivo Convenio. En la sede estaba ya reunida la Asamblea cuando llegamos. Pero experimentamos un momento muy desagradable cuando el Presidente informó que en las últimas semanas habían revertido su decisión de llevar adelante el proyecto. Huelga entrar en más detalles.

Tres semanas después volví al lugar para conversar con el Presidente de la Asociación de Ganaderos y saber las verdaderas razones del desistimiento. Por tratarse de feriados fui acompañado de mi esposa y nuestra pequeña hija de 7 años de edad. La esposa se retiró para preparar unos bocadillos; mi esposa se ofrece a ayudarla y las dos damas van a la cocina y conversan entre ellas. En el camino de retorno, mi señora me sorprende al explicarme la verdadera razón del “cambio de opinión”: cuando los jefes de familia - que habían acogido con entusiasmo la propuesta de la Planta- llegaron a sus hogares y comunicaron a sus familias sobre la novedad y ventajas de la Planta. Pero las damas se preocuparon por la forma de pago, que sería cada sábado, en efectivo o por depósito

bancario. Era implícito que esos pagos se harían al jefe de familia. En esa zona y en la mayoría de lugares del Perú y el mundo, el ordeño y toda la gestión de la leche y sus derivados suele ser una tarea de las mujeres. También lo es el dinero que ingresa por esas ventas. Ellas lo reciben en mano y lo administran como parte de sus tradicionales roles y tareas. Por esa razón dijeron que era inaceptable que ellas pierdan el control directo y total de ese dinero. Surgió entonces, en cada uno de los más de 200 hogares del caserío, fuertes discusiones en una noche memorable de enojo, por la defensa de los varones por su palabra ya comprometida y de las mujeres, por conservar el manejo directo del dinero. Al final - y en clara contradicción con las ideas existentes sobre machismo y la supuesta "autoridad" de los varones para imponer su voluntad- debieron dar marcha atrás y pasar por la vergonzosa situación de retractarse. Pero, en su momento solo dijeron que "habían cambiado de opinión" y no que las mujeres se habían impuesto.

La evidencia demostró de una forma palpable cómo al interior de la familia también se mueven intereses, puntos de vista, conflictos, etc.; y además, agregando otras diversas experiencias en otros campos, el peso de la opinión de las mujeres es mucho mayor en la toma de decisiones al interior de la familia y de la gestión de su finca. Cabe señalar como corolario que, a partir de esta dura lección, se cambió la estrategia de la propuesta, estableciendo una cláusula que los pagos semanales de la leche se harían únicamente y sin excepción, en efectivo y a las mujeres. El proyecto reformulado se aprobó y ejecutó.

### Caso 3 - Género y calidad del queso

En otro espacio geográfico y social con un programa privado de apoyo al desarrollo se atendía la conversión de las pequeñas queserías familiares, a unidades de estructura sólida, con las condiciones propias de la aplicación de estrictas normas de higiene y en general las Buenas Prácticas. Visité una pequeña planta familiar que procesaba 800 l/día. Ya había sido levantada la infraestructura y contaba con buen equipamiento: Piso y paredes de cemento, abastecimiento suficiente de agua; balanza y

minilaboratorio para recepcionar la leche y evaluar su calidad antes de aceptarla; paila de doble funda para pasteurizar, mesa de trabajo, prensa, estantes para maduración, etc. Entonces atestiguo una corta conversación entre los esposos propietarios del establecimiento. Ella tenía que salir para atender un asunto y le encargaba a él, que recuerde algunos detalles del queso que él iba a elaborar. En mi curiosidad por entender, me enteré que la responsable de toda la conducción de la quesería es la señora y el esposo ayuda a la hora de la llegada de los proveedores, va a ciertos lugares a recoger leche y apoya con la limpieza de todos los aparatos al final de la jornada. Pregunté por más detalles de la gestión de la Planta y cuál de las dos personas hace el mejor queso. Tras una incomodidad por la cuestión planteada, coincidieron en que el queso elabora la mujer es mejor, aunque se percibió una clara diferencia de sentimientos. Ella se expresó con cierto orgullo y seguridad: *los varones siempre están apurados y todo lo hacen con el reloj a la vista, como siguiendo una "receta" al pie de la letra. Dijo también: nosotras no miramos la hora; sino que vemos si la cuajada está a punto abriéndola con el dedo; aplicamos sal probando y no pesando; nos guiamos por el gusto y no por la medida. Hay días en que el cuajado demora más porque la leche cambia según lo que comen las vacas. Pero eso, el queso que hacemos siempre es mejor.*

Y sin embargo, la mayor parte de los asistentes a los cursos de elaboración de quesos habían sido varones; y eso es frecuente porque la mayoría de proyectos soslayan en su diseño y estrategias, los detalles finos que son influenciados por el tema de género.

### Caso 4 - Capacitación en ordeño rebaño: población meta

Un proyecto bien conducido que me tocó supervisar en la sierra, contaba con un detallado plan de capacitación en técnicas de ordeño y calidad de la leche. El instructor era un ingeniero zootecnista con carrera magisterial de docente. Hizo una impecable demostración de método. Para disgusto del equipo y sin menoscabar la calidad del profesional, pedí que la instrucción estuviera a

cargo de una mujer y que se invite específicamente a las mujeres de las familias participantes para las capacitaciones. Tuve que apelar a mi autoridad para exigir el cambio. Se contrató entonces a una joven graduada con altas calificaciones en medicina veterinaria. En conversación previa al inicio de su tarea, le anticipé que por la temática y por la posibilidad de encontrarse entre mujeres, podrían surgir preguntas y pedidos de consejos que irían más allá de la temática bajo su responsabilidad. Cuando se hizo la convocatoria, la comunidad se incomodó y la junta directiva decidió que en cada clase estuvieran presentes dos “observadores” para constatar el tipo de mensajes que recibirían las mujeres (todas adultas y con familia). A la mitad de la primera clase, las señoras pidieron que se detenga a la instructora y exigieron la salida del salón de los “observadores”. De allí y por las semanas siguientes continuó la capacitación, seguida por prolongadas conversaciones sobre temas de pareja y personales que abarcaban desde el amamantamiento de sus propios hijos y otros temas sobre los cuales las mujeres no tratan en presencia de varones. Además, los resultados en la adopción de las innovaciones recomendadas por el proyecto fueron evidentemente mejores, en comparación con otras experiencias que no tuvieron en cuenta este factor.

## Conclusión

Los casos descritos no son meramente anecdóticos. Hay abundante experiencia acumulada que demuestra la importancia de comprender en el mismo nivel de detalles, las culturas y costumbres de las familias que conducen fincas ganaderas, tanto más. cuanto más tradicionales son los sistemas, como ocurre con las familias que se dedican a la cría de caprinos, ovino y camélidos.

Una ruta es la de complementar la formación en la universidad de los profesionales agrarios en las cuestiones sociales; o de incrementar la interacción profesionales de las ciencias sociales, para ver integradamente todo lo relacionado con la gestión de la finca ganadera familiar.

Toda la comunidad científica y profesional está en deuda con la mujer, por haber soslayado sus muy importantes roles en la gestión de la ganadería,

por haberlas excluido por desconocimiento, de las oportunidades de capacitación de desarrollo personal. El rol de la mujer es mucho mayor que el de madres y esposas.

Este artículo rinde homenaje a las mujeres de América Latina, que dedican sus vidas a gestionar no solo la vida de sus familias sino de toda la finca, laborando muchas veces más de 14 horas diariamente.

---

PONENCIAS MAGISTRALES

# La cabra en la mitología y el arte: simbolismo y expresión cultural

---

Enrique Nolte\*

Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú

## Resumen

La cabra ha tenido un significado especial en su relación con la humanidad, acompañándola desde el tiempo prehistórico de los pueblos nómadas, como la primera especie utilitaria que fue domesticada, para alimentarse, vestirse y confeccionar diversos utensilios; en cercano paralelo con el perro y después, el caballo. En todas las latitudes, se ha contemplado los rasgos etológicos de la cabra en admirable profundidad y se ha utilizado tales constataciones, para hacer o crear interpretaciones sobre las conductas y actitudes humanas. En la cultura e imaginario de oriente y occidente, los personajes mitológicos caprinos siguen relacionados con importantes conceptos y fenómenos de sexualidad, sensualidad, energía y libertad y libertinaje. La visión y extraordinaria capacidad de los artistas para recrear no solo la realidad sino la imaginación, ha recogido e interpretado las creencias y sentimientos de los pueblos, a través del tiempo, la geografía y hasta el cosmos metafísico. Gracias a ello, y como complemento a la historia y tratados de mitología, se puede enriquecer la visión de los profesionales y expertos que deben ampliar su visión y conocimiento científico-biológico cuando tratan con los pueblos que se dedican a la crianza del caprino. Hay un enriquecimiento cultural posible pero

también la posibilidad de usarlo en forma práctica, para comprender algunas percepciones presentes entre productores y consumidores de lácteos y otros bienes que provienen de las cabras.

**Palabras clave:** Cultura. Mitología. Conducta. Simbología. Iconografía.

## Introducción

La cabra ha tenido un rol muy importante para la humanidad, tanto en lo práctico y material, como en el mundo inmaterial de la metafísica. Pensadores y filósofos, líderes sociales y hasta profetas, han observado en profundidad la etología de la cabra y la ha utilizado para interpretar la conducta humana. Es un hecho que muchos de los grandes profetas de las religiones monoteístas (cristianismo, judaísmo, islamismo) fueron pastores de cabras. Todo ello ha sido recogido en escritos, tratados históricos y mitológicos usualmente muy extensos de alta complejidad, pero también en numerosas obras de

arte, principalmente pinturas y esculturas. En esa producción ilustrada y visual los artistas han creado escenarios imaginarios, mucho más cercanos y al alcance de la comprensión de las personas comunes. En este artículo generado para un público básicamente profesional y especializado en cuestiones biológicas y productivas de la especie caprina, se hace un apretado resumen de toda esa riqueza proveniente del campo de las humanidades, con el fin de generar una mejor comprensión de muchas creencias y percepciones que prevalecen en las profundidades del pensamiento de todos los involucrados en los procesos de la crianza, producción y consume o utilización de productos provenientes de la cabra.

## Las mitologías griega y romana

Muchos de los elementos de la mitología de la cultura griega influenciaron la conformación de la mitología del imperio romano. De modo que ayuda a la brevedad expositiva hacer referencia a ambas cuando el vínculo es claro y directo.

Amaltea, la cabra que amamantó a Júpiter o Zeus, Rey del Olimpo en la mitología griega, es muy famosa y su nombre sigue vinculado a la leche; de ella extrajo el “Cuerno de la Abundancia” o Cornucopia, para entregarlo en señal de gratitud a la ya anciana ninfa que lo atendió en su infancia, para que ella no pase por necesidad alguna.

Dionisio, hijo protegido de Zeus tiene rasgos caprinos en su figura y personalidad, como semidios del vino y las fiestas, para expresar su condición de elegido, de fortaleza desbordante; tuvo cinco hijos con Afrodita, la diosa del amor, describiéndose a ambos personajes como de una belleza y atractivo extraordinarios. Se dice que Pan trataba de imitarlo desde su condición de semidios de los pastos y de los bosques, de la fertilidad y del vino; es precursor del Baco de los romanos, Señor del Alcohol y la “Bacanal”, de la vida licenciosa.

En la cultura e imaginario occidental, Dionisio y Pan siguen siendo relacionados con la sexualidad y todos los personajes caprinos, con la sensualidad y la libertad. Entre otros personajes míticos están Cupido, incitador del enamoramiento; Sátiro, el acechante violador de los bosques que

fuera engañado y puesto en vergüenza cuando intentó seducir a una mujer que ante la sospecha, intercambio ropajes con su esposo; Quimera, el ser imposible con tres cabezas -serpiente, león y cabra- con cuerpo de cabra y cola de dragón, simboliza hasta hoy a la Fantasía. Pero el significado en griego de Quimera es “macho cabrío”, al que se le agregaron elementos de fantasía para exacerbar la ferocidad y potencia del personaje, el cual generaba un temor grande y generalizado. La leyenda cuenta que Amisodares, rey de Caria, la crió como su mascota preferida de su hogar en Pátara; pero la mítica y feroz bestia siguió atacando, lanzando fuego por el hocico, por lo cual el rey pidió a Belerofonte que la ubique y mate. Éste logró su cometido con la ayuda de su famoso caballo alado, Pegaso, hiriéndola con una lanza de plomo que se fundió por el calor del mismo fuego que lanzó Quimera.

## En los países nórdicos

Entre los nórdicos, Thor, el mítico personaje noruego, va en una carriga halada por dos cabras *Tanngnjostr* y *Tanngrisnr*, en ruta al lejano Utgaro, para combatir a los enemigos de Dios; por el cansancio y el hambre se detuvo en un pueblo donde una familia campesina le ofreció posada y algo de alimento porque eran muy pobres.

Thor mató a las dos cabras, puso sus pieles como mantel y ofreció la carne a la familia. Esto molestó al hijo menor de la familia, quien como señal de su fastidio se limitó a chupar el tuétano de los huesos. Al día siguiente, Thor bendijo las pieles con su martillo y los cuerpos de las cabras volvieron a mostrarse completos y con vida. Pero una estaba coja porque sus huesos quedaron débiles provocando la cólera de Thor: Cuando se calmó, llegó a un acuerdo con la familia y llevando a dos de sus hijos al continuar su viaje.

## La ayuda del arte

Como en esos casos ya descritos, hay numerosos ejemplos que se puede citar de las antiguas religiones, muchos de los cuales perduran hasta el presente, gracias a las imágenes creadas o

interpretadas por artistas del dibujo, la pintura y la escultura; muchos de ellos de gran renombre, desde antes de la Edad Media hasta el presente. Y muchos otros anónimos y muy antiguos.

Es abundante es cantidad de pinturas y esculturas con Amaltea en escenas de la infancia y las celebraciones de Júpiter. La visión del artista recoge interpreta los sentimientos del Pueblo, en el Tiempo, en la Geografía y en el Cosmos. Gracias a ello enriquece la visión de los profesionales y expertos que deben relacionarse con familias y comunidades que se dedican a la crianza del caprino. Así lo evidencia la presencia misteriosa de la cabra en las obras de Marc Chagall, en la maestría del gran pintor Caravaggio, el interés de Nicolás Poussin de hacerla parte de los acontecimientos sociales; en la gracia y el juego infantil de Picasso, en una de sus más famosas esculturas y varias obras pictóricas. Ellos y otros grandes artistas que integran el patrimonio universal de la estética, han recogido la esencia de la singular etología caprina: el instinto maternal, la defensa de su libertad, su inacabable curiosidad, su energía e intensidad sexual y sus formas de alimentarse y subsistir.

## En la lingüística

Aunque muchos no desconocen aspectos de la historia o de la mitología, hay un amplio conjunto términos en uso contemporáneo, muchas palabras de uso corriente, que ya han adquirido o atribuido la propiedad de su significado pero que tienen su origen en un personaje o en un comportamiento propio de la especie caprina

Algunos ejemplos son muy ilustrativos. Así, el término “Quimera” se usa actualmente para señalar algo que es completamente fantástico, alejado de la realidad. “Cabrear” significa y se usa para describir la habilidad para esquivar a un rival cambiando súbitamente la dirección de la carrera sin perder el control del balón, especialmente en el fútbol. El término “Capricho” se refiere a un comportamiento impredecible y cambiante o voluble. “Sátiro” se ha convertido en un adjetivo que se aplica a delincuentes violadores. Un poco más fuerte es la palabra metafórica “encabronarse” para explicar la aparición de en un estado de enojo incontrolable

y que ya no quiere saber de razones. En algunos idiomas, incluyendo el español en algunos países, se usa el término “cabrito” para referirse a los niños. La “cabritilla” es la denominación de uno de los cueros más finos utilizados en la confección de prendas de vestir y accesorios de alta calidad.

También hay diversas expresiones, refranes y dichos como “ser más loco que una cabra”, que se explica por sí mismo. También “plata en mano, chivato en pampa” para referirse a la exigencia de que las ventas de animales se hagan sin excepción con pago inmediato. Otro es “Chivo que rompe tambor, con su pellejo lo paga”, describiendo uno de los importantes atributos de elasticidad, resistencia y sonoridad de la piel del caprino en la fabricación de tambores, bombos, tumbadoras y otros instrumentos de percusión.

Hay instituciones que tienen a un caprino como elemento iconográfico y mascota. También hay lugares y accidentes geográficos con nombres referidos a la especie caprina. No son raros los apellidos que aluden al mismo término: Cabral, Cabrales, Cabrera, Cabrerizo, son algunos ejemplos en español y los debe haber también en otros idiomas.

## Conclusión

La visión biológica y científica de la especie cabra doméstica (*Cara hircus* L.) se puede enriquecer con el conocimiento antropológico y cultural a la historia que la vincula al humano de una manera tan intensa y significativa, a través de las mitologías de la mayor parte de las culturas que han ocurrido en diversos espacios geográficos y momentos históricos. Todavía hace falta profundizar más en ámbitos como el lejano oriente (China, India, por ejemplo) y en África, donde alcanzó muy alto grado de utilización por su adaptación a condiciones extremas, es especial en las zonas montañosas y en los trópicos áridos.

PONENCIAS MAGISTRALES

## La caprinocultura en Costa Rica

Carlos Rodríguez Salas\*

Rancho Caprino San Agustín, San Carlos, Costa Rica

### Resumen

La caprinocultura en Costa Rica es buena alternativa como actividad económica que se ha desarrollado a pequeña escala, con gran potencial para crecer dada la buena percepción de la población y la cantidad de mercado que tiene acceso y carece de información. Esta actividad tiene características interesantes para sectores de la población con limitaciones a obtener un empleo o dificultades para generar actividades económicas de otros en áreas pequeñas y cercanas a centros de población, como lo es la facilidad de manejo y la poca necesidad de terreno para establecer un sistema de producción. La posibilidad de aumentar la demanda de productos lácteos y sus derivados, lograría una revitalización de la caprinocultura, siendo una herramienta interesante de la reactivación económica del país.

**Palabras clave:** Caprinos. Costa Rica. Oportunidades.

La caprinocultura en Costa Rica tiene un gran potencial para convertirse en una actividad pecuaria de importancia, aún en momentos de bajo crecimiento económico (Informe Estado de la Nación, 2018), por lo que vale la pena analizar en

detalle las características que giran en torno a este apasionante mundo caprino.

Para empezar a entender los detalles vamos a caracterizar el hato caprino, según el último censo agropecuario se tenían 12854 animales, constituido con un 80% por hembras, de las cuales el 70% son hembras adultas dedicadas exclusivamente a la producción de leche (INEC, 2015), teniendo a la raza saanen como la principal raza, que se encuentra pura y en cruzamientos con otras razas. La predominancia de las cabras Saanen en el país se debe a la preferencia del productor por su adaptabilidad al entorno y su carácter lechero, este proceso de selección se dio con la importación de cerca de 2000 animales de las principales razas lecheras en la década de los 90's realizadas por Ministerio de Agricultura (Boschini, 2016).

Mencionado lo anterior, es importante recalcar que para el mercado existente en el país, el hato tiene una importante base genética, además del aporte de la inseminación artificial usando principalmente material canadiense, esto debido al esfuerzo de los productores y a la empresa privada, que se ha comprometido, no solo en proveer una buena oferta genética, sino también en establecer en que la mayor cantidad de productores puedan realizar inseminación artificial (Boschini, 2016).

Otra característica importante de la actividad caprina es su manejo, el cual, según Chacón-Villalobos y Mora-Valverde (2017) indican que los proyectos son liderados en su gran mayoría (52,39%) por personas entre los 41 y 60 años, población que tiene problemas para conseguir empleo (Informe estado la nación 2018). También hay otro aspecto ligado con el manejo, que se evidencia en el censo agropecuario (INEC, 2015), el 40% de los proyectos desarrollan su actividad en fincas de 4 ha o menos y más del 50% de los proyectos están ubicados en provincias con grandes centros de población. Evidenciando que esta actividad sirve como fuente de empleo a un segmento importante de la población con dificultades para conseguirlo y es una alternativa de uso de suelo para terrenos pequeños dentro de los centros de población.

Otras de las fortalezas de la actividad la podemos ubicar en el mercado, por un lado, al país entran al año más de 3 millones de turistas solo de Europa y América del norte, regiones con amplia cultura de consumo de derivados lácteos de cabra, representado un nicho importante de mercado, además, el consumidor nacional, que según Chacón-Villalobos et al. (2008) y Araya et al. (2018) en sus estudios grueso de la población (más del 50%) tiene buena percepción de la leche y conocen de los beneficios pero solo una pequeña población consume frecuentemente (6,31% según Chacón-Villalobos et al. (2008).

Además de las fortalezas anteriormente detalladas, la caprinocultura tiene grandes oportunidades como lo es el alto consumo de productos lácteos del costarricense, que superan en 52 litros al promedio mínimo recomendado (Barquero 2018) y al ponerlo en perspectiva, con los patrones de consumo de América Latina, sigue siendo uno de los consumos más altos (Chacón-Villalobos, 2005), si a lo mencionado le añadimos que el 80% de los encuestados por Araya et al. (2018) están dispuestos a consumir lácteos de cabra y según Chacón-Villalobos et al. (2008) el 31,2% no tienen disponibilidad y un 14,6% no conocen del producto, se podría tener la oportunidad de ampliar la demanda.

Otra oportunidad de mercado la evidencia Boschini (2016) cuando menciona las importaciones de derivados lácteos al país entre el 2013 y 2016 superan los 10 ton por año y con una tendencia en aumento, definiendo como países de origen a:

Holanda, Estados Unidos, España, Italia y Francia. Entonces, bajo el escenario anterior, es posible que con capacitación a las plantas de proceso que operan actualmente, se pueda competir con una porción de ese producto importado.

Es importante también exponer, las debilidades del sector, como lo es el tamaño del hato y se evidencia en el censo agropecuario (INEC, 2015) cuando muestra que el 61,4% de las fincas cuentan tienen un hato de 1 a 20 animales, y solo el 8,5% de las fincas tiene más de 100 animales, situación que Buschini (2016) analiza y concluye, que las fincas deberían tener un mayor número de animales para lograr por economía de escala y por ende, mayor rentabilidad. Otra de las debilidades del sector es la falta de agremiación, actualmente existen tres agremiaciones que no agrupan al grueso de los productores, afectando el acceso al nivel de capacitación, el nivel de tecnificación y hasta la capacidad comercial. También dentro de las debilidades que se encuentran es la falta de política estatal al sector, en donde se evidencia un interés en el productor, tanto así que no hay opciones de financiamiento para proyectos caprinos en la banca estatal.

Para continuar con análisis de la situación del sector es importante entrar en las amenazas que afronta el sector, las cuales van muy ligadas al manejo, y se evidencian dos muy puntuales, la variación en los volúmenes de producción de leche debido al anestro estacional, es muy difícil tener una buena gestión de ventas cuando no se logra tener producciones estables y a excepción de algunas zonas del país (por condiciones climáticas) los celos se concentran en un evento marcado de aproximadamente tres meses y otro evento no tan claro de aproximadamente un mes. Y la debilidad es la marcada falta de capacitación de los médicos veterinarios en cabras, cada vez que un productor necesita asesoría por algún problema sanitario es difícil encontrar una respuesta oportuna.

## Referencias

Araya A, Bolaños M, Carballo E, Maroto P, Rodríguez D, Vargas N. Investigación de mercados sobre productos de leche de cabra en la zona de San Carlos, San Carlos, Alajuela. Instituto Tecnológico de Costa Rica; 2018. 33 p.

Araya A, Bolaños M, Carballo E, Maroto P, Rodríguez D, Vargas N. Investigación de mercados sobre productos de leche de cabra en la zona de San Carlos, San Carlos, Alajuela. Instituto Tecnológico de Costa Rica; 2018. 33 p.

Barquero M. Consumo de leche por persona en Costa Rica supera en 52 litros el promedio mínimo recomendado. 2018 [acceso 23 abr 2019]. Disponible en: <https://tinyurl.com/y3ohcmnc>.

Boschini C. Visión global de la producción caprina: Una oportunidad de negocios. XXII Congreso Nacional Lechero; 18-19 oct 2016; San José, Costa Rica.

Chacón-Villalobos A. Aspectos nutricionales de la leche de cabra (*Capra hircus*) y sus variaciones en el proceso agroindustrial. *Agron Mesoam*. 2005;16(2): 239-52.

Chacón-Villalobos A, Araya-Quesada YM, Gamboa-Acuña ME. Percepciones y hábitos de consumo de la leche de cabra y sus derivados en los costarricenses. *Agron Mesoam*. 2008;19(2):241-50.

Chacón-Villalobos A, Mora-Valverde D. Caracterización sectorial de la caprinocultura en Costa Rica. *Nut Anim Trop (Costa Rica)*. 2017;11(2):23-60.

INEC - Instituto Nacional de Estadística y Censos. Censo Agropecuario 2014. 2015 [acceso 29 abr 2019]. Disponible en: <https://tinyurl.com/y47mr82b>.

Informe Estado de la Nación. 2018 [acceso 24 abr 2019]. Disponible en: <https://estadonacion.or.cr/2018>.

PONENCIAS MAGISTRALES

# Manejo del pastoreo y sistemas silvopastoriles para pequeños rumiantes

Jean-Marie Luginbuhl<sup>1,2\*</sup><sup>1</sup> Professor Emeritus, North Carolina State University (NC State), Raleigh, USA<sup>2</sup> Secretary-Treasurer, International Goat Association (IGA), Little Rock, USA

## Resumen

Esta presentación describe el comportamiento de pastoreo/ramoneo de rumiantes menores, su manejo al pastoreo para un mejor aprovechamiento del forraje y aspectos de sistemas silvopastoriles de América Latina.

**Palabras clave:** Caprinos. Ovinos. Comportamiento alimenticio. Sistemas silvopastoriles.

## Introducción

Alrededor del mundo, la producción de pequeños rumiantes depende en gran medida de los métodos de alimentación tradicionales, como el pastoreo o el ramoneo (Devendra, 2012). Sin embargo, contándose con los recursos, la producción puede mejorarse mediante el manejo de sistemas de pastoreo intensivo que tengan en consideración el comportamiento de pastoreo de esas especies. Otro enfoque consiste en desarrollar sistemas silvopastoriles que integren árboles y (o) arbustos con pastos en la misma unidad de tierra para la

producción de pequeños rumiantes en sistemas de pastoreo /ramoneo o de corte y acarreo, lo que resulta en un aumento general de la producción.

## Manejo del pastoreo

En comparación con los bovinos (*Bos spp.*), los ovinos (*Ovis aries*) son pastoreadores selectivos, que eligen partes de plantas de mayor calidad (y más digeribles) que las que los bovinos seleccionan cuando ambas especies tienen acceso al mismo forraje (Luginbuhl et al., 1995). Por el contrario, los caprinos (*Capra hircus hircus*) han sido clasificados como una especie con hábitos alimenticios intermedios, adaptados tanto al pastoreo como al ramoneo (Hoffman, 1989; Van Soest, 1994). Sin embargo, los caprinos tendrán un buen desempeño en situaciones de pastoreo si las prácticas de manejo de pastoreo coinciden con su comportamiento de pastoreo. En las pasturas, las cabras tienden a pastar de la parte superior a la parte inferior de las plantas y no les gusta pastar cerca de la superficie del suelo. Por lo tanto, las cabras pastarán más uniformemente una pastura que las ovejas. Como

las cabras se desempeñan mejor cuando se mueven con frecuencia a un prado nuevo o a una sección de un prado, el principio básico del pastoreo de control (Mueller et al., 1995) es permitir que las cabras pasten durante un tiempo limitado, dejando un rastrojo frondoso, y luego moverlos a otra sección de un pastizal subdividido o a otro pastizal. Bajo el pastoreo controlado, las leguminosas y las gramíneas nativas pueden reaparecer en el pasto, y los productores a menudo informan que la comunidad de plantas de pasto se vuelve más diversa.

El pastoreo controlado puede utilizarse para mejorar los pastos, extender la temporada de pastoreo y permite a los productores proporcionar forraje de mayor calidad a un menor costo con la utilización de menos insumos comerciales. El pastoreo en franjas puede implementarse fácilmente en condiciones de pastoreo controlado en grandes potreros colocando cercas eléctricas móviles por delante y detrás de los animales, proporcionando suficiente forraje para dos a tres días. El pastoreo en franjas es muy efectivo y da como resultado una alta utilización de los pastos porque, de lo contrario, los caprinos no pastarán bien el forraje pisoteado (Luginbuhl et al., 2000). El pastoreo en franjas da como resultado una mayor ganancia diaria promedio, una mayor ganancia por hectárea y una rápida mejora de la condición corporal cuando los pastos se encuentran en estado vegetativos y de excelente calidad, como durante temporadas de clima frío cuando la calidad de la planta disminuye solo lentamente. Por el contrario, el pastoreo en franjas no se recomienda cuando los pastos son de baja calidad debido a la reducida selectividad (Chamblee y Green, 1995).

Algunos productores confinan sus animales durante la noche, como medida de protección en contra de predadores. Sin embargo, el confinamiento implica una reducción del tiempo de pastoreo, y que los animales invierten mayor tiempo en corrales en condiciones de riesgo sanitario. El confinamiento de los animales es aún más problemático durante los periodos cálidos y húmedos del año, debido a que los animales puede que no pastoreen de la manera más eficiente durante las horas más calurosas del día. Si los animales deben ser confinados durante la noche, permítales pastorear durante las horas

más frescas del día. Esta estrategia incrementará el tiempo de pastoreo y debe incrementar la producción (Luginbuhl et al., 1995).

Los caprinos y los ovinos en pastoreo pueden ser controlados con 4 a 5 hilos de alambre electrificado suave de alta resistencia. Como los caprinos son más difíciles de contener que los ovinos, la cerca debe estar lo suficientemente energizada ("caliente", + 5000 voltios). El espaciado del cable puede variar de 15 a 20 cm cerca del suelo a 15 a 30 cm para los hilos superiores (Luginbuhl et al., 2000). La altura de la cerca perimetral debe ser de al menos 110 cm. Puede ser necesario instalar un alambre alto o un conjunto de alambres a una distancia de 30 cm en el interior de la cerca principal, cerca de la parte superior si los caprinos acostumbran a saltar la cerca. Como regla general, los caprinos se arrastrarán por debajo, en lugar de saltar una cerca, por lo que el alambre inferior debe mantenerse cerca del suelo. Un alambre de púas tendido a lo largo del suelo ayudará a controlar a los depredadores, especialmente en áreas montañosas. El entrenamiento de los animales para que respeten las cercas de los alambres eléctricos se puede hacer de manera efectiva al obligar a los animales a permanecer en un pequeño pastizal que los alienta a "probar" el alambre electrificado. Las mallas de alambre (apertura de 15 cm x 15 cm) son efectivas, pero cuestan al menos el doble que una cerca eléctrica de 5 hilos. Además, los caprinos con cuernos frecuentemente quedan atrapados en la malla. Para resolver este problema con las cercas de malla de alambre tejidas existentes, puede utilizarse un alambre eléctrico a una distancia de unos 20 cm de la cerca de malla de alambre tejida, colocado a una altura de 30 a 40 cm desde el suelo reducirá el número de animales atrapados. Esta práctica, sin embargo, complica el control del crecimiento de forraje en la línea de la cerca. El alambre tejido con una abertura de 15 cm x 30 cm es una alternativa más económica que el alambre tejido con una abertura de 15 cm x 15 cm que no requiere un alambre eléctrico de compensación. Los caprinos con cuernos generalmente no son atrapados o, son capaces de liberarse debido a la abertura más grande. Actualmente están disponibles en el mercado, cercas de alambre tejidas con nudos fijos de alta resistencia, que saltan hacia atrás si los

animales las rozan, y con aberturas muy pequeñas cerca del suelo, y son muy efectivas para mantener a los caprinos dentro y a los depredadores fuera ([www.staytuff.com](http://www.staytuff.com)). Las cercas perimetrales deben controlar al rebaño en todo momento y mantener alejados a los depredadores como los perros y los coyotes. Sin embargo, las cercas interiores pueden estar hechas de 3 a 4 hilos de alambres de plástico de polietileno estabilizados a los rayos UV entretejidos con tres a nueve filamentos de acero inoxidable, y postes de plástico de polietileno estabilizados a los rayos UV, asumiendo que los animales estén entrenados (Premier 1 Supplies®). Debido a que a las cabras les gusta escalar, las esquinas de las cercas permanentes no deben tener los refuerzos diagonales para los postes y se deben construir con abrazaderas en H.

### Comportamiento de pastoreo/ramoneo

Clasificados como una especie con hábitos alimenticios intermedios, los caprinos exhiben cambios en la selectividad de la dieta en función de la disponibilidad de forraje, su valor nutritivo y de la estación (Hoffman, 1989; Van Soest, 1994; Pietrosevoli et al., 2005). Coblenz (1977) clasificó a los caprinos como “oportunistas genéricos” debido a que ellos consumen la vegetación más nutritiva y palatable disponible, seleccionando una amplia variedad de plantas de una calidad superior que los vacunos y los ovinos. Comparados con otros rumiantes domésticos, los caprinos seleccionan las partes y porciones más nutritivas de las plantas, y en una selección dada entre gramíneas, hierbas y arbustos, ellos usualmente prefieren dietas con una mayor proporción de arbustos (Bryant et al., 1979). Los caprinos consumen de buena gana gramíneas inmaduras, pero cambian al ramoneo cuando la calidad del forraje disminuye con el avance de la madurez. Sin embargo, demuestran una preferencia especial hacia las inflorescencias de las gramíneas (Wilson, 1957; Luginbuhl, observación personal). Los caprinos presentan una mayor masa hepática en relación a los vacunos y a los ovinos, y toleran mayores niveles de compuestos fenólicos tales como taninos (Silanikove, 1997). Esto podría llegar a explicar el porque, los caprinos son generalmente

más efectivos que los ovinos, en el control de *Euphorbia usula* L., una dicotiledónea herbácea perenne, con un sistema radicular profundo, que contiene varios compuestos aleloquímicos (Walker et al., 1994). Adicionalmente, los caprinos tienen menores problemas de toxicidad debido a que prefieren consumir una gran variedad de especies de plantas a lo largo del día. La selectividad en la alimentación, y una fuerte preferencia por el ramoneo, permiten a los caprinos reducir los efectos de la variación en la energía y la proteína de la dieta, causada por las condiciones ambientales o de manejo (Fedele et al., 1991). Además, la propensión de los caprinos a pararse sobre sus patas traseras, les permite ramonear hasta una altura de 2 metros, en áreas donde se encuentran árboles y enredaderas colgantes (Lu, 1988). Owens (1991) indicó que a medida que se incrementaba la densidad de caprinos por unidad de área la utilización, en la comunidad de arbustos de acacia de alturas entre 0,75 y 1,5 m, se incrementó a una tasa más rápida que en otras zonas de la estructura. Los caprinos inclusive escalan ciertos árboles (García y Gall, 1981).

Debido a este comportamiento de pastoreo/ramoneo tan versátil, los caprinos, se pueden usar de manera muy efectiva como agentes de control biológico en pastizales invadidos por vegetación leñosa y malezas de hoja ancha, debido a preocupaciones ambientales y costos elevados de otros métodos de control como el corte mecánico y aplicaciones de herbicidas (Luginbuhl y Pietrosevoli, 2007; Luginbuhl et al., 1999, 2000a). Por el contrario, con los ovinos deben utilizarse altas cargas animales cuando se les pastorea solos para evitar demasiado pisoteo y daño del forraje no utilizado. Como regla general, los ovinos consumen más arbustos que los bovinos, pero menos que los caprinos, porque los ovinos son menos selectivos que los caprinos. Los ovinos también hacen un mejor uso de los pastos de colinas escarpadas y empinadas que los bovinos o los caprinos (Luginbuhl et al., 1995).

Las diferencias en el comportamiento de alimentación entre los ovinos, los caprinos y los bovinos presentan una ventaja de adaptación única de cada especie para la utilización de diferentes alimentos disponibles en una unidad de producción.

Estas diferencias deben ser consideradas al determinar las mejores especies animales para utilizar un recurso de alimentación particular. El comportamiento alimenticio también es importante para determinar la conveniencia de uso de una sola especie o de varias especies de animales en pastoreo, que resultará en la mejor utilización de los materiales vegetales disponibles. La mayoría de los estudios indican que se logra una mayor producción y una mejor utilización de los pastizales cuando los ovinos y el ganado vacuno o el ganado vacuno y los caprinos se pastorean juntos, a diferencia del pastoreo de ovinos, caprinos o bovinos solos (Merrill y Taylor, 1981; Webb et al., 2007). Taylor (1985), también reportó que los vacunos ganaron más peso por cabeza cuando se pastorearon con caprinos y ovinos que cuando se pastorearon solos. du Toit (1972) en el Suroeste Africano, reportó que, en un matorral, el ganado presentó un mayor nivel de producción cuando pastoreaba en combinación con caprinos que cuando pastoreaba en conjunto con ovinos. De acuerdo a Rector (1983), los vacunos en una pradera natural de Texas, seleccionaron predominantemente gramíneas (70%), con menores cantidades de malezas de hoja ancha (5%), ramoneo (24%) y *Carex* spp. (1%). Los ovinos consumieron predominantemente gramíneas (52%), pero más malezas de hoja ancha (15%), ramoneo (31%) y *Carex* spp. (2%) que los vacunos. Por el contrario, los caprinos prefirieron el ramoneo (70%), las gramíneas (20%), y algunas malezas de hoja ancha (10%). En otros estudios, Malecheck y Provenza (1981) señalaron que los caprinos seleccionaron 60% de arbustos, 30% de gramíneas y 10% de malezas de hoja ancha, comparados con la selección hecha por los ovinos, la cual estuvo compuesta por 20% de arbustos, 50% de gramíneas y 30% de malezas de hoja ancha. Merrill y Taylor (1981) indicaron que, en Texas, la utilización de las praderas y la capacidad de carga fue mejorada 10 a 25% por un pastoreo combinado de caprinos, vacunos y ovinos, un claro indicador de que estas especies de ganado no solamente son compatibles, sino también complementarias. Taylor y Ralphs (1992) reportaron una reducción en las pérdidas de ganado por plantas tóxicas debido al co-pastoreo. Finalmente, los beneficios adicionales del pastoreo de multiespecies, puede incluir una disminución

de los problemas de parasitosis gastrointestinales cuando vacunos o equinos son pastoreados con caprinos o con ovinos (Hart, 2001).

### Sistemas silvopastoriles

Los pequeños rumiantes, especialmente los ovinos, se han integrado en una amplia variedad de sistemas silvopastoriles, entre ellos en plantaciones de caucho, palma aceitera, coco, huertos, maple azucareros y madera de alto valor (Orefice et al., 2017; Devendra, 2012). Por otro lado, se ha integrado el uso de vegetación de cobertura y una mezcla de árboles o arbustos forrajeros en fincas pequeñas para diversos propósitos, entre ellos servir como fuente de alimento para pequeños rumiantes. A este respecto, los árboles y arbustos de usos múltiples representan un gran potencial natural en muchas regiones del mundo, ya que existen cerca de 18000 especies de árboles y arbustos de leguminosas (Brewbaker et al., citado por Murgueitio, 1990). La mayor atención prestada al uso de los sistemas silvopastoriles está siendo impulsada por la necesidad de aumentar la eficiencia de las prácticas de producción ganadera de una manera sostenible que reduce la dependencia de los insumos externos al mismo tiempo que restaura las tierras degradadas, conserva la base de recursos y promueve la diversidad (Int'al. Symp. Silvopastoral Systems, 2001).

En estudios para caracterizar los sistemas de producción existentes en los trópicos, el conocimiento de los productores de las especies utilizadas para el ramoneo y para sistemas de corte y acarreo con animales en confinamiento es muy importante. Otro enfoque consiste en la observación directa de la preferencia de los animales ramoneando. Los resultados de dicha investigación participativa con el objetivo de incorporar árboles forrajeros en los sistemas de producción de ganado se han descrito en varios libros y boletines (Benavides, 1994; Vargas y Delgadillo, 1998; Murgueitio et al., 1999; Calle et al., 2001; Gómez et al., 2002). Este importante trabajo pionero ha sido realizado por CATIE en América Central, CIPAV en Colombia y otros países de América Latina por varios equipos de investigación con el objetivo de

identificar y caracterizar árboles de forraje nativos para su uso con pequeños rumiantes en sistemas de corte y acarreo. Toda la información de investigación (especies, producción de biomasa, composición química) se ha digitalizado y está disponible en línea en las bibliotecas del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y del Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). La mayor parte del énfasis en los sistemas silvopastoriles para el ganado y su contribución para mejorar el uso de los recursos de manera sostenible se ha dirigido a sistemas de producción de bovinos (Reyes et al., 2019). Sin embargo, Carvalho et al. (2017) recientemente evaluaron el crecimiento de cabras anglo-nubias bajo un sistema silvopastoril de pastos tropicales y leucaena (*Leucaena leucocephala*) en el estado de Piauí, Brasil. Similarmente, Rodríguez et al. (2013) reportaron ganancias de peso de caprinos en crecimiento que ramoneaban en sistemas silvopastoriles que incluían leucaena, totumo (*Crescentia cujete*) o guácimo (*Guazuma ulmifolia*) durante la temporada de lluvias en Cesar, Colombia.

Que yo sepa, CATIE es el único Centro donde se llevaron a cabo extensos experimentos con animales para determinar la respuesta de los animales en términos de ingestión, producción de leche y aumento de peso mediante la incorporación de árboles forrajeros en varias dietas. Los ejemplos de una larga lista de estudios de alimentación en establos realizados en el CATIE incluyeron cabras lecheras alimentadas con king grass (*Pennisetum purpureum*) y suplementadas con diferentes niveles de morera (*Morus* spp.) (López et al., 1993; Oviedo et al., 1994; Rojas y Benavides, 1994), clavelón (*Hibiscus rosa-sinensis*) (Mochiutti et al., 1995) o amapola (*Malvaviscus arboreus*) (López et al., 1993; Rojas y Benavides, 1994). Los estudios de crecimiento se realizaron con corderos alimentados con king grass y complementados con diferentes niveles de morera (Benavides, 1986), poró gigante (*Erythrina poeppigiana*) *ad libitum* y melaza, plátano verde (*Musa* spp.) o ñame (*Dioscorea alata*) como fuentes de energía (Benavides, 1983; Benavides y Pezo, 1986) y con cabritos en crecimiento alimentados con poró gigante, poró enano (*Erythrina berteroana*), madera negro (*Gliricidia sepium*) o hojas de banano y complementados con

bananas verdes desechadas (Benavides, 1983). Poró o dolichos lablab (*Lablab purpureus*) también se alimentaron a cabras lecheras secas para medir la ingestión y la ganancia diaria de peso (Esnaola y Benavides, 1983). Como resultado de estos esfuerzos, se desarrollaron módulos agroforestales dirigidos a pequeños y medianos productores de cabras para que sirvieran como guías técnicas para la transferencia de tecnología por parte de los agentes de extensión (Benavides et al., 1995).

La morera es un árbol forrajero que se ha estudiado ampliamente en muchas regiones del mundo debido a su rendimiento, palatabilidad y valor nutritivo (Benavides, 2002). El creciente interés en utilizar la morera para el ganado llevó a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) a organizar la conferencia electrónica "Morera para la producción animal" en el año 2000 (FAO, 2002). Las conclusiones del taller indicaron que se deberán realizar más estudios antes de incorporar la morera en los grandes sistemas de ramoneo silvopastoriles (Sánchez, 2002). Angeloni (2002) declaró que los árboles forrajeros deben considerarse plantas estratégicas para ser utilizadas solo durante las temporadas críticas. Luginbuhl et al. (2000) enfatizaron que la inclusión de especies de árboles forrajeros nativos o naturalizados como bancos de energía y/o energía podría contribuir a la productividad y eficiencia del sistema al suministrar los nutrientes requeridos durante el ciclo de producción cuando la demanda de animales en crecimiento o lactantes es crítica y la disponibilidad de forraje de calidad es escaso.

El desafío de incorporar el ganado en los sistemas silvopastoriles es que los forrajes herbáceos y los árboles forrajeros crecen a tasas desiguales y soportan diferentes intensidades de defoliación.

## Referencias

Angeloni A. Evolution of research on mulberry as cattle and sheep feed in central Italy. Proceedings of an electronic conference. En: Sanchez MD (Ed). Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper 147; 2002. p. 219-21.

- Benavides JE, Esquivel J, Lozano E. Módulos agroforestales con cabras para la producción de leche. Guía Técnica para Extensionistas. Serie Técnica. Manual Técnico No. 18. Turrialba, Costa Rica: CATIE; 1995. p.1-56.
- Benavides JE, Pezo D. Evaluación del crecimiento y del consumo de materia seca en corderos alimentados con follaje de Poró (*Erythrina poeppigiana*) ad lib., suplementados con diferentes fuentes de energía. En Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, cabras y ovejas, en el Proyecto de Sistemas de Producción Animal. Serie Técnica. Informe Técnico No. 67. Turrialba, Costa Rica: CATIE; 1986. p 43-7.
- Benavides JE. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Vol. II. Serie Técnica. Informe Técnico No. 236. Turrialba, Costa Rica: CATIE; 1994. p. 367-94.
- Benavides JE. Efecto de diferentes niveles de suplementación con follaje de morera (*Morus* spp.) sobre el crecimiento y consumo de corderos alimentados con pasto (*Pennisetum purpureum*). Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, cabras y ovejas. Proyecto Sistemas de Producción Animal. Serie Técnica. Informe Técnico No. 67. Turrialba, Costa Rica: CATIE; 1986. p 40-2.
- Benavides JE. Ganancia de peso y consumo de cabritos alimentados con distintos follajes de arboles tropicales suplementados con banano verde de desecho. Utilización de follaje de poro (*E. Poeppigiana*) en la alimentación de cabras bajo condiciones de trópico húmedo. Congreso de la Asociación Mexicana de Zootecnia y Técnicos en Caprinocultura. Mazatlán, México; 1983.
- Benavides JE. Utilization of mulberry in animal production systems. Annex 2. Proceedings of an electronic conference. En: Sanchez MD (Ed) Mulberry for Animal Production: FAO Animal Production and Health Paper 147. 2002. p. 291-328.
- Bryant FC, Kothmann MM, Merrill LB. Diets of sheep, Angora goats, Spanish goats and White-tail deer under excellent range conditions. J. Range Manage. 1979;23 (6): 412-7.
- Calle Z, Murgueito E, Calle N. Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria CIPAV. Cali. Colombia. 2002.
- Carvalho WF, Oliveira ME, Alves AA, Moura RL, Moura RMAS. Suplementação energética de caprinos em sistema silvopastoril formado por gramíneas tropicais e leucena. Rev. Ciênc. Agron. 2017;48(1):199-207.
- Chamblee DS, Green Jr JT. Production and Utilization of Pastures and Forages in North Carolina. North Carolina Agricultural Research Service. North Carolina State University. Technical Bulletin 305. 1995. p.169.
- Coblentz BE. Some range relationships of feral goats on Santa Catalina island, California. J. Range Manage. 1977; 30:415-19.
- Devendra, C. Agroforestry and silvopastoral systems potential to enhance food security and environmental sustainability in south east Asia. Open Access Scientific Reports . 2012;1(2):1-7.
- du Toit PF. The goat in a bush-grass community. Proc. Grassland Soc. South Africa. 1972;7:44-50.
- Esnaola MA, Benavides JE. Consumo de materia seca de Poró (*E. Poeppigiana*) y dolichos lablab (*Lablab purpureus*) por cabras secas estabuladas. Utilización de follaje de poro (*E. Poeppigiana*) en la alimentación de cabras bajo condiciones de trópico húmedo. 2do congreso de la Asociación Mexicana de Zootecnia y Técnicos en Caprinocultura; Mazatlan, México; 1983.
- FAO. Mulberry for animal production. In: Sanchez MD (Ed). Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper 147. 2002.
- Fedele V, Pizzillo M, Claps S, Morand-Fehr P, Rubino R. Grazing behavior and diet selection of goats on native pasture in Southern Italy. Small Rumin. Res. 1993; 11(4):305-22.
- García O, Gall C. Goats in the dry tropics. En: C. Gall (Ed.) Goat Production. Academic Press. London. 1981. p. 515-56.

- Gómez ME, Rodríguez L, Murgueitio E, Ríos CI, Méndez MR, Molina CH, Molina EY, Molina JP. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria CIPAV. Cali. Colombia; 2002.
- Hart SP. Recent perspectives in using goats for vegetation management in the USA. *J. Dairy Science (Suppl.)*. 2001; 84:E170-6.
- Hernández S, Benavides JE. Potencial forrajero de especies leñosas de los bosques secundarios de el Petén, Guatemala. *Agroforestría en Las Américas*. 1995;6:15-22.
- Hoffman RR. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*. 1989;78 (4):443-457.
- López GZ, Benavides JE, Kass M, Faustino J. Efecto de la suplementación con follaje de Amapola (*Malvaviscus arboreus*) sobre la producción de leche en cabras estabuladas. Seminario Centroamericano y del Caribe sobre agroforestría y rumiantes menores; Turrialba, Costa Rica: CATIE; 1993.
- Lu CD. Grazing behavior and diet selection of goats. *Small Ruminant Research*. 1988;1:205-16.
- Luginbuhl JM, Green Jr JT, Poore MH, Conrad AP. Use of goats to manage vegetation in cattle pastures in the Appalachian region of North Carolina. *Sheep Goat Res J*. 2000a;16:124-35.
- Luginbuhl JM, Green Jr JT, Mueller JP, Poore MP. Forage needs and grazing management for meat goats in the humid southeast. *ANS 00-604MG*. 2000.
- Luginbuhl JM, Green Jr JT, Poore MH, Mueller JP. Forage needs for meat goats and sheep. Chapter 20. In: Chamblee DS, Green Jr JT (Eds.) *Production and Utilization of Pastures and Forages in North Carolina*. North Carolina Agricultural Research Service Technical Bulletin 305; 1995.
- Luginbuhl JM, Harvey TE, Green Jr JT, Poore MH, Mueller JP. Use of goats as biological agents for the renovation of pastures in the Appalachian region of the United States. *Agrofor Sys*. 1998; 44:241-52.
- Luginbuhl JM, Pietrosevoli S. Utilización de caprinos para el control de vegetación indeseable – Use of goats to control undesirable vegetation. *Arch Latinoam Prod. Anim*. 2007;15:294-309.
- Malecheck JC, Provenza FD. Feeding behavior of goats on rangelands. En: Morand-Fehr P, Bourbouze A, Simiane M (Ed.) *Nutrition et Systèmes d’Alimentation de la Chèvre*. Tours, France: ITOVIC – INRA; 1981. p. 411-28.
- Merrill LB, Taylor CA. Diet selection, grazing habits, and the place of goats in range management. En: Gall C (Ed.) *Goat Production*. New York: New York Academic Press; 1981. p. 233-52.
- Mochiutti S, Torres M, Oviedo F, Vallejo M, Benavides JE. Suplementación de cabras lecheras con diferentes niveles de clavelón (*Hibiscus rosa-sinensis*). *Agroforestría en Las Américas*. 1995;2(5):12-8.
- Mueller JP, Green Jr JT, Poore MH, Pond KR. Control grazing. Chapter 4. En: Chamblee DS, Green Jr JT (Eds.) *Production and Utilization of Pastures and Forages in North Carolina*. North Carolina Agricultural Research Service Technical Bulletin 305. Raleigh, North Carolina: North Carolina State University; 1995.
- Murgueitio E, Méndez MR, Gómez ME. Agroforestría para la producción animal sostenible. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria CIPAV. Cali. Colombia; 1999.
- Murgueitio E. Los árboles forrajero como fuente de proteína. Convenio Ínter-institucional para la producción agropecuaria del Valle de río Cauca. CIPAV. Cali Colombia; 1990.
- Orefice J, Carroll J, Conroy D, Ketner L. Silvopasture practices and perspectives in the northeastern United States. *Agrofor Syst*. 2017;91:149-60.

- Oviedo FJ, Benavides JE, Vallejo M. Evaluación bioeconómica de un módulo agroforestal autosostenible con cabras lecheras en Turrialba, Costa Rica. En: Benavides JE (Ed) *Arboles y arbustos forrajeros en América Central*: CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1994;2. p. 601-30.
- Owens MK. Utilization patterns by Angora goats within the plant canopies of two Acacia shrubs. *J Range Mgt.* 1991; 44:456-61.
- Pietrosemoli S, Arenas F, Bermudez D, Peley O, Casanova A. Goat preference of five tropical legumes. *J Anim Sci.* 2005;(Suppl. 1):83:277.
- Rector BS. Diet selection and voluntary forage intake by cattle, sheep and goats grazing in different combinations [PhD. dissertation]. Texas A&M Univ. College Station; 1983.
- Reyes E, Peri P, Otte J, Arce E, Schneider F. Silvopastoral systems and their contribution to improved resource use and sustainable development goals: evidence from Latin America. Cali, Colombia: FAO, CIPAV and Agri Benchmark; 2019. p. 60.
- Rodríguez FG, Roncallo FB. Producción de forraje y respuesta de cabras en crecimiento en arreglos silvopastoriles basados en *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena leucocephala* y *Crescentia cujete*. *Corpoica Scien. Technol. Agropecu.* 2013;14(1):77-89.
- Rojas E, Benavides JE. Producción de leche de cabras alimentadas con pasto y suplementadas con altos niveles de *Morera* (*Morus* spp.). En: Benavides JE (Ed). *Arboles y arbustos forrajeros en América Central*. Turrialba, Costa Rica: CATIE; 1994. 2. p. 306-20.
- Sánchez MD. World distribution and utilization of mulberry and its potential for animal feeding. Proceedings of an electronic conference. En: Sanchez MD (Ed) *Mulberry for Animal Production*: FAO Animal Production and Health Paper 147; 2002.
- Silanikove N. Why goats raised on harsh environment perform better than other domesticated animals. *Options Méditerranéennes.* 1997; 34 (Serie A):185-94.
- Taylor CA, Ralphs MH. Reducing livestock losses from poisonous plants through grazing management. *J. Range Management.* 1992;45:9-12.
- Van Soest PJ. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd Ed. Cornell University Press, Syracuse, NY.1994.
- Vargas JE, Delgadillo OL. Plantas forrajeras utilizadas por campesinos para alimentar animales en el valle del Cauca. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria CIPAV. Cali. Colombia. 1998.
- Walker JW, Kronberg SL, Al-Rowaily SL, West NE. Comparison of sheep and goat preferences for leafy spurge. *J. Range Manage.* 1994; 47:429-34.
- Webb DM, Abaye AO, Teutsch CD, Scaglia G. Assessing the potential of co-grazing small ruminants with beef cattle to improve utilization of marginal pasturelands in Virginia. *Proc. American Forage and Grassland Council.* State College. Pennsylvania; 2007.
- Wilson PN. Studies of the browsing and reproductive behavior of the East African Dwarf goat. *E African Agric J.* 1957; 23:138-47.

PONENCIAS MAGISTRALES

# Nutrición y estacionalidad reproductiva en caprinos

Héctor Raymundo Vera Ávila\*

Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Querétaro, México

## Resumen

Se discute el efecto de los dos componentes del estado nutricional, consumo diario de alimento y reservas corporales de energía, sobre la expresión de la estacionalidad reproductiva en hembras y machos caprinos, así como el efecto de interacción entre condición nutricional y etapa del ciclo anual reproductivo sobre la respuesta ovulatoria a la bioestimulación con machos. Se concluye que los 2 componentes del estado nutricional tienen efecto sobre la expresión de la estacionalidad reproductiva; en la hembra el componente más importante es el asociado al consumo diario de alimento si se considera la duración de la etapa de anestro y en el macho es el asociado a las reservas corporales de energía si se considera la actividad endocrina testicular. La respuesta al efecto macho es influida por la interacción entre la condición nutricional de la hembra y la etapa del ciclo reproductivo anual por lo cual el efecto de las reservas corporales de energía se expresa solo durante la etapa de transición y el efecto de etapa del ciclo anual reproductivo solo en hembras con buenas reservas corporales de energía. Estos hallazgos pueden servir para el desarrollo de estrategias nutricionales que permitan mejorar la productividad en rebaños caprinos.

**Palabras clave:** Estado nutricional. Ciclo reproductivo anual. Cabra.

## Introducción

En los caprinos domésticos, la estacionalidad reproductiva representa una limitación biológica de especie a la productividad zootécnica y uno de los mayores retos en el desarrollo de estrategias de manejo reproductivo para los diferentes sistemas de producción.

En términos de evolución, la estacionalidad reproductiva se desarrolló como un mecanismo de adaptación a las fluctuaciones estacionales de clima y disponibilidad de alimento. Cuando estas fluctuaciones son muy marcadas, entonces la reproducción estacional es favorable pues asegura que el final de la gestación y la lactación ocurran durante la época de mejor disponibilidad de alimento y clima.

Debido a lo anterior, la estacionalidad reproductiva resulta una estrategia que se observa comúnmente en especies silvestres que se desarrollaron en latitudes lejanas al ecuador y/o altitudes elevadas, como es el caso del ancestro silvestre de la cabra doméstica, la *Capra aegragus*.

En el caso de la cabra doméstica y de otros animales de granja que provienen de especies silvestres con estacionalidad reproductiva, la domesticación y las condiciones de producción han hecho que esta estrategia de adaptación pierda

importancia y que su expresión se modifique. Aun así, en el caso de la cabra doméstica la mayoría de las razas siguen presentando un patrón de reproducción estacional heredado de sus ancestros, aunque no tan marcado como en la condición silvestre.

La estacionalidad reproductiva en las cabras depende en principio de la expresión de un “reloj biológico” el cual genera un ciclo anual reproductivo con etapas de actividad estral y anestro. Este reloj biológico es sincronizado con el ambiente exterior a partir de la señal fotoperiódica de cambio de días largos del verano a días cortos del otoño, para que la etapa de actividad estral se ubique durante el otoño y principios del invierno. Además de la señal fotoperiódica, existen señales no-fotoperiódicas que de manera secundaria modulan la expresión de la estacionalidad reproductiva, particularmente en lo que se refiere a la duración de sus etapas. La importancia de los reguladores no-fotoperiódicos parece ser mayor en genotipos de media a baja estacionalidad y en latitudes con una señal fotoperiódica débil (poca diferencia en duración del fotoperiodo a través del año), como es el caso de las latitudes tropicales y subtropicales.

En la actualidad no existe absoluta certeza en cuanto a cuáles son todas las señales no-fotoperiódicas relacionadas con la expresión de la estacionalidad reproductiva en cabras (Urrutia-Morales et al., 2016). Sin embargo, la estimulación socio-sexual entre animales del rebaño y su condición nutricional parecen ser las más importantes.

## Desarrollo temático

### ¿Qué es la condición nutricional?

La condición o estado nutricional de un animal está determinada en principio por la cantidad y calidad del alimento que consume día con día. Sin embargo, es necesario hacer algunas consideraciones con respecto a esto para tener una mejor idea de lo que es la condición nutricional en un sentido integral (Mora et al., 2007):

- El consumo de alimento puede sufrir variaciones importantes en calidad y cantidad entre días, sobre todo en los sistemas no intensivos de producción;

- Asociado con el consumo diario de alimento se generan señales fisiológicas muy dinámicas que sirven como indicadores metabólicos de corto plazo;

- El consumo de alimento permite el ingreso de energía al organismo y junto con el gasto energético determina el estado de las reservas corporales de energía, representadas por la grasa en el tejido adiposo (subcutáneo, muscular y visceral), la proteína de las masas musculares y el glucógeno en hígado y músculos;

- El estado de las reservas corporales de energía comprende un aspecto estático cuantitativo (altas, medias o bajas) y un aspecto dinámico relacionado con su variación (aumento o disminución);

- El balance entre el ingreso y gasto de energía o balance energético determina si las reservas corporales de energía se mantienen (balance neutro), aumentan (balance positivo) o disminuyen (balance negativo);

- En un animal joven hay un alto gasto energético para soportar el crecimiento, por lo que es poca la energía que se almacena en tejido adiposo aún en condiciones de buen consumo de alimento;

- Los componentes estático y dinámico de las reservas corporales de energía generan señales fisiológicas que sirven como indicadores metabólicos de mediano y corto plazo, respectivamente;

- En un sentido integral la condición nutricional corresponde a la relación dinámica entre el consumo diario de alimento y las reservas corporales de energía, asociado a las señales metabólicas que cada una genera;

- Las señales metabólicas asociadas a la condición nutricional se integran e interpretan en el organismo y a partir de esto se establece la regulación de diversas funciones, entre éstas la función reproductiva.

### Efecto de la condición nutricional sobre la estacionalidad reproductiva en la hembra

Se realizó un estudio para determinar el efecto de diferentes índices de masa corporal como indicador de reservas corporales de energía (IMC) y de restricciones repetidas de corto plazo en el consumo diario de alimento (CA), sobre la duración de la etapa de anestro estacional monitoreada a partir de la actividad ovulatoria (Estrada-Cortés et

al., 2009). El estudio se hizo en latitud subtropical y con un genotipo criollo encastado de Nubia, el cual se considera que es de media a baja estacionalidad reproductiva.

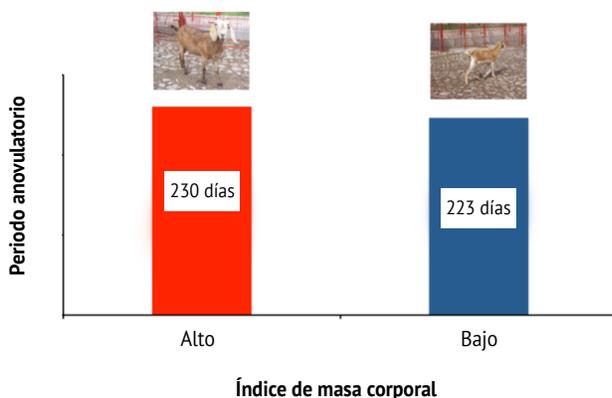
La hipótesis experimental que se planteó fue que:

- Las cabras con IMC alto tendrían una etapa de anestro más corta que las de IMC bajo;
- La restricción temporal repetida en el consumo diario de alimento solo afectaría a las cabras con IMC bajo, haciendo que alargaran aún más su etapa de anestro;

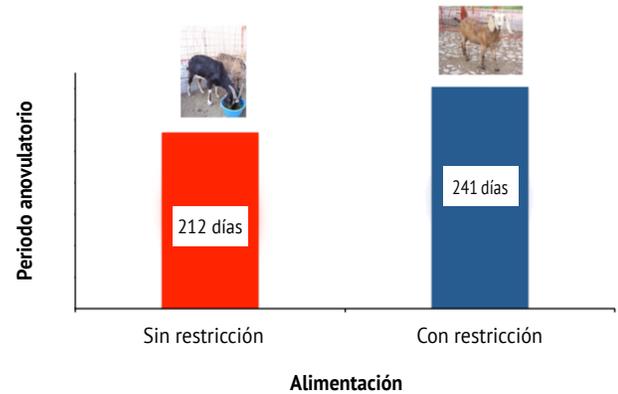
- Los efectos de la condición nutricional sobre la expresión de la estacionalidad reproductiva serían de magnitud suficiente como para explicar las diferencias en duración de la etapa de anestro observadas entre rebaños de cabras criollas en México (diferencia de hasta 4 meses, con duraciones de la etapa de anestro que van de 3 a 7 meses);

Los resultados del estudio fueron contrarios a la hipótesis planteada inicialmente, ya que:

- No hubo diferencia en duración de la etapa anovulatoria entre cabras de IMC alto, 11,3 puntos, e IMC bajo, 8,7 puntos (Figura 1);
- La restricción por 10 días en el consumo de alimento (40 % de restricción), repetida cada 21 días, prolongó la etapa anovulatoria por igual en cabras con IMC alto o IMC bajo (Figura 2);
- La diferencia en duración de la etapa anovulatoria entre cabras restringidas y no restringidas en el consumo de alimento fue de pocos días.



**Figura 1** - La duración de la etapa anovulatoria estacional fue similar en cabras con índice de masa corporal alto y bajo (a partir de Estrada-Cortés et al., 2009).



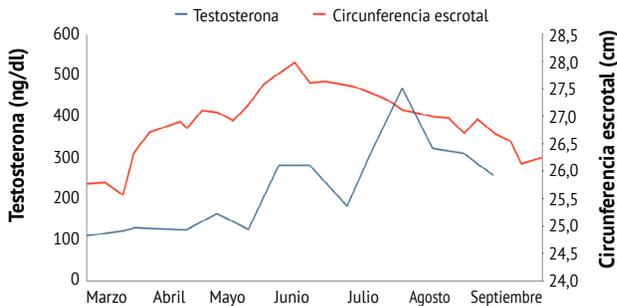
**Figura 2** - Restricciones temporales en el consumo de alimento alargaron por casi 30 días la etapa anovulatoria (a partir de Estrada et al., 2009).

Adicionalmente, se observó que la restricción temporal en el consumo de alimento influye en el número total de folículos ováricos antrales y el IMC en el tamaño del folículo mayor (Estrada-Cortés et al., 2009). A su vez y de manera similar a lo observado con la duración del anestro, se encontró que la restricción temporal en el consumo de alimento puede afectar la secreción de LH aún en cabras con IMC alto (Estrada-Cortés et al., 2015).

### Efecto de la condición nutricional sobre la estacionalidad reproductiva en el macho

El patrón estacional del macho caprino se expresa como un aumento y disminución cíclica anual en el tamaño testicular y en su actividad endocrina (Ritar, 1991). Estos cambios se presentan en forma secuencial: primero tiene lugar un incremento en el tamaño y volumen testicular y, posteriormente, aumenta la actividad endocrina, lo que eleva la producción y secreción de testosterona (Figura 3). El aumento en tamaño de los testículos se asocia con una mayor capacidad de producir espermatozoides, pero para que esta capacidad se exprese necesita como soporte el aumento en producción de testosterona. A nivel del aparato reproductivo el aumento en testosterona estimula una mayor espermatogénesis, asegura una buena maduración de los espermatozoides a nivel de epidídimo y mejora el funcionamiento de las glándulas accesorias sexuales que producen el

plasma seminal. Además, la testosterona estimula la libido y la actividad de las glándulas exocrinas asociadas con la emisión de feromonas y el olor característico del macho.



**Figura 3** - Cambios estacionales en el tamaño de los testículos (circunferencia escrotal) y en su actividad endocrina (testosterona en suero sanguíneo), observados en machos caprinos criollos bajo condiciones fotoperiódicas tropicales (a partir de Ariciaga-González et al., 2008).

La etapa de incremento en el tamaño y función testicular del macho culmina poco antes de que en las hembras se inicie la etapa de actividad estral. De esta manera, se logra que los machos estén al máximo de su capacidad reproductiva cuando las hembras comienzan su etapa fértil estacional favoreciendo la agrupación de las concepciones. Si bien es notoria la importante variabilidad en expresión de estacionalidad reproductiva de la hembra caprina esto se ha explorado muy poco en los machos. Sin embargo, es importante considerar que a través del aumento estacional en la libido (mayor búsqueda e interacción con las hembras) y en la emisión de feromonas, éstos pueden “bioestimular” a las hembras para que empiecen a presentar estros. Si la activación del macho ocurre de manera temprana dentro del ciclo anual reproductivo, esto podría adelantar a su vez la “activación” de las hembras, reduciendo el impacto negativo de la estacionalidad al ampliar la etapa de actividad estral.

Como seguimiento al estudio realizado con hembras, se llevó a cabo un estudio con machos, para establecer el grado de influencia que los cambios en la condición nutricional ejercen sobre el patrón reproductivo estacional (Ariciaga-González

et al., 2008). Se trabajó en una latitud tropical con machos caprinos criollos encastados de Nubia (genotipo de media a baja estacionalidad). Con estos machos se establecieron dos grupos en los que el plano nutricional base fue diferente (medio y bajo), promoviendo a su vez una diferencia en el índice de masa corporal (9,8 vs 9,1 puntos). En la mitad de los animales de cada grupo, se incrementó por 7 días el consumo diario de energía (+19 % de energía metabolizable sobre el plano nutricional base), repitiendo este incremento a intervalos de 21 días (siete días con y 14 días sin suplementación).

La hipótesis experimental que se planteó fue que:

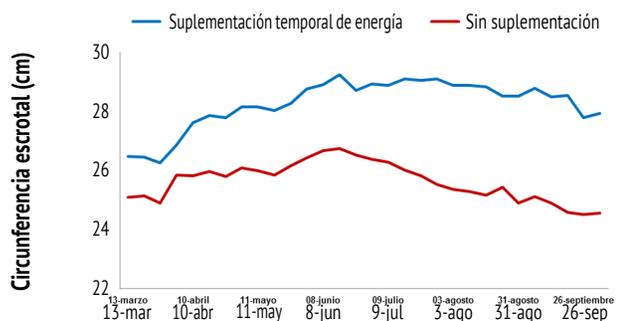
- El efecto de la condición nutricional sobre la expresión de la estacionalidad reproductiva en el macho sería mayor que lo observado anteriormente en la hembra;

- El componente importante sería el asociado al consumo diario de alimento, o en este caso de energía y no el relativo a las reservas corporales de esta última.

Los resultados del estudio indicaron que:

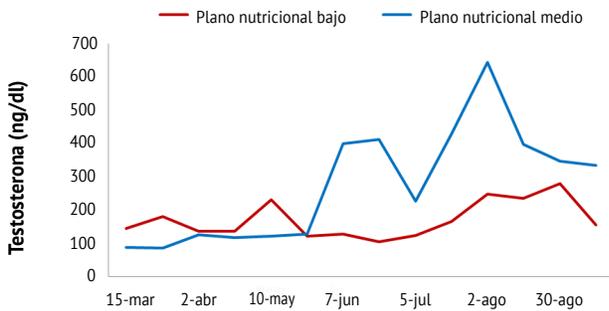
- Independientemente del nivel de IMC, el incremento temporal en el consumo diario de energía indujo un aumento en la magnitud de crecimiento testicular estacional y un retraso en la fase de regresión (Figura 4);

- La activación endocrina estacional de los testículos (concentraciones séricas de testosterona), se adelantó casi 50 días y fue de mayor magnitud en machos con mayor índice de masa corporal y más reservas corporales de energía (Figura 5).



**Figura 4** - La suplementación temporal de energía no adelantó la fase estacional de crecimiento testicular, pero sí aumentó su magnitud y retrasó la fase de regresión (a partir de Ariciaga-González et al., 2008).

Cabe resaltar que el efecto de la suplementación temporal de energía sobre el desarrollo testicular estacional tendría como consecuencia un aumento de la capacidad espermatogénica y que ésta se mantenga en un nivel alto por más tiempo, lo cual aumentaría a su vez la capacidad de servicio del macho.



**Figura 5** - El mayor índice de masa corporal asociado a un plano nutricional base medio adelantó casi por 50 días la activación endocrina testicular y la hizo de mayor magnitud (a partir de Ariciaga-González et al., 2008).

### Condición nutricional de la hembra y respuesta a la bioestimulación

Ya se mencionó que la estimulación socio sexual o bioestimulación está identificada como uno de los factores no fotoperiódicos que regulan la estacionalidad reproductiva en caprinos.

La bioestimulación que ejerce un macho sexualmente activo sobre la actividad estral y ovulatoria de la hembra durante las etapas de transición y anestro (efecto macho), es la que está mejor caracterizada. Se han observado efectos de la condición corporal de la hembra y de la etapa del ciclo reproductivo anual al momento de la bioestimulación sobre la respuesta al efecto macho (Chemineau, 1983; Mellado et al., 1994). Sin embargo, hasta hace poco no se había explorado la posible interacción entre estos factores por lo que en otro estudio probamos esa hipótesis (Vera-Avila et al., 2017). Los objetivos del estudio fueron:

- Determinar si el efecto de la condición nutricional en la hembra es diferente durante la

etapa de transición hacia el anestro comparada con la de anestro;

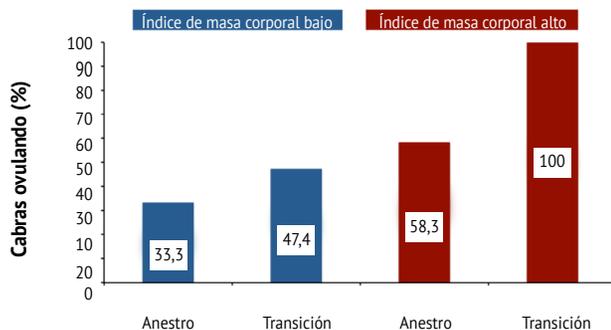
- Establecer qué tanto persiste la actividad ovulatoria después de los primeros estros inducidos con la bioestimulación y si esto es diferente entre etapas de transición y de anestro;

El estudio se realizó en una latitud tropical utilizando cabras Criollas encastadas de Nubia que presentaban índice de masa corporal alto o bajo y estaban en condición anovulatoria. La mitad de las cabras de cada grupo de IMC se sometió a bioestimulación con machos sexualmente activos durante la etapa de anestro (mayo) y la otra mitad durante la transición hacia la etapa de actividad estral (julio) dentro del ciclo anual reproductivo.

En resumen, los resultados obtenidos considerando la presentación de ovulaciones potencialmente fértiles como respuesta (ovulaciones con manifestación de estro y formación posterior de un cuerpo lúteo de duración normal) fueron:

- Se observó una interacción entre estado nutricional y etapa del ciclo anual reproductivo de tal manera que el efecto de etapa fue más evidente en las cabras de IMC alto y el efecto de IMC fue más evidente durante la etapa de transición (Figura 6);

- La persistencia de la actividad ovulatoria después de la primera ovulación potencialmente fértil fue baja (33,3 %) y prácticamente de la misma magnitud en la etapa de transición y de anestro o para cabras con IMC alto y bajo.



**Figura 6** - La diferencia en la respuesta al efecto macho entre la etapa de transición y de anestro es más notoria en cabras con índice de masa corporal (IMC) alto y la diferencia entre cabras con IMC alto o bajo es más notoria durante la etapa de transición (a partir de Vera-Avila et al., 2017).

## Conclusión

Los resultados de los estudios referidos indican que los dos componentes del estado nutricional, consumo diario de alimento y reservas corporales de energía, tienen efecto sobre la expresión de la estacionalidad reproductiva en los caprinos.

En la hembra el componente más importante es el asociado al consumo diario de alimento si se considera la duración de la etapa de anestro, mientras que en el macho es el asociado a las reservas corporales de energía si se considera la actividad endocrina testicular. En el macho, el consumo diario de alimento a su vez puede influir en el ciclo anual de cambios en el tamaño testicular.

Asimismo, que la respuesta al efecto macho es influida por la interacción entre la condición nutricional de la hembra y la etapa del ciclo reproductivo anual; el efecto de reservas corporales de energía es notorio solo durante la etapa de transición y el efecto de etapa del ciclo anual reproductivo es notorio solo en hembras con buenas reservas corporales de energía.

Estos hallazgos pueden servir como base para establecer estrategias nutricionales que permitan disminuir el efecto negativo de la estacionalidad reproductiva sobre la eficiencia productiva en rebaños caprinos.

## Referencias

Ariciaga-González C, Vera-Avila HR, Jimenez-Severiano H, Mejía-Guadarrama CA, González-Padilla E, Villagómez-Amezcuca E. Expression of reproductive seasonality in Creole bucks under different nutritional conditions. 9th International Conference on Goats - XXIII Reunión Nacional sobre Caprinocultura; 31 ago - 4 sep 2008; Querétaro, México. Ciudad de México: IGA, UNAM; 2008.

Chemineau P. Effect on oestrus and ovulation of exposing creole goats to the male at tree times of the year. *J Reprod Fertil.* 1983;67(1):65-72.

Estrada-Cortés E, Vera-Avila HR, Urrutia-Morales J, Villagómez-Amezcuca E, Espinosa-Martínez MA, Jiménez-Severiano H, Mejía-Guadarrama CA, et al. Nutritional status influences reproductive seasonality in Creole goats: 1. Ovarian activity during seasonal reproductive transitions. *Anim Reprod Sci.* 2009;116(3-4):282-90.

Estrada-Cortés E, Urrutia-Morales J, Villagómez-Amezcuca ME, Espinosa-Martínez M, Jiménez-Severiano H, Cárdenas-León M, et al. Concentraciones séricas de LH durante los periodos de transición reproductiva estacional en cabras Criollas x Nubia con diferente condición nutricional. *Rev Mex de Cienc Pecuarias.* 2015;6(2):137-52.

Mellado M, Vera A, Loera H. Reproductive performance of crossbred goat in good or poor body condition exposed to bucks before breeding. *Small Rumin Res.* 1994;14(1):45-8.

Mora O, Vera-Ávila H, Shimada A. Mecanismos celulares y endocrinos afectados por la subnutrición en pequeños rumiantes. *Cienc Vet.* 2007;10:107-35.

Ritar AJ. Seasonal changes in LH, androgenes and testes in the male Angora goat. *Theriogenology.* 1991;36(6):959-72.

Urrutia-Morales J, Rosales-Nieto CA, Vera-Ávila HR, Villagomez-Amezcuca E. Resumption of ovarian activity is modified by non-photoperiodic environmental cues in Criollo goats in tropical latitudes. *Small Rumin Res.* 2016;137:9-16.

Vera-Ávila HR, Urrutia-Morales J, Espinosa-Martínez MA, Gamez-Vazquez HG, Jimenez-Severiano H, Villagomez-Amezcuca E. Body condition and stage of seasonal anestrus interact to determine the ovulatory response after male biostimulation in anovulatory Criollo x Nubian female goats. *Anim Sci J.* 2016;88(6):841-6.

## PONENCIAS MAGISTRALES

# Programa de valorización de la cabra Criolla Negra, un recurso zoogenético en peligro

Juan Carlos Silva-Jarquín<sup>1</sup>, Héctor Mario Andrade-Montemayor<sup>2\*</sup>, Florencia Muñoz-Salinas<sup>3</sup>, Isaac Escalante-Hernández<sup>3</sup>, Héctor Raymundo Vera-Ávila<sup>2</sup>, Marina Durán-Aguilar<sup>2</sup>, Sergio Iván Román-Ponce<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Doctorado en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Querétaro, México

<sup>2</sup> Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Querétaro, México

<sup>3</sup> Maestría en Salud y Producción Animal Sustentable, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Querétaro, México

<sup>4</sup> Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal (INIFAP), Querétaro, México

## Resumen

En los últimos años, tras la aparición del concepto “raza” se generó una gran presión en los procesos de selección. Sin embargo, en este afán de mejorar, se logró incrementar la producción pero se descuidó la preservación de la diversidad genética global. Dichos cambios ocasionaron una gran presión económica en los productores locales y una reducción en las poblaciones de ganado criollo. Actualmente se sabe que estas poblaciones representan un gran reservorio genético y se hacen esfuerzos por caracterizar y conservar estos recursos de incalculable valor. El programa de valorización y recuperación de la cabra criolla negra en el Bajío pretende caracterizar, mantener y rescatar lo que desde hace más de 500 años ha sido la base de nuestra caprinocultura, siendo también un elemento clave en sistemas de producción rústicos en donde la caprinocultura representa la entrada principal de la economía familiar. En el presente documento se describen algunos de los avances y resultados de

investigaciones que se han tenido a la fecha en relación a aspectos genéticos, productivos y reproductivos de la cabra Criolla Negra.

**Palabras clave:** Caracterización. Zoogenético. Cabra Criolla Negra.

## Introducción

Partiendo desde un punto de vista histórico, desde hace 10 mil años el ganado caprino ha estado en relación con el hombre. Durante este tiempo ha sido participe en migraciones humanas y en actividades de comercio e intercambio, lo cual explica su resistencia al medio, su gran capacidad de

adaptación y las más de 300 razas que existen en la actualidad (Luikart et al., 2001; Naderi et al., 2007).

Sin embargo, fue a finales del siglo XV durante el segundo viaje de Cristóbal Colón cuando las cabras llegaron al continente americano. Se cree que las primeras cabras traídas de España provenían de Granada, Murcia y Málaga, y que pertenecían a las razas Blanca Celtibérica o Serrana y Castellana de Extremadura (Mellado, 1997). Con el brote de fiebre aftosa en 1946 se cierran las fronteras para la importación y exportación de ganado, restringiendo la entrada de ganado europeo principalmente. En 1955 se reactiva la importación pero ahora la introducción de ganado se da principalmente de Estados Unidos, lo que poco a poco fue ocasionando el desplazamiento de poblaciones criollas por razas especializadas carentes de adaptación a las condiciones del agostadero mexicano. A pesar de esta y otras situaciones, aún existen poblaciones criollas como la cabra Pastoreña en la región mixteca y la cabra Criolla Negra en la región centro del país, ambas poblaciones que de forma urgente necesitan ser valorizadas y rescatadas, ya que los recursos genéticos animales se han convertido en una prioridad, además representan un importante reservorio de diversidad genética (FAO, 2010).

## Desarrollo temático

### Importancia de los recursos zoogenéticos

Al hablar de recursos zoogenéticos nos referimos a todo aquel material de origen animal que representa un acervo genético de valor real o potencial para hacer frente a los retos de la humanidad (cambio climático, incremento de la población mundial, demanda de alimentos, etc.) y por lo tanto necesita preservarse para futuras generaciones. En los últimos años, tras la aparición del concepto “Raza” las presiones de selección se hicieron mucho más fuertes, seguido de la normalización de la morfología y el rendimiento, por lo tanto todos los animales de la misma raza comenzaron a exhibir las mismas características fenotípicas (Taberlet et al., 2011, 2008).

Hace algunas décadas las presiones de selección se incrementaron de nuevo y la eficiencia de los

métodos modernos de selección aumentó con éxito la producción pero descuidó la preservación de la diversidad genética global, lo cual ocasionó una pérdida dramática de la variabilidad genética. Con el desarrollo de las razas especializadas llegó una gran presión económica sobre los productores que orilló a muchos abandonar sus razas locales, de las cuales muchas de ellas se han extinguido (Taberlet et al., 2008). Tal es el impacto provocado, que hoy en día dependemos de aproximadamente 40 especies de animales domésticos y de estas solo 15 especies son responsables del 90% de la producción animal (Luque y Cardellino, 2007).

De acuerdo con la FAO (FAO, 2010) los recursos genético animales para la alimentación y la agricultura son una parte esencial de la base biológica para la seguridad alimentaria a escala mundial, millones de hogares rurales en el mundo, mantienen ganado y, a menudo, dependen únicamente de sus animales para la provisión de productos y servicios. Por lo tanto, la caracterización fenotípica y genotípica de los recursos pecuarios criollos o nativos es fundamental para la definición de estrategias de conservación y utilización sostenible.

### La cabra Criolla Negra como recurso zoogenético

Actualmente son más de 500 años el tiempo de adaptación que ha sufrido el ganado caprino criollo a los ecosistemas locales y a los sistemas de producción de nuestro país. Sin embargo, en las últimas décadas, debido a las presiones de selección, el incremento en las importaciones animales y la influencia de razas especializadas se ha ocasionado una pérdida dramática de la variabilidad genética en poblaciones locales llevando a gran parte del ganado local al borde de la extinción, incluso antes de ser definido, estudiado y/o catalogado.

Un ejemplo de estas poblaciones que están siendo desplazadas y que representan una oportunidad como recurso zoogenético es la cabra Criolla Negra, una cabra bien adaptada y con elevada rusticidad que se distribuye principalmente en la región centro del país. Al principio era considerada como raza granadina por su similitud morfológica y por su origen, sin embargo el tiempo que existe desde

su llegada al territorio nacional la separa de esta raza. Es un animal enfocado principalmente a la producción de leche, la cual se sabe es de buena calidad, con un mayor contenido de sólidos totales y un excelente rendimiento quesero (Montaldo et al., 1981, 1995; Montaldo y Meza-Herrera, 1999). La cabra criolla negra durante muchos años ha representado la fuente de subsistencia para algunas familias de escasos recursos en la región del semidesierto. A pesar de la importancia de este ganado y del potencial que representa como recurso zoogenético, hasta hace poco se desconocía el estado genético de la población. La información con la que se cuenta y sobre todo las características genéticas de la raza son muy limitadas. Además, las importaciones de animales de razas especializadas han incrementado y se han realizado cruzamientos de forma indiscriminada, poniendo en juego el estado de la población, al grado que pudiera perderse este material genético (Montaldo et al., 2010).

### Programa de recuperación y valorización de la cabra Criolla Negra

El proyecto parte de la conceptualización a la que refiere la conservación y manejo de los recursos genéticos caprinos y de la importancia que estos representan al contar con características muy específicas, como su elevada rusticidad y adaptación a condiciones extremas. El estudio de la cabra criolla negra en el bajío nos coloca en el marco de una necesidad por mantener y rescatar lo que desde hace más de 500 años ha sido la base de nuestra caprinocultura y que sin duda, es el elemento clave en sistemas de producción rústicos en donde la caprinocultura representa la entrada principal de la economía familiar, a decir de los productores el ganado caprino Criollo Negro es el punto de partida cuando se trata de resiliencia y rusticidad.

### Caracterización morfométrica de la cabra Criolla Negra

Respecto al análisis morfométrico de la cabra Criolla Negra (CCN) al momento se han incluido más de 200 animales mayores a un año de edad distribuidos en 8 localidades: La norita y El zapote

viejo, pertenecientes al estado de Guanajuato; Venado, Amazcala, Tlacote el alto, Tlacote el bajo, El Zapote y Mompaní, pertenecientes al estado de Querétaro. Los animales fueron medidos y fotografiados (vista anterior, posterior, lateral izquierda y lateral derecha) para generar un respaldo de la información recabada. En la Tabla 1 se muestran los promedios de las variables analizadas.

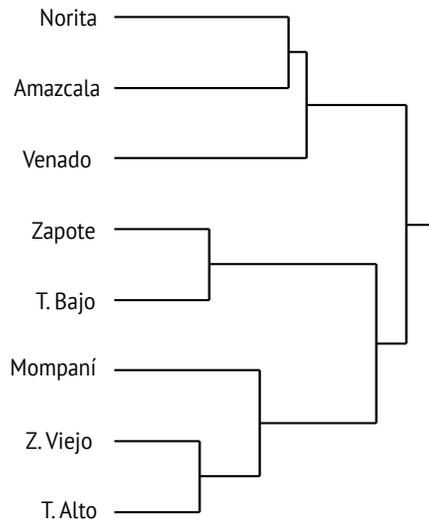
Se puede observar que la mayor variación que existe es en el diámetro bicostal (DB). Respecto a estos resultados, algunos autores refieren que los factores que influyen sobre las medidas de cada individuo son los relacionados al sistema de producción, la disponibilidad de forrajes, el desarrollo, la edad, el número de partos, el estado nutricional, etc. (Dudhe et al., 2015).

**Tabla 1** - Estadísticas descriptivas de las variables morfométricas utilizadas en Cabras Criollas Negras mayores de un año de edad (n = 226) (Datos por publicar)

Variable	Media	DS	CV	MIN	MAX
ACF	11,56	0,98	8,50	9,50	18,00
LCF	15,66	1,40	8,96	11,00	20,50
LR	12,74	1,45	11,38	9,00	19,50
ACR	70,12	4,31	6,14	57,00	88,00
PT	84,07	7,36	8,76	56,00	106,00
DL	71,20	6,11	8,59	52,00	87,00
DB	21,88	5,10	23,32	15,60	41,00
DD	30,31	2,63	8,69	24,00	38,00
DE	16,86	1,53	9,07	13,00	24,00
LG	18,81	2,04	10,85	13,00	27,00
AG	15,61	1,40	8,95	12,50	21,00
AEA	17,17	1,79	10,43	12,20	23,00
AP	70,54	3,77	5,34	61,00	86,00
PC	8,49	0,68	8,06	6,20	11,00

Nota: DS = desviación estándar; CV = coeficiente de variación; MIN = valor mínimo; MAX = valor máximo; ACF = anchura de cabeza; LCF = longitud de cabeza; LR = longitud de cara; ACR = alzada a la cruz; PT = perímetro torácico; DL = diámetro longitudinal; DB = diámetro bicostal; DD = diámetro dorso-esternal; DE = distancia entre encuentros; LG = longitud de la grupa; AG = anchura de la grupa; AEA = anchura entre ancas; AP = alzada a las palomillas; PC = perímetro de caña.

Utilizando las variables morfométricas antes mencionadas, se realizó el análisis jerárquico de conglomerados por el método de Ward utilizando los promedios de las variables por localidad para construir un dendograma y evaluar las distancias. El dendograma obtenido (Figura 1) agrupó las ocho localidades incluidas en el estudio en tres grupos principales que coinciden con el lugar de procedencia de los animales. El primer grupo incluyó las localidades de Norita, Amazcala y Venado, mientras que las localidades de Zapote y Tlacote el Bajo formaron el segundo grupo, que ha decir de los productores, son estas dos localidades las que han sido pioneras en la producción de cabra Criolla Negra, manteniendo en sus rebaños animales fundadores derivados de los primeros rebaños llegados al estado de Querétaro. El grupo tres (Mompaní, Zapote Viejo y Tlacote el Alto) se generó debido a las similitudes entre los animales de estas localidades, debido a que estos rebaños en un inicio fueron resultado de una mezcla de las poblaciones del grupo dos.



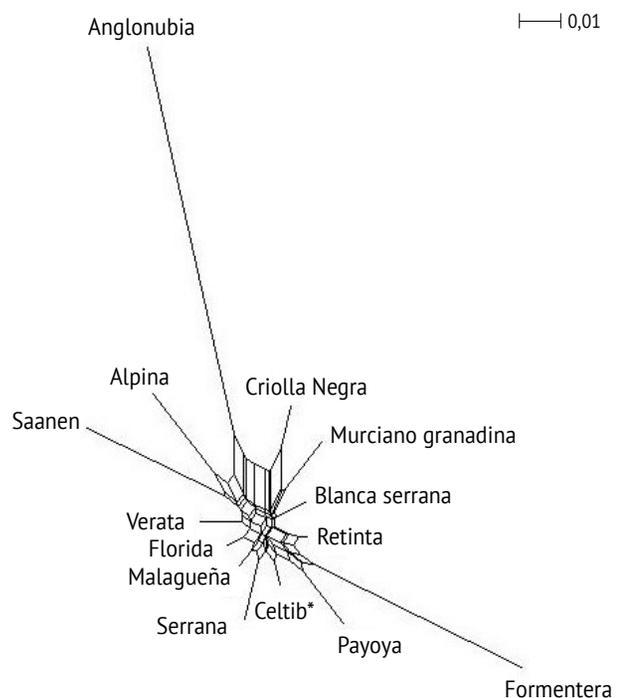
**Figura 1** - endograma por localidad (Datos por publicar).

### Caracterización genotípica de la cabra Criolla Negra

La parte de caracterización genética se ha trabajado en colaboración con el Laboratorio

de mejora y conservación de recursos genéticos animales de la Universidad de Córdoba, España. Para esto se colectaron muestras de pelo de animales adultos (mayores a un año de edad), se realizó la extracción de ADN y finalmente se llevó a cabo la caracterización utilizando un panel de 30 marcadores microsátélites (FAO, 2011).

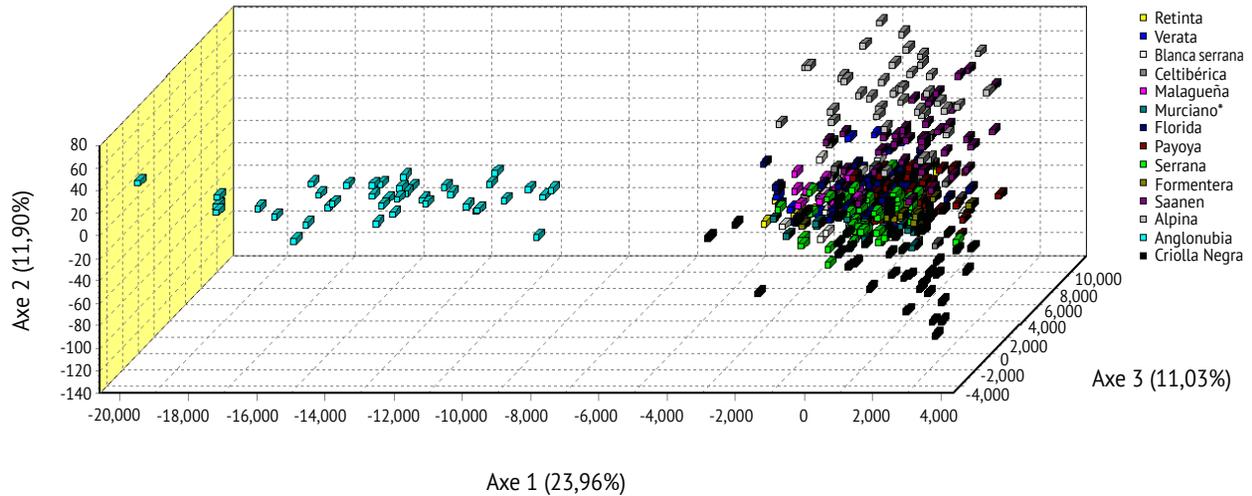
En la Figura 2 se muestra que las razas caprinas españolas incluidas en el análisis (Retinta, Verata, Blanca Serrana, Celtibérica, Malagueña, Murciano-Granadina, Florida, Payoya, Serrana, Formentera), se mantienen agrupadas debido a la estrecha relación genética y geográfica que guardan estas razas. Al igual que las razas españolas, las razas "mejoradas" (Saanen, Alpina y Anglonubia) también se visualizaron agrupadas, dicho efecto puede atribuirse a una mayor distancia genética con las razas comparadas y no precisamente a relaciones de origen o parentesco. Sin embargo, las estimaciones obtenidas también muestran que la distancia más corta para la CCN se encuentra en relación con la raza Murciano-Granadina, lo que sugiere la posible relación genética entre ambas razas.



**Figura 2** - Dendograma Neighbor-Net construido con la distancia genética de Reynolds entre 14 razas caprinas (Silva-Jarquin, 2018). \* Celtibérica.

En la Figura 3 se observa algo similar al dendrograma antes descrito. Las distancias genéticas de la CCN con respecto a las otras razas incluidas en el estudio indican que esta población se encuentra claramente diferenciada de las anteriores, motivo

por el cual la población CCN puede ser considerada como una raza mexicana única. La reducida distancia obtenida entre MG y CCN sugiere que ambas poblaciones mantienen un ancestro en común, muy seguramente la raza Granadina.



**Figura 3** - Análisis factorial de correspondencia por individuos de cada población (Silva-Jarquín, 2018). \* Murciano granadina.

### Caracterización productiva de la cabra Criolla Negra

Actualmente el campus Amazcala de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro mantiene en sus instalaciones un rebaño de cabras Criolla Negra. Este rebaño ha permitido generar condiciones más controladas para realizar algunas evaluaciones sobre los animales y su producción. En la Tabla 2 se muestra la producción de leche promedio de la cabra Criolla Negra comparada con la raza Nubia y Alpino Francés mantenidas bajo el mismo sistema de producción. Se puede observar que la cabra Criolla Negra presenta el menor volumen, sin embargo hay que recordar que estos animales han pasado por muchos años sin una selección dirigida como se ha hecho en otras razas como la Alpina y la Nubia. Sin embargo esto nos otorga una visión más amplia si se analiza desde la perspectiva que la cabra criolla pueden llegar a 2,5 Litros por día sin ningún problema.

Respecto al volumen de leche hemos observado que la CCN se mantiene debajo de la Alpina y

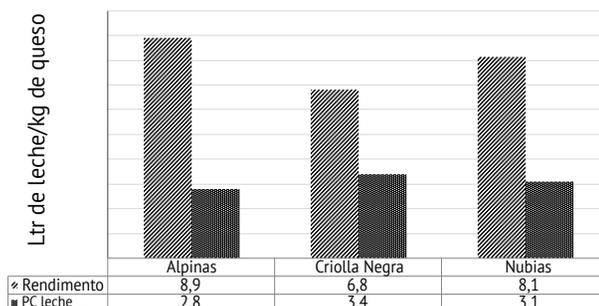
Nubia, sin embargo no todo es volumen, uno de los elementos que más interesan al productor caprino es el rendimiento de leche por kilogramo de queso, donde se ha observado que la CCN tiene ventaja sobre la Alpina y Nubia. Este rendimiento observado va de la mano con el contenido de proteína cruda que contiene la leche (Figura 4).

**Tabla 2** - Producción de leche por día, valores máximos y mínimos obtenidos en razas Alpino Francés, Nubia y Criolla (Andrade-Montemayor, 2017)

Raza	Producción de leche (ltr/d)	Mínimo	Máximo
Nubia	1,8	0,9	3
Alpino Francés	2,8	2	4,5
Criollo	1,4	0,5	2,4

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos del análisis general de la leche de CCN, Alpina y Nubia en comparación con la leche de vaca Holstein. La leche de la CCN presenta un porcentaje

superior de grasa, lactosa y proteína respecto a la raza Alpino Francés y Nubia, además es también superior a la leche de vaca. Es importante mencionar que la composición de la leche puede variar de acuerdo al genotipo, individualidad, la etapa de lactancia, alimentación, sanidad, zona geográfica, etcétera. Los valores de grasa, proteína y lactosa obtenidos para la cabra criolla son similares a los reportados por otros autores para la raza Murciano-Granadina, siendo esta el origen de la cabra Criolla Negra; grasa de 4,5 a 6,6% y proteína de 3,5 a 3,6 (Juárez et al., 1999).



**Figura 4** - Rendimiento quesero de acuerdo al contenido de proteína en la leche por raza (ltr/kg) (Andrade-Montemayor et al., 2017).

**Tabla 3** - Análisis general de leche de cabra de las diferentes razas Criollo, Alpino Francés, Nubio, comparada con la leche de vaca Holstein (Muñoz-Salinas, 2016)

Parámetro	Criollo	Alpino Francés	Nubio	Vaca (Holstein)
<b>g/100 g de Leche</b>				
Grasa	5,09 ± 0,02	3,30 ± 0,02	4,21 ± 0,07	4,80 ± 0,03
Lactosa	5,26 ± 0,01	4,18 ± 0,01	4,86 ± 0,02	4,79 ± 0,01
Proteína	3,63 ± 0,01	2,91 ± 0,01	3,37 ± 0,02	3,20 ± 0,01
Densidad	29,27 ± 0,03	23,63 ± 0,04	27,14 ± 0,11	29,34 ± 0,07
Sólidos no grasos	9,69 ± 0,01	7,72 ± 0,02	8,96 ± 0,04	9,6 ± 0,02
Sólidos Totales	14,78 ± 0,01	11,02 ± 0,02	13,17 ± 0,06	14,4 ± 0,02

**Tabla 4** - Perfil proteínico de leche de cabra por raza comparada con leche de vaca Holstein. Los resultados se expresan en porcentaje de acuerdo a la intensidad de la banda expresada en megapíxeles (Muñoz-Salinas, 2016)

Proteína	Criollo	Alpino Francés	Nubio	Vaca (Holstein)	E.E
Lactoferrina	1,88 ± 0,97 <sup>a</sup>	2,21 ± 0,74 <sup>a</sup>	2,04 ± 0,74 <sup>a</sup>	5,72 ± 0,46 <sup>b</sup>	0,24
Albúmina	4,48 ± 0,64 <sup>ab</sup>	4,07 ± 1,24 <sup>a</sup>	5,28 ± 0,91 <sup>b</sup>	7,31 ± 1,01 <sup>d</sup>	0,31
Inmunoglobulina	2,01 ± 1,46 <sup>a</sup>	2,20 ± 0,88 <sup>a</sup>	1,87 ± 0,64 <sup>a</sup>	6,65 ± 0,43 <sup>b</sup>	0,30
α-caseína	16,28 ± 2,06 <sup>a</sup>	17,71 ± 1,81 <sup>a</sup>	16,09 ± 1,77 <sup>a</sup>	33,14 ± 1,96 <sup>b</sup>	0,60
β-caseína	34,25 ± 3,27 <sup>a</sup>	30,54 ± 2,77 <sup>b</sup>	30,87 ± 4,01 <sup>b</sup>	15,65 ± 1,76 <sup>d</sup>	0,97
κ-caseína	9,98 ± 2,81 <sup>a</sup>	11,73 ± 2,32 <sup>ab</sup>	14,46 ± 3,41 <sup>b</sup>	3,88 ± 1,18 <sup>d</sup>	0,81
β-lactoglobulina	13,44 ± 2,92 <sup>a</sup>	9,79 ± 2,49 <sup>b</sup>	13,66 ± 2,17 <sup>ab</sup>	16,42 ± 1,63 <sup>d</sup>	0,74
α-lactoalbúmina	7,72 ± 2,20 <sup>b</sup>	10,33 ± 3,48 <sup>ab</sup>	10,10 ± 2,30 <sup>ab</sup>	11,27 ± 1,13 <sup>c</sup>	0,77
Proteínas del suero	38,55%	40,02%	39,47%	47,37%	
Caseínas	61,42%	59,98%	60,51%	52,67%	

Nota: Se representa la media ± D.E n = 10 animales por raza y por especie. Donde a, b, c, d, indican que existe diferencia significativa entre raza y especie (p < 0,05). E.E es igual al error estándar de la media.

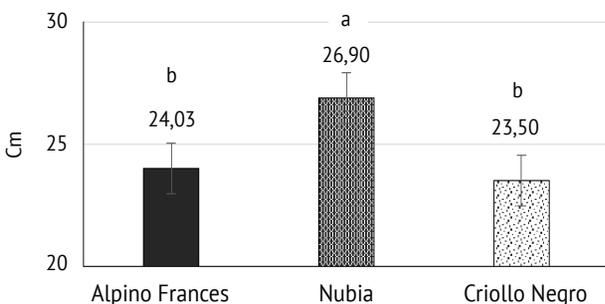
La leche de cabra tiene seis principales proteínas,  $\beta$ -lactoglobulina,  $\alpha$ -lactoalbúmina, K-caseína,  $\beta$ -caseína,  $\alpha_{s1}$ -caseína,  $\alpha_{s2}$ -caseína. En la Tabla 4 se muestra la comparación del perfil proteico de leche de diferentes razas de cabras comparadas con leche de vaca Holstein.

Con respecto a la CCN, se observa que presenta un mayor contenido de  $\beta$ -caseína. Si tomamos en cuenta la ausencia relativa de  $\alpha_{s1}$ -caseína y la proporción de  $\beta$ -caseína hace que la leche de cabra presente un parecido cercano a la leche humana. Además la  $\beta$ -caseína tiene un impacto importante en la estructura y diferencias nutricionales entre leche de cabra y vaca.

### Caracterización de la actividad reproductiva de machos caprinos de tipo Criollo Negro

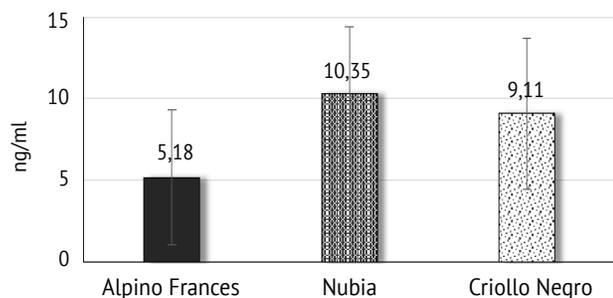
El objetivo fue comparar el patrón de actividad reproductiva estacional entre machos caprinos de raza Alpino Francés, Nubia y Criollo Negro. Las mediciones se realizaron a partir de enero del 2015 a febrero del 2016 en el campus Amazcala de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro. Se monitoreó la circunferencia escrotal, testosterona plasmática, volumen seminal y concentración espermática en machos caprinos sexualmente maduros, con edades entre 1,5 - 4 años.

La circunferencia escrotal (CE) tendió a ser influenciada por la Raza ( $p = 0,08$ ). La raza Nubia fue la que en general presentó la mayor CE mientras las razas Alpino Francés y Criollo Negro fueron similares en esta variable (Figura 5).

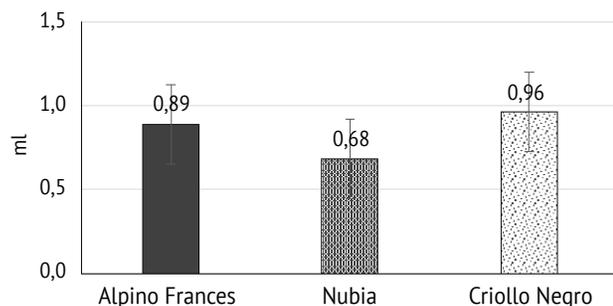


**Figura 5** - Medias de mínimos cuadrados de la circunferencia escrotal en machos caprinos de diferentes razas (Escalante-Hernández, 2016)

La testosterona plasmática fue influenciada por el tiempo ( $p = 0,05$ ) mas no por la raza (Figura 6). Las concentraciones plasmáticas de testosterona presentaron variaciones a través del periodo experimental similares a las observadas en la circunferencia escrotal. Estos resultados son de gran importancia cuando hacemos referencia a que la actividad espermatogénica está mediada por la secreción de las hormonas LH y FSH, al igual que la síntesis y secreción de testosterona, por lo tanto la calidad de los eyaculados está ligada a la curva de testosterona.



**Figura 6** - Medias de mínimos cuadrados de testosterona plasmática en machos caprinos de diferentes razas (Escalante-Hernández, 2016).

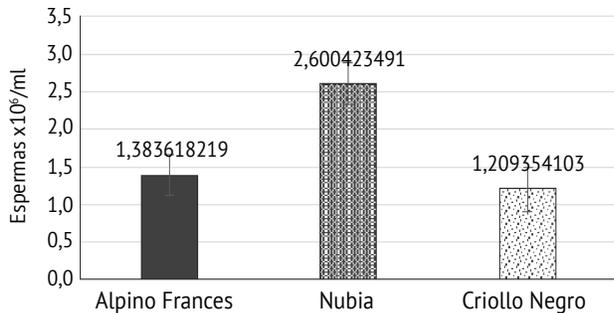


**Figura 7** - Volumen seminal en tres razas de caprinos: Alpino Francés, Nubia y Criollo Negro (Escalante-Hernández, 2016).

El efecto de raza no influyó en el volumen seminal (Figura 7), sin embargo se observa un efecto cuando se trata de la concentración, donde la raza Nubia presentó la mayor cantidad de espermatozoides por eyaculado (Figura 8).

Referente a la concentración espermática, su patrón de cambio a través del periodo experimental

no fue tan lineal como para las otras variables. Sin embargo, a partir de mayo su patrón de cambio fue en sentido ascendente hasta noviembre para luego descender hacia abril del siguiente año. Este efecto se ha observado también en machos de raza Alpino y Saanen donde la cantidad de espermatozoides por eyaculado incrementa al avanzar la estación reproductiva.



**Figura 8** - Concentración espermiática en tres razas de caprinos: Alpino Francés, Nubio y Criollo Negro (Escalante-Hernández, 2016).

## Conclusión

El proyecto de valorización y recuperación de la cabra Criolla Negra muestra resultados que ponen en alto el valor de dicha población como recurso zoogenético. Sin embargo, esto representa solo el comienzo en el proceso de caracterización, por lo tanto hace falta incluir más estudios para un mejor respaldo de los estándares en este tipo de animales.

## Referencias

Andrade-Montemayor HM, Silva, JJC, Escalante I, Ávila, HRV. La cabra criolla negra, un recurso zoogenético en peligro: bases del programa de recuperación en el Bajío Mexicano. *Rev Mex Agroecosistemas*. 2017;4(2 Supl 3) 29-41.

Dudhe SD, Yadav SBS, Nagda RK, Pannu U, Gahlot GC. Genetic and non-genetic factors affecting morphometry of Sirohi goats. *Vet World*. 2015; 8(11):1356-63.

Escalante-Hernández I. Actividad reproductiva estacional en machos caprinos; comparación entre un genotipo criollo y razas puras utilizadas comúnmente en México [tesis de maestría]. México: Universidad Autónoma de Querétaro; 2016.

FAO. La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura. Roma: Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura; 2010.

FAO. Molecular genetic characterization of animal genetic resources. Rome, Italia: FAO Animal Production and Health Guidelines. no. 9; 2011.

Juarez Lagunes FI, Fox DG, Blake RW, Pell AN. Evaluation of tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in tropical Mexico. *J Dairy Sci*. 1999;82(10):2136-45.

Luikart G, Gielly L, Excoffier L, Vigne J, Bouvet, J, Taberlet P. Multiple maternal origins and weak phylogeographic structure in domestic goats. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2001;98(10): 5927-32.

Luque M, Cardellino R. Conservación activa de los recursos Zoogenéticos. En: Federación Española Asociaciones de Ganado Selecto; 2007. p. 15-20.

Mellado M. La cabra criolla en América Latina. *Vet Mex*. 1997;28(4):333-43.

Montaldo H, Juárez A, Berruecos JM, Sánchez F. Performance of local goats and their backcrosses with several breeds in Mexico. *Small Rumin Res*. 1995;16(2): 97-105.

Montaldo H, Tapia G, Juárez A. Algunos factores genéticos y ambientales que influyen sobre la producción de leche y el intervalo entre partos en cabras. *Rev Mex Cienc Pecu*. 1981;41(2):32-44.

Montaldo HH, Meza-Herrera CA. Genetic goat resources in Mexico: Bio-economical efficiency of local and specialised genotypes. *Wool Tech Sheep Bree*. 1999;47(3):184-98.

Montaldo HH, Torres-Hernández G, Valencia-Posadas M. Goat breeding research in Mexico. *Small Rumin Res*. 2010;89(2-3):155-63.

Muñoz-Salinas F. Comparación del perfil proteínico de leche de cabra de tres razas (Alpino Francés, Nubio y criollo) con leche bovina Holstein [tesis de maestría]. México: Universidad Autónoma de Querétaro; 2016.

Naderi S, Rezaei HR, Taberlet P, Zundel S, Rafat SA, Naghash HR et al. Large-Scale Mitochondrial DNA Analysis of the Domestic Goat Reveals Six Haplogroups with High Diversity. *PLoS One*. 2007;2(10):1-12.

Silva-Jarquín JC. Diversidad genética de la cabra Criolla Negra basada en marcadores microsatélites. XI Foro de Investigación y Posgrado, Facultad de Ciencias Naturales. Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro; 2018.

Taberlet P, Coissac E, Pansu J, Pompanon F. Conservation genetics of cattle, sheep, and goats. *C R Biol*. 2011; 334(3): 247-54.

Taberlet P, Valentini A, Rezaei HR, Naderi S, Pompanon F, Negrini R et al. Are cattle, sheep, and goats endangered species? *Mol Ecol*. 2008;17(1):275-84.

PONENCIAS MAGISTRALES

# Retrovirus en pequeños rumiantes

Jorge L. Tórtora P.\*

Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Estudios Superiores, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Cuautitlán, México

## Resumen

Se revisan y describen las condiciones diagnósticas para los retrovirus de interés en pequeños rumiantes, lentivirus (Maedi virus) y betaretrovirus oncogénicos, que incluyen al jaagsiekte que produce el cuadro de adenocarcinoma pulmonar ovino y a los virus que producen el tumor nasal enzoótico del ovino y el caprino, ENTv-1 (línea ovina) y ENTv-2 (caprina) respectivamente. Se hace énfasis que en los sistemas productivos dominantes en Latinoamérica, estas enfermedades tienen escasa relevancia económica, excepto en aquellas situaciones en que se convierten en requisito para la movilización e introducción de animales con fines de mejoramiento genético. Se intenta realizar una síntesis de las herramientas diagnósticas disponibles y su utilidad y limitaciones como herramientas de control de estos retrovirus de probable distribución mundial.

**Palabras clave:** Lentivirus de pequeños rumiantes. Maedi. Betaretrovirus. Jaagsiekte. CAEv.

## Introducción

Desde que a finales del siglo pasado comenzó a demostrarse el origen viral de casos de

inmunodeficiencia humana VIH y que el agente correspondía a un retrovirus, la familia Retroviridae comenzó a ser atractiva, incluidos los virus de interés veterinario descubiertos desde mucho tiempo atrás. En términos generales estos virus, solo en un bajo porcentaje de los animales infectados llegan a producir cuadro clínico y lesiones aparentes y cuando lo hacen es usualmente al final de la vida productiva (Reina et al., 2009; Griffiths et al., 2010; Minguijón et al., 2015) y en forma esporádica. Aunque en condiciones especiales de manejo, como las que ocurren en rebaños de ordeña pueden incrementar su ocurrencia, tal como ocurre en rebaños ovinos de ordeña en el norte de España con el virus del Maedi (MVv), donde incluso ocurren altas mortalidades en corderos (Reina et al., 2009). Por esto la importancia económica de estas enfermedades es usualmente baja. Sin embargo, si son incluidas en los protocolos de importación, exigiendo que los animales sean seronegativos, la infección de los rebaños adquiere importancia económica, especialmente si se trata de animales de alta genética. Aunque usualmente los ejemplares importados con fines genéticos son machos y la principal forma de transmisión de estas enfermedades es vertical, es decir de la madre a su cría.

El modelo productivo es decisivo en la posibilidad de observar y diagnosticar estas enfermedades, en los modelos pastoriles, extensivos, esencialmente de producción de lana, dominantes en Oceanía y el Cono sur de América es poco probable que se revisen animales viejos que mueren esporádicamente para determinar la causa de muerte. En los modelos estabulados de producción de leche en contraparte, la observación de los animales es muy cercana y hay mayor probabilidad de detectar enfermos, como ocurre en los modelos de pastoreo diurno con encierro nocturno dominantes en los países Andinos, América central y México y en buena parte de Brasil y USA, en condiciones de estabulación por otra parte se facilita notablemente la transmisión aerógena (por aerosoles) de estas enfermedades (Griffiths et al., 2010; Minguijón et al., 2015).

En pequeños rumiantes dos géneros de retrovirus son relevantes al presente: los betaretrovirus y los lentivirus. Los betaretrovirus son oncogénicos e incluyen al virus del jaagsiekte (JSRV) que produce el cuadro de adenocarcinoma pulmonar ovino (APO) y a los virus que producen el tumor nasal enzoótico del ovino y el caprino, ENTV-1 (línea ovina) y ENTV-2 (caprina) respectivamente (Griffiths et al., 2010). Los lentivirus (SRLV) incluyen al virus del Maedi-visna (MVV), actualmente dividido en cinco tipos (de A a E) con 20 subtipos, la mayoría de los cuales se han demostrado en ovinos y caprinos indicando el tránsito de los mismos entre ambas especies, con excepción de A2 y A15 que solo se han demostrado en ovinos y de A7, A8, A10, A14, E1 y E2 que al presente solo se han demostrado en caprinos. El MVV produce fundamentalmente cuadros respiratorios en ovinos y cuadros articulares en caprinos, en la enfermedad conocida como artritis encefalitis caprina (CAE) (Minguijón et al., 2015).

## Distribución

La distribución de los virus de interés veterinario se considera universal, considerando que un alto porcentaje de los infectados resultan asintomáticos y los que desarrollan cuadro clínico lo hacen cuando ya no son productivos, son

animales viejos de deshecho, es lógico que aún en el pasado reciente y el presente, se les preste poca atención en los procesos de movilización. La mayoría de los países que no declaran la enfermedad como presente en sus territorios posiblemente no la han diagnosticado por lo anterior. Sin embargo Oceanía se declara libre de dos de los cuadros respiratorios que ocurren en ovinos el Maedi-visna y el Jaagsiekte o APO (Griffiths et al., 2010; Minguijón et al., 2015). Independientemente de la importancia económica de estas enfermedades, las restricciones a la movilización pueden determinar que resulten relevantes al cerrar mercados internacionales y convertirse en un problema serio para productores que venden animales de valor genético y deberán “limpiar” sus rebaños, para poder comercializar. Cuando no se establecen medidas de control y las condiciones de cría favorecen su transmisión, estas enfermedades pueden distribuirse rápidamente, los Países Vascos reportan, que el 95% de sus rebaños están afectados por MV (Berriatua et al., 2003; Straub, 2004).

La situación de AEC merece una consideración especial para América Latina, la enfermedad comenzó a introducirse hace cuarenta años con animales importados desde Norte América o Europa, con fines de mejoramiento genético lechero. La presencia del cuadro artrítico pudo limitar e incluso erradicar la presencia del virus, en cabras, la transmisión vertical a través del calostro y la leche se considera de mayor importancia que la horizontal por aerosoles (Hasegawa et al., 2017), un evento coherente con la menor presentación de lesiones pulmonares en la especie. En América latina las cabras se establecieron en los ecosistemas de mayor siniestralidad, áridos y semiáridos, en los que un animal con artritis difícilmente podría cosechar suficiente alimento para reproducirse y sostener la lactación, impidiendo el establecimiento de la enfermedad en los rebaños, las cabras afectadas se convierten en estas condiciones, en un “fondo de saco ciego” para la enfermedad. La presencia de las cabras en sistemas pastoriles en esos ecosistemas, determina la relevancia de CAE en América Latina, esencialmente porque los animales con cuadro clínico, deben ser eliminados precozmente, por

su menor capacidad productiva y se incrementan notoriamente los costos de reposición.

### Transmisión y patogenicia

Los retrovirus se transmiten esencialmente de dos formas por el calostro y la leche (vertical) y o por aerosoles emitidos por la madre enferma que son aspirados por el cordero en convivencia cercana con ella (horizontal) (Leroux y Mornex, 2008; Griffiths et al., 2010; Minguijón et al., 2015). La importancia de cada vía depende del modelo productivo, en sistemas pastoriles los aerosoles son de menor relevancia, en contraparte las enfermedades por retrovirus son de mayor importancia en modelos lecheros estabulados, donde el hacinamiento y la mala ventilación favorecen la aspiración de aerosoles contaminados (Berriatua et al., 2003; Blacklaws et al., 2004; Straub, 2004).

En ovinos serorreactores a MV, la cantidad de ADN viral es mucho más alta en los macrófagos alveolares que en los monocitos circulantes, que podrían pasar al calostro y la leche y es mucho más alta aún, en los casos en que el animal presenta lesiones pulmonares (Zhang et al., 2000). Solo raramente es posible identificar los virus de MV y APO, en el moco nasal o la saliva, lo que jerarquiza el origen pulmonar de las células infectantes que son expulsadas por la tos de los animales enfermos (Blacklaws et al., 2004; Griffiths et al., 2010). Se ha señalado que la presencia de parásitos pulmonares o de infecciones secundarias, favorece la diseminación de la enfermedad, presumiblemente al estimular la tos y la producción de moco contaminado por células infectadas (Blacklaws et al., 2004; Straub, 2004; Griffiths et al., 2010).

En cabras en cambio, donde dominan los cuadros de artritis y las lesiones pulmonares son menos frecuentes, la transmisión vertical es de mayor importancia. Aunque ya hace mucho tiempo se demostró la transmisión del virus desde el calostro a la cría, solo recientemente se ha demostrado el mecanismo de penetración del virus por vía digestiva, a partir de la ingestión de calostro de ovejas infectadas, la penetración viral utilizaría la mayor permeabilidad del epitelio intestinal del recién nacido, en especial en las placas de Payer,

para infectar los macrófagos de la mucosa intestinal, las marcas de presencia viral en el epitelio sugieren que el virus incluso se multiplicaría en estas células (Preziuso et al., 2004).

Aunque se ha demostrado la posibilidad de transmisión vertical en APO, todo indica que en este caso la principal forma de transmisión sería la horizontal (aerosoles), la misma situación se daría en los casos de ENT, que han sido notificados fundamentalmente en rebaños lecheros estabulados. La demostración de JRSv en animales recién nacidos sugiere la posible transmisión transplacentaria del virus (Monot et al., 2015). La transmisión horizontal mediante aerosoles, puede determinar la transmisión entre adultos e incluso desde sementales enfermos a las hembras del rebaño.

En el caso SRLv, se ha aislado el virus de fetos de 100 días de gestación, sin que indujera patologías fetales o placentarias que determinarían aborto (Blacklaws et al., 2004). La presencia de anticuerpos en fetos de 80 días de edad, evidencia igualmente el tránsito del virus a través de la placenta (Arcila, et al., 2012). Este paso transplacentario del virus hacia el feto puede explicar, junto con la transmisión horizontal, la infección de recién nacidos, aunque hayan sido alimentados con calostro y leche bovina pasteurizada (Hasegawa et al., 2017). No se ha podido demostrar la presencia del genoma viral en las células germinales y se considera que si bien la transmisión por embriones de ovejas infectadas es una posibilidad, el riesgo es mínimo y no se ha podido demostrar el virus en estos embriones (Blacklaws et al., 2004). La fertilización in vitro empleando semen infectado experimentalmente, tampoco implica riesgo, con el manejo de lavado de los óvulos por cuatro veces luego de la fertilización (Fieni et al., 2012). Se ha descrito la presencia de lesiones testiculares atribuidas a MVv y demostrado su presencia en el semen cuando ocurren lesiones inflamatorias en los genitales del carnero, sin embargo no se ha podido demostrar la transmisión venérea de machos a hembras a través del semen (Blacklaws et al., 2004). El virus infecta células epiteliales del tracto reproductor del macho y la presencia de macrófagos en el semen también sería un vehículo, sin embargo el manejo adecuado del semen y los embriones evitaría estas posibles formas de infección.

Existe suficiente evidencia que sugiere predisposición racial al MVv, el movimiento y la presentación de la enfermedad en los países europeos así lo sugiere, para las ovejas de raza Merino, Corriedale, Texel y las razas sintéticas derivadas de ellas, que muestran mayor susceptibilidad a presentar el cuadro clínico de la enfermedad (Dungu et al., 2000; Blacklaws et al., 2004; Straub, 2004; ). En el País Vasco, donde la prevalencia de la enfermedad es de casi el 80%, los rebaños de la raza Assaf presentan prevalencias de hasta el 98%, aunque estos rebaños están sometidos a manejo estabulado y con alto estrés productivo, que podría ser determinante en esta prevalencia (Polledo et al., 2011). Aun así se considera que es más importante la condición de cría, el sistema de producción, que la raza para la manifestación y gravedad del problema en los rebaños (Griffiths et al., 2010; Minguijón et al., 2015). Las condiciones de cría y la ocurrencia de enfermedades debilitantes aceleran la presentación de cuadros clínicos (Berriatua et al., 2003). La introducción de la enfermedad a Islandia ocurrió a partir de la importación de un rebaño Karakul desde Alemania en 1933, sin embargo los animales importados nunca mostraron cuadro clínico de MV y tampoco se comunicaron casos en Alemania en el rebaño de origen entre 1901 y 1970; lo que indica una mayor susceptibilidad en las ovejas islandesas, o una predisposición por sus condiciones de cría, o ambas (Straub, 2004). El encierro en altas condiciones de hacinamiento por hasta seis meses, en las épocas más frías de ese país, seguramente fue un factor detonante para el problema, tratándose de la forma pulmonar de la enfermedad, donde los aerosoles son críticos en la transmisión horizontal.

En SRLv la seroconversión de las crías puede ocurrir a partir de las cinco semanas, pero lo más frecuente es que comience después de los once meses, incluso más tarde (Dungu et al., 2000). Se ha señalado que la inmunidad pasiva calostrada puede proteger a los corderos durante el primer mes de vida (Straub, 2004), sin embargo esta posibilidad es poco probable para un virus que ingresa como "provirus" en el genoma de los macrófagos calostrales infectados; por otra parte, también se ha propuesto que los anticuerpos antivirales, al reaccionar con el virus podrían formar complejos que serían más fácilmente incorporados por las

células epiteliales del intestino del recién nacido (Preziuso et al., 2004).

Las células blanco de los SRLv son los monocito-macrófagos y la infección de los macrófagos parece requerir de la presencia de linfocitos TCD4, en contraste, las células dendríticas podrían infectarse sin la participación de esta población linfocitaria (Eriksson et al., 1999). Como se señaló antes, el virus tiene mayor predilección por los macrófagos alveolares que por otras poblaciones monocitarias y se considera a la médula ósea como órgano reservorio de la infección (Zhang et al., 2000; Blacklaws et al., 2004). El virus no solo puede replicarse en macrófagos del pulmón o de la glándula mamaria, sino también en los epitelios alveolares, en células endoteliales y fibroblastos de estos órganos y de otras regiones del animal (Gelmetti et al., 2000; Capucchio et al., 2003; Carrozza et al., 2003). En SRLv no ocurren situaciones de inmunosupresión y se postula la posibilidad de fenómenos de inmunotolerancia, que podrían explicar la variación en la ocurrencia de la seroconversión luego de infecciones experimentales (Berriatua et al., 2003).

En el caso de APO, JSRv, no ocurre seroconversión en los animales infectados y en algún momento se señaló la posibilidad de que el virus suprimiera las respuestas Th2 humorales. Sin embargo actualmente el fenómeno se explica por la demostración de que JSRv comparte del 90% al 98% de su genoma con 27 retrovirus endógenos de la oveja, incorporados a su genoma por miles de años, por lo que el JSRv no es reconocido como infectante (Griffiths et al., 2010; Monot et al., 2015).

En APO y ENT 1 y 2, la capacidad oncogénica parece depender esencialmente de estructuras repetitivas en la envoltura de estos virus que interactúan con la hialuronoglucosaminidasa tipo 2, una enzima que degrada el ácido hialurónico, con diversos efectos biológicos, entre ellos la oncogénesis (Monot et al., 2015).

### **Cuadro clínico-patológico:**

El cuadro clínico patológico varía para los SRLv, donde se reconocen cuatro "síndromes" y los betaretrovirus oncogénicos, con cuadros esencialmente respiratorios.

En los SRLy, se describen cuatro síndromes principales, que pueden coexistir en un mismo animal infectado: respiratorio, artrítico, mamario y nervioso, aunque otros órganos de la economía pueden presentar lesiones en las que se puede identificar el virus (Minguijón et al., 2015). Los cuadros más comunes son el respiratorio y el articular; el primero es el característico de la enfermedad en ovinos, conocida como maedi-visna, el segundo es el característico de la enfermedad en las cabras, la artritis encefalitis caprina. Ambos nombres reconocen la presencia de cuadros nerviosos, que se presentan esporádicamente, en el caso del visna ocurre principalmente en animales viejos, mientras que por el contrario las formas de encefalitis en los caprinos se observan en cabritos de alrededor de seis meses de edad. La condición de mastitis indurativa ha sido descrita principalmente en cabras. La diferente presentación clínico-patológica de la enfermedad en ovinos y caprinos se atribuye fundamentalmente a la interacción del virus con la especie animal y los mecanismos de respuesta inmune inducidos en cada caso. En la meningo-encefalitis que induce el virus, se han establecido patrones de tipo linfocítico o histiocítico, que contrastados con pruebas de inmunohistoquímica sugieren el predominio de respuestas de tipo Th2 en el primer caso y Th1 en el segundo, sin embargo el tipo de respuesta inmune podría también explicarse por variantes del virus involucrado, que no han sido evaluadas (Polledo et al., 2011).

El cuadro respiratorio, llega a formas clínicas notorias en los casos de Maedi, la enfermedad ocurre en animales adultos y adultos viejos, en casos esporádicos, caracterizándose por insuficiencia respiratoria crónica y progresiva, disnea con tos seca sin descargas nasales. No ocurre fiebre, salvo que se presenten complicaciones bacterianas y el animal presenta emaciación, adelgazamiento progresivo, aunque el consumo de alimento es normal (Straub, 2004). A la necropsia, en forma característica, los pulmones presentan focos grises, no se colapsan al abrir la cavidad torácica y son notoriamente pesados, al intentar sacarlos de la cavidad. Histológicamente se caracteriza por una infiltración intersticial linfoproliferativa, neumonía intersticial linfocitaria, que inicia con pequeños acúmulos de linfocitos, que crecen gradualmente y comienzan a confluir

hasta organizarse en estructuras de tipo folicular, reduciendo la superficie alveolar de intercambio gaseoso. Las lesiones respiratorias también se pueden demostrar en las cabras, sin embargo son de menor magnitud que las de los ovinos y raramente llegan a determinar compromiso respiratorio en esta especie (Minguijón et al., 2015).

El cuadro artrítico, es característico de la enfermedad en las cabras y es en contraparte raro en ovinos (Straub, 2004). Se caracteriza por una artritis de evolución crónica, con agrandamiento notorio y progresivo, fibrosis sinovial y en casos graves erosión de cartílagos; histológicamente se observa infiltrado linfocitario subsinovial. Las lesiones se presentan principalmente en las articulaciones del carpo, aunque diversas articulaciones suelen estar afectadas. En ovinos, las lesiones articulares son raras y aunque no hay suficiente información, usualmente ligadas a infecciones por el genotipo B, originalmente aislado de cabras artríticas (Minguijón et al., 2015).

El cuadro mamario, ocurren con frecuencia, pero no siempre es notorio en el examen clínico de los animales y se ha asociado a la genética del rebaño y a variantes del virus. Las lesiones en la glándula mamaria corresponden a un cuadro intersticial, también de tipo linfoproliferativo, no supurativas, ocasionalmente se organizan estructuras foliculares, a la palpación se pueden notar nodulaciones e induraciones y se ha sugerido que estas lesiones podrían disminuir la producción de leche, comprometer el desarrollo de la cría y determinar la eliminación de la hembra del rebaño (Straub, 2004; Dungu et al., 2000; Minguijón et al., 2015). Sin embargo no se ha podido establecer una correlación entre la lesión de la madre y el crecimiento de la cría hasta el destete. Las lesiones en la ubre y la intensidad de la respuesta serológica en las ovejas afectadas, no correlacionan con la presencia de células somáticas en la leche. Si bien la enfermedad afecta el estado general del animal, no parece determinar modificaciones relevantes en sus indicadores reproductivos y productivos (Dungu et al., 2000). En cabras primíparas sin embargo se han demostrado diferencias en el número de células somáticas eliminadas y la concentración de grasa y proteína en la leche, aunque no se observaron diferencias en el total de leche producida entre

animales seropositivos y negativos (Turin et al., 2005; Minguijón et al., 2015). El modelo productivo en animales lecheros y la presencia de artritis, en especial en cabras, puede complicar la evaluación de estos parámetros, considerando la dificultad de pastoreo e incluso de desplazamiento y competencia en los comederos, de los animales artríticos. No se ha demostrado la transmisión de MVV a través de las prácticas de ordeña, pero se considera factible (Blacklaws et al., 2004).

El cuadro nervioso, ocurre esporádicamente, en ovinos en animales ya viejos, aunque se han reportado casos en ovejas lecheras en España, con elevada morbilidad y signos nerviosos en zonas endémicas y con severos cuadros respiratorios. En estos rebaños incluso se comunican casos en corderos, en edades semejantes a las observadas con este síndrome en cabritos. En caprinos se presenta en cabritos de menos de 5-6 meses de edad. Se caracteriza por una meningoencefalitis no purulenta que determina ataxia, incoordinación, parálisis y finalmente postración, aunque los animales estén alertas. Este cuadro explica el término de Visna que definió la enfermedad en su primera observación en Islandia en los 40's del siglo pasado (Polledo et al., 2011; Minguijón et al., 2015).

Los betaretrovirus (JSRV, ENTv-1 y 2) oncogénicos producen cuadros de carácter neoplásico en el aparato respiratorio, usualmente limitados a este aparato. En el caso de APO, antes adeno y ahora adenocarcinoma pulmonar ovino, se ha demostrado, la presencia del virus en diversos órganos linfoides (Palmarini et al., 1996) y en algunos casos metástasis notorias, principalmente en nódulos linfáticos regionales, pleura, hígado, riñón, corazón musculo esquelético y bazo, con formación de nódulos blanquecinos bien delimitados, pero no encapsulados, en los que se puede demostrar mediante inmunohistoquímica o PCR, la presencia del JSRV (Minguijón et al., 2013). Las principales células blanco del APO son los neumocitos tipo II o sus precursoras.

Los ENTv 1 y 2, son virus distintos aunque genéticamente muy cercanos, mientras el tipo 1 (ovino) restringe su presencia a las células epiteliales, el tipo 2 (caprino) determina infección linfocitaria diseminada (Monot et al., 2015). Las células blanco de estos virus son las células

epiteliales secretorias de la glándulas de la mucosa nasal (Griffiths et al., 2010).

El cuadro clínico de APO se caracteriza por la presencia de disnea, en ejercicio o en condiciones de calor, con eliminación de grandes cantidades de líquido, moco aguado, por la nariz del animal cuando este baja la cabeza al pastorear o cuando los comederos están a baja altura y que clínicamente se hace muy aparente cuando los animales afectados se someten a la llamada "prueba de la carretilla", levantando las extremidades traseras y forzando la inclinación del tórax y la cabeza. Algunos autores consideran esta condición como patognomónica de la enfermedad, sin embargo eventualmente animales enfermos no manifiestan en forma clara este signo (Griffiths et al., 2010). Usualmente los animales mueren unas pocas semanas después de iniciar el cuadro clínico y al realizar la necropsia se constata abundante cantidad de líquido que sale por la tráquea, los pulmones no colapsan al entrar en tórax, están pesados y con zonas irregulares de color blanco grisáceas, presentes en todos los lóbulos, que eventualmente sobresalen en superficie y que al corte profundizan en el parénquima pulmonar. Los nódulos linfoides regionales están agrandados. La imagen pulmonar puede sin embargo no ser tan característica cuando han ocurrido complicaciones bacterianas y se presentan adherencias pleurales (Griffiths et al., 2010).

El examen histopatológico de las lesiones características pondrá en evidencia la presencia de la neoplasia, con transformación multifocal del epitelio bronquio alveolar, el epitelio alveolar cambia a epitelio cúbico alto con hiperplasia y estratificación del epitelio bronquiolar, cambios característicos de un adenocarcinoma con formaciones papilares intraluminares en alveolos y pequeños focos aislados de necrosis. En partes afectadas y no afectadas del parénquima pulmonar se pueden observar macrófagos alveolares activados, en los que la microscopía electrónica revela la presencia de partículas virales, bacterias y micoplasmas. Pueden ocurrir focos inflamatorios sin distribución particular, no necesariamente relacionados a la neoplasia, con infiltrado de neutrófilos, que usualmente se relacionan a cuadros neumónicos bacterianos, en los lóbulos anteroventrales (Griffiths et al., 2010).

Los cuadros por los ENTv 1 y 2, se caracterizan por el abundante escurrimiento nasal, ruidos respiratorios nasales y la deformación del hocico del animal.

## Diagnóstico

Los cuadros clínico-patológicos característicos de MV y APO pueden ser fácilmente reconocidos en la necropsia y complementados con un estudio histopatológico, sin embargo si las lesiones se complican con infecciones secundarias en el mismo animal, pueden requerirse estudios más finos.

El aislamiento de MVv de muestras sospechosas es complicado, el uso de anticuerpos monoclonales marcados, en cortes histológicos de los mismos, es una buena alternativa diagnóstica en esta enfermedad (Gelmetti et al., 2000; Polledo et al., 2011). En animales vivos, infectados por SRLv, existen diversas pruebas comerciales de ELISA para demostrar su condición e incluso con buena especificidad, bajo costo, pero menor sensibilidad, puede emplearse la prueba de inmunodifusión en agar (Molina et al., 1986). La prueba de PCR en leucocitos sanguíneos es una buena alternativa en el caso de MVv y facilita con fines epidemiológicos la tipificación viral (Reina et al., 2009; Minguijón et al., 2015). Al igual que para otras enfermedades, donde el patógeno se asocia con el tejido linfoide, en biopsias de tercer párpado se puede demostrar la presencia de células infectadas por este virus; utilizando PCR, anticuerpos monoclonales o técnicas de PCR "in situ", se ha demostrado proteína o genoma viral en células epiteliales de las glándulas del párpado y en macrófagos (Capucchio et al., 2003). Se ha estudiado el posible papel del macho y el del semen, en programas de inseminación, como posible diseminador del virus. Se ha demostrado la presencia del virus en el material seminal e incluso la presencia de anticuerpos contra estos virus en el líquido seminal. Esta última demostración, permite detectar en forma rápida semen obtenido de animales infectados, que podría actuar como vehículo del MVv (Blacklaws et al., 2004; Martínez et al., 2005).

La demostración de animales infectados con JSRv es más compleja, en la medida que no ocurre

respuesta serológica y el número de células infectadas en sangre o tejidos linfoides periféricos es baja, 1 en 240.000 en sangre (Palmarini et al., 1996) y no siempre son detectadas con el uso de PCR, por lo que los resultados negativos en estos casos no resultan totalmente confiables. La prueba en sangre solo resulta útil para detectar rebaños afectados, pero no es confiable en evaluaciones individuales. En animales con cuadro clínico, la PCR puede realizarse sobre los escurrimientos nasales que se obtienen al realizar la "prueba de la carretilla". El uso de la PCR en moco nasal o saliva tampoco arroja resultados confiables (Griffiths et al., 2010). Solo el uso de PCR en lavados pulmonares da resultados razonablemente confiables (Voigt et al., 2007), la técnica es laboriosa y existe el riesgo de inducir cuadros neumónicos bacterianos, por lo que solo sería recomendable su uso en animales de alta genética a introducir en rebaños bajo control.

Tampoco en el caso de los ENTv 1 y 2 ocurre respuesta serológica, por lo que la estrategia diagnóstica también se apoya en el uso de PCR a partir de biopsias, las pruebas en moco no resultan consistentes en animales que aún no presentan cuadro clínico (Griffiths et al., 2010).

## Control y profilaxis

No existen vacunas para estas enfermedades y las medidas de control se basan fundamentalmente en la eliminación de serorreactores en el caso de MVv. Cuando la prevalencia es muy alta, se intenta reducir evitando el consumo directo de calostro o leche por las crías, que son alimentadas con sustitutos o bien con calostro y leche previamente pasteurizados, en particular en el caso de las cabras. Esta estrategia de control resulta sin embargo muy costosa, como consecuencia del mayor empleo de mano de obra y el incremento en la mortalidad de crías y se debe considerar el tránsito placentario del virus (Blacklaws et al., 2004; Arcila, et al., 2012). En la experiencia de los vascos, con solo separar a las ovejas seropositivas a MVv, se consigue abatir la enfermedad e incluso eliminarla, los seropositivos se manejen en un rebaño aparte hasta que su número se reduzca y resulte económico su sacrificio

y reemplazo por animales negativos. La experiencia vasca también demuestra que el riesgo en ovejas de transmisión a la cría por el amamantamiento es muy bajo (Straub, 2004; Berriatua et al., 2003). Se debe subrayar que mientras en las ovejas los cuadros respiratorios son los más frecuentes y graves, en las cabras la condición de artritis es la más señalada, esta condición define que la transmisión horizontal mediante aerosoles contaminados es la más relevante en los ovinos, tanto para Maedi como para APO, la transmisión vertical por calostro y leche es más importante en cabras (Hasegawa et al., 2017).

En ovejas donde la vía aerógena parece ser más importante que la vertical, se deben corregir las condiciones de alojamiento de los animales, de la misma forma que se recomienda para reducir los problemas neumónicos bacterianos, reduciendo hacinamiento y mejorando la ventilación en las instalaciones.

En todos los caso se debe considerar el modelo y los fines productivos del rebaño. En los rebaños comerciales, las estrategias de control pueden resultar más costosas que la propia enfermedad, considerando que el porcentaje de animales que enferma, aun estando infectados, es bajo y los cuadros clínicos ocurren en forma esporádica y usualmente en animales ya viejos, sin valor comercial. Un estudio en Escocia, donde la enfermedad es endémica, solo detectó 52 animales con lesiones sugestivas de APO en 280.000 ovejas sacrificadas (Griffiths et al., 2010). En modelos lecheros, estabulados, estas enfermedades pueden resultar de mayor impacto, aunque no afecten en forma relevante ni la cantidad ni la calidad de la leche producida, pero si se dan condiciones de mayor riesgo a la transmisión horizontal por aerosoles. Finalmente en rebaños de alta genética, cuyo principal negocio es la venta de “animales mejoradores” estas enfermedades merecen mayor atención en la medida que se exijan animales seronegativos o provenientes de rebaños libres.

## Referencias

Arcila LG, Martínez RHA, Tórtora PJ. Detección de anticuerpos contra Lentivirus de pequeños rumiantes en fetos ovinos y caprinos. *Vet Mex.* 2012;43(1):9-15.

Berriatua E, Alvarez V, Extramiana B, González L, Daltaubuit M, Juste R. Transmission and control implications of seroconversion to Maedi-Visna virus in Basque dairy-sheep flocks. *Prev Vet Med.* 2003;60(4):265-79.

Blacklaws BA, Berriatua E, Torsteinsdottir S, Watt NJ, Andrés D, Klein D, et al. Transmission of small ruminant lentiviruses. *Vet Microbiol.* 2004;101(3):199-208.

Capucchio MT, Sanna E, Sanna MP, Farigu S, Minelli R, Guarda F. Maedi-visna virus detection in ovine third eyelids. *J Comp Pathol.* 2003;129(1):37-43.

Carrozza ML, Mazzei M, Bandecchi P, Arispici M, Tolari F. In situ PCR-associated immunohistochemistry identifies cells types harbouring the maedi-visna virus genome in tissue sections of sheep infected naturally. *J Virol Methods.* 2003;107(2):121-7.

Dungu B, Vorster J, Bath GF, Verwoerd DW. The effect of a natural maedi-visna virus infection on the productivity of South Africa sheep. *Onderstepoort J Vet Res.* 2000; 67(2):87-96.

Eriksson K, McInnes E, Ryan S, Tonks P, McConnell I, Blacklaws B. CD4+ T-cells are required for the establishment of maedi-visna virus infection in macrophages but not dendrites cells in vivo. *Virology.* 1999;258(2):355-64.

Fieni F, Pellerin JL, Roux C, Poulin N, Baril G, Fatet A, et al. Can caprine arthritis encephalitis virus (CAEV) be transmitted by in vitro fertilization with experimentally infected sperm? *Theriogenology.* 2012;77(3):644-51.

Gelmetti D, Gibelli L, Brocchi E, Cammarata G. Using a panel of monoclonal antibodies to detect maedi-virus (MV) in chronic pulmonary distress of sheep. *J Virol Methods.* 2000;88(1):9-14.

Griffiths DJ, Martineau HM, Cousens C. Pathology and pathogenesis of ovine pulmonary adenocarcinoma. *J Comp Pathol.* 2010;142(4):260-83.

Hasegawa MY, Lara MCCSH, Villa Lobos EMC, Gaeta NC, Hayashi M, Shirayama L, et al. An experimental study on the vertical transmission of caprine arthritis-encephalitis virus from naturally infected females to their offspring. *Small Rumin Res.* 2017;149:23-7.

- Leroux C, Mornex JF. Retroviral infections in sheep and the associated diseases. *Small Rumin. Res.* 2008;76(1-2):68-76.
- Martínez RHA, Ramírez ÁH, Tórtora PJ, Aguilar SA, Garrido FGI, Montaraz CJA. Effect of the caprine arthritis encephalitis virus in the reproductive system of male goats. *Vet Mex.* 2005;36(2):159-76.
- Minguijón E, González L, De las Heras M, Gómez N, García-Goti M, Juste RA, et al. Pathological and aetiological studies in sheep exhibiting extrathoracic metastasis of ovine pulmonary adenocarcinoma (Jaagsiekte). *J Comp Pathol.* 2013;148(2-3):139-47.
- Minguijón E, Reina R, Pérez M, Polledo L, Villoria M, Ramírez H, et al. Small ruminant lentivirus infections and diseases. *Vet Microbiol.* 2015;181(1-2):75-89.
- Molina RM, Trigo FJ, Cutlip RC. Estudio serológico de la neumonía progresiva ovina en México. *Vet Mex.* 1986;17(4):269-73.
- Monot M, Archer F, Gomes M, Mornex JF, Leroux C. Advances in the study of transmissible respiratory tumours in small ruminants. *Vet Microbiol.* 2015;181(1-2):170-7.
- Palmarini M, Holland MJ, Cousens C, Dalziel RG, Sharp JM. Jaagsiekte retrovirus establishes a disseminated infection of the lymphoid tissues of sheep affected by pulmonary adenomatosis. *J Gen Virol.* 1996;77(Pt 12):2991-8.
- Polledo L, González J, Benavides J, Morales S, Martínez-Fernández B, Delgado L, et al. Patterns of lesion and local host cellular immune response in natural cases of ovine maedi-visna. *J Comp Pathol.* 2012;147(1):1-10.
- Preziuso S, Renzoni G, Allen TE, Taccini E, Rossi G, DeMartini JC, et al. Colostral transmission of maedi-visna virus: sites of virus entry in lambs born from experimentally infected ewes. *Vet Microbiol.* 2004;104(3-4):157-64.
- Reina R, Berriatua E, Luján L, Juste R, Sánchez A, Andrés D, et al. Prevention strategies against small ruminant lentiviruses: An update. *Vet J.* 2009;182(1):31-7.
- Straub OC. Maedi-Visna virus infection in sheep. History and present knowledge. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis.* 2004;27(1):1-5.
- Turin L, Pisoni G, Giannino ML, Antonini M, Rosati S, Ruffo G, et al. Correlation between milk parameters in CAEV seropositive and negative primiparous goats during an eradication program in Italian farm. *Small Rumin Res.* 2005;57(1):73-9.
- Voigt K, Brüggemann M, Huber K, Dewar P, Cousens C, Hall M, et al. PCR examination of bronchoalveolar lavage samples is a useful tool in pre-clinical diagnosis of ovine pulmonary adenocarcinoma (Jaagsiekte). *Res Vet Sci.* 2007;83(3):419-27.
- Zhang Z, Watt NJ, Hopkins J, Harkiss G, Woodall CJ. Quantitative analysis of maedi-visna virus DNA load in peripheral blood monocytes and alveolar macrophages. *J Virol Methods.* 2000;86(1):13-20.

---

PONENCIAS MAGISTRALES

# Sistemas integrales de producción en pequeños rumiantes

---

Abel Manuel Trujillo García<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano (CEIEPAA), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Tequisquiapan, México

<sup>2</sup> Granja del Carmen, Tequisquiapan, México

## Introducción

La ganadería es una actividad que genera empleo para 1,300 millones de habitantes o el 20% de la población mundial y a 987 millones de pobres. Además produce proteína de alta calidad y ayuda en el proceso de transición nutricional según datos de la FAO en 2016. De estos, las cabras al estar relacionadas con los estratos sociales más desfavorecidos, cumplen con una función preponderante en el suministro de alimentos a nivel familiar y empieza a participar de manera colateral en el ingreso económico mediante la venta de productos procesados. Por otra parte, la sociedad empieza a generar presión sobre los aspectos de deterioro ambiental, a través del agotamiento de recursos y contaminación de los gases efecto invernadero, mantos freáticos y degradación del paisaje, así como la exigencia para que los productos pecuarios sean de alta calidad e inocuos, lo que exige al productor fijar parámetros nuevos en todos los sectores de su sistema productivo.

Si bien se conoce actualmente la importancia del sector primario en la generación de alimentos,

no se aprecia económicamente en el mismo sentido por parte de la sociedad, el esfuerzo que realizan los ganaderos para cumplir con todas las expectativas que marcan las tendencias consumistas, lo que provoca un desánimo en algunos productores y en otros, una oportunidad de profesionalizarse. Aunado a esto, diversos reportes plantean que la producción de alimentos debe duplicarse para el año 2050, lo cual genera un reto por parte de todos componentes de las cadenas productivas.

Las tendencias de trazabilidad de los productos pecuarios y la seguridad alimentaria, provocan que los programas de medicina preventiva en los rebaños caprinos sean analizados y replanteados frecuentemente, donde las estrategias tradicionales de desparasitación y de vacunación o bacterinización sean cambiadas a esquemas más selectivos, acompañadas de pruebas diagnósticas y programas de manejo, que ayuden a minimizar la utilización de fármacos y químicos que puedan estar contaminando los alimentos generados en las granjas. Los programas de medicina preventiva

deben plantearse en un conocimiento claro del ambiente en el cual está situada cada una de las granjas, por lo que estos deben ser “trajes a la medida”.

Al hablar del conocimiento ambiental de cada sistema de producción, nos referimos tanto a las condiciones climáticas como lo son: precipitación pluvial, temperatura, humedad, vientos dominantes; como a la presencia de enfermedades y vectores en las diferentes épocas del año, y a los diferentes procesos productivos que se dan en cada una de las granjas, obviamente sin perder de vista el factor humano involucrado en cada uno de los procesos.

Para dejar en claro la idea de una producción saludable e inocua, (o sistemas productivos integrales) describiremos algunos ejemplos de procesos productivos que pudieran ayudar a lograr alimentos más saludables: en los sistemas tradicionales, muchos productores desparasitan a todos los animales cada determinado tiempo y si acaso, rotando los productos (no principios activos), sin haberse planteado si era necesario o no, ya que los exámenes coprológicos o la valoración de los animales no son tomados en cuenta, o bien, por falta de capacitación, o por creer que es más fácil desparasitar a todo el rebaño. En este ejemplo, no se toma en cuenta el periodo de retiro de leche o carne de cada uno de los fármacos, lo que provoca que los alimentos vayan con cargas fuertes de ellos y sean consumidos por las personas, además de la afectación que generan estos medicamentos sobre los microorganismos del suelo y de la resistencia de los diferentes parásitos a esos medicamentos. En el caso de los antibióticos se aplica un mayor control sobre todo en granjas productoras de leche, ya que la industria si tiene manera de detectar la presencia de los fármacos en los laboratorios de las plantas procesadoras, sin embargo, la utilización de los mismos se realiza al menor indicio de posible enfermedad y no damos la oportunidad a que el animal genere una respuesta biológica en contra de determinado agente, por lo que en muchas ocasiones provocamos una dependencia a los antibióticos.

Parte fundamental de cambiar los esquemas de control sanitario, son los registros de los acontecimientos médicos de las granjas, ya sea mediante historias clínicas o simplemente bitácoras donde se anote animales tratados y

productos utilizados, así como utilización de las pruebas diagnósticas y por supuesto la realización de necropsias, seguimientos a rastro y desecho responsable de cadáveres y fomites de la producción.

Tenemos que hacer mención que cualquier granja saludable debe ir acompañada de manejos, alimentación e instalaciones que fomenten el bienestar animal y del personal, ya que si se hace más hincapié en uno que en otro, a la larga termina afectando a ambos.

García Barrios (2008) menciona que el desarrollo sustentable es, en esencia, un intento por establecer un nuevo orden cooperativo. Se trata de un programa planificado y profesionalizado de gran envergadura cuyo propósito es reducir las tensiones provocadas por la crisis ambiental y del desarrollo, por medio de una asociación global entre las naciones y los grupos humanos que asegure un desarrollo económica e institucionalmente óptimo, la conservación de los recursos ambientales para uso y goce de las generaciones futuras, y la participación social y la equidad.

Con base en la situación de la ganadería caprina en México el desarrollo de un proyecto de inversión para la cría de cabras se nos hizo imperativo ante la necesidad de un mejoramiento en la producción en beneficio del aseguramiento de productos de origen animal de alto valor nutricional para el consumo humano. Se planteó que con la creación de un proyecto de producción rentable se podría lograr un efecto cascada sobre productores con tierras ejidales para imitar (bajo una asesoría) al proyecto creado y así poder integrar el producto final y cubrir mercados potenciales ya sea con la venta de leche de cabra, pie de cría, y la venta de cabrito y otros productos. Gracias al buen funcionamiento y a la rentabilidad del proyecto, éste servirá como ejemplo a escala local. Estos ejemplos son necesarios para fomentar la inversión de capital al campo.

### **Ubicación del proyecto**

El terreno donde se encuentra la Granja del Carmen está localizado el municipio de Tequisquiapan, en el estado de Querétaro. Es una parcela que cuenta con una superficie total de 4,5 hectáreas que en un inicio no contaba con ningún

tipo de infraestructura. No cuenta con ríos, arroyos ni cuerpos de agua, y su vegetación es de tipo matorral principalmente nopal.

El clima que prevalece en el estado es el semiseco templado (BS1k). El 41% de la vegetación del Estado es matorral que incluyen el garambullo, el mezquite, el nopal, el chaparro prieto y el izote; el 28% es de agricultura incluyendo los cultivos de maíz, trigo, alfalfa, sorgo y calabaza; el 24% es de bosque de pino y de encino; y el 5% restante es de pastizal y selva. El 18,17% de la superficie estatal tiene un uso potencial pecuario de la clase definida “para el aprovechamiento de la vegetación natural únicamente por el ganado caprino”. Para el municipio de Tequisquiapan la temperatura media anual es de 17,1 °C y la precipitación pluvial total anual es de 560,8 milímetros.

Basados en los datos anteriores y tomando en cuenta todos los recursos con los que se contaban, se inició con un estudio de mercado para los quesos de cabra, que en su momento era el producto con el que se quería iniciar la granja, sin embargo, con el transcurso del tiempo, el mercado ha marcado la pauta para producir otros productos como lo son la cajeta, el yogurt, la leche fluida al mayoreo y menudeo y los jabones a base de leche de cabra, así como el cabrito para abasto.

Un hecho fundamental desde el inicio fue el de llevar registros de todo el proceso productivo y el entorno, que aunque lógico, hemos podido comprobar que no es una práctica muy extendida en la producción animal en nuestro país.

El planteamiento de que sería un sistema productivo basado en permacultura fue acuñado recientemente debido a una reunión que se sostuvo con algunas personas provenientes de Austria, las cuáles nos capacitaron en la filosofía de que estábamos llevando a cabo de manera “empírica”; una producción pecuaria “permanente”, buscando la sostenibilidad productiva, del ecosistema y de las personas. Todo lo llevado a cabo en este proyecto es buscando la producción de alimentos de origen animal, primariamente para autoconsumo y los excedentes para la venta. Para tratar de explicar más claramente a que nos referimos como producción permanente o permacultura, haremos la descripción del sistema de producción que estamos llevando a cabo actualmente.

## Sanidad

Se continuó con el control de las enfermedades, tanto la de campaña obligatoria como la brucelosis, como las que se plantearon por interés propio como lo son la paratuberculosis y la artritis encefalitis caprina. Con respecto a la brucelosis se tiene el certificado libre de brucelosis sin vacunación y se renueva año con año. No se prestan sementales a otros productores pero si se vende el semen, tanto fresco como congelado.

Con la paratuberculosis, se ha llevado a cabo un muestreo anual a todos los animales mayores de 1 año, saliendo negativos a la prueba de elisa desde hace 6 años consecutivos; cabe mencionar que no hemos observado animales con signos clínicos que pudieran ser sospechosos de la enfermedad.

Con los lentivirus de los pequeños rumiantes, se ha monitoreado serológicamente para realizar pruebas de inmunodifusión de ensayo enzimático (Elisa), en un inicio a todo el rabaño, encontrando una seroprevalencia del 17%, con lo que separaron los animales positivos y se manejan como rebaño separado, realizando todos los manejos después de realizarlos en los negativos, así como la separación de las crías hembras al nacimiento, a las cuáles se les suministra calostro y leche de cabras negativas serológicamente a la enfermedad. Posteriormente se realiza el muestreo serológico cada año, solamente a los animales mayores de 6 meses y a los adultos que han salidos negativos a la prueba anteriormente. A pesar de estos trabajos, se han observado animales con signos clínicos sugerentes de ésta enfermedad en los 2 últimos años, por lo que se ha cambiado a “temperizar” el calostro y pasterizar la leche para las cabritas en lactancia artificial.

Se realizan exámenes coprológicos en el caso de que algún animal manifieste signos clínicos sugerentes de parasitosis con el propósito de ver cargas parasitarias y especie de los parásitos para realizar una desparasitación dirigida en caso de requerirlo. La última desparasitación de un animal adulto fue en febrero de 2012. Es decir, la desparasitación se hace sólo en los animales que lo requieran, ya sea interna o externa. En las cabritas de un día de nacidas se realiza una práctica de desparasitación contra coccidias con el producto toltatruzuril, que normalmente tiene un tiempo de

hasta 72 días dentro del animal, lo cual es mayor al tiempo de lactancia y periodo de destete que es cuando se presentan los casos de coccidiosis en cabras.

No se realiza desinfección de ombligos al nacimiento pero si se supervisan todos los nacimientos y se da el calostro con al menos 200 mililitros lo más inmediatamente posible de ocurrido el parto. Todos los cabritos son pesados e identificados antes de que mamen calostro. Las cabritas son alimentadas artificialmente con leche de cabras negativas a AEC durante dos meses. Todas las cabritas son desbotonadas a los 12 días de nacidas. Los machos se quedan con sus madres para que alcancen el peso de venta (10 kilos de peso vivo) alrededor de los 23 días de nacidos.

No se realiza ningún tipo de vacunación, pero si se registran todos los casos clínicos y se realizan las necropsias de todas las bajas. Las placentas y animales muertos son enterrados y se va iniciar con el composteo de los cadáveres.

Se lleva a cabo un control de roedores y moscas por parte de una compañía privada y se evita la entrada de animales domésticos ajenos a la granja.

Todos los días se realiza la prueba de tazón de fondo oscuro a las cabras en producción. Todos los días se registra la producción de leche del rebaño y cada mes la producción individual. El secado de las cabras se hace en base a ordeños terciados y no se administra ningún tipo de antibiótico para esa práctica. Las cabras permanecen en el periodo seco al menos de uno a dos meses antes de parir.

### **Reproducción**

Las cabras son empadradas cuando alcanzan 40 kilogramos de peso y se encuentran en alguno de los periodos determinados para este fin que son en los meses de enero, abril, agosto y octubre, utilizando para esto en los meses de baja actividad reproductiva algún progestágeno y gonadotropina coriónica equina en dosis de 50 U.I para primas y de 100 U.I en adultas. Los empadres son realizados con sementales o con semen evitando la consanguinidad. Las hembras de segundo parto en adelante son gestadas una vez al año, buscando con esto lactaciones de 10 meses y secado de dos.

Las cabritas primas son tratadas con oxitetraciclinas de larga acción a partir del día 100 de gestación, en el caso de que se presenten abortos espontáneos en esa etapa, se realiza una aplicación cada 15 días hasta el parto.

Todas las cabras deben parir con una condición corporal cercana a 4, con lo que logramos una prolificidad de 2,2 y pesos al nacimiento de las crías de 3,2 kilogramos.

### **Alimentación**

La alimentación se basa en heno de alfalfa comprada en campos cercanos a la granja y alimento balanceado comercial de vaca y pastoreos parciales durante la época de lluvia sobre las acacias, pastos nativos, pastos introducidos y cactáceas, en pastoreo rotacional con cercos eléctricos. El balanceo de la dieta se hace en base a la etapa productiva de las cabras, las cuáles son lotificadas en base a ello y peso. Todo el alimento rechazado por las cabras es colectado y suministrado a un novillo, a una vaca lechera y a borregos para la producción de carne para autoconsumo y la transformación de la leche de vaca; y con el forraje que aun queda en los comederos de estos animales, es recogido y llevado a un gallinero de aves de postura. Con esta reutilización del alimento rechazado se busca que el desperdicio de alimento sea cero, esto debido al costo de los insumos y por lo tanto, buscar el mayor aprovechamiento de los recursos disponibles. El heno de alfalfa es proporcionado varias veces al día y el alimento balanceado se suministra por las tardes en una sola ocasión. No se suministra ningún tipo de alimento en sala de ordeño.

En los dos últimos años se ha buscado incrementar la producción de vainas de las acacias para la alimentación de las cabras por lo que se buscó implementar un apiario para favorecer la polinización de estas leguminosas. Así mismo, durante la época de lluvias crecen plantas nativas como los quelites (quenopodios), que cuando están tiernos si son apetecidos por las cabras pero cuando maduran ya no, por lo que se implementó el corte de ellas para la alimentación de un conejar, el cuál es complementado con alimento comercial durante la época de secas.

Estas prácticas han llevado a un cambio de planteamiento de cómo hacer más rentable la producción de la granja, de pensar en tener más litros de leche y cabritos por cabra, a que con los mismos recursos, tratar de obtener un adecuado nivel productivo por parte de las cabras y obtener otro tipo de alimentos como lo son: la leche de vaca y sus derivados, carne de res y de cordero, huevo y carne de ave, carne de conejo, etc.

Los grupos genéticos seleccionados para esta granja fueron la Toggenburg y la Alpina, debido principalmente por su habilidad lechera.

### **Personal**

Las tres personas que laboran oficialmente en la granja, así como la familia, además de obtener un salario digno por su trabajo, participan en cursos de capacitación y de superación personal, así como en el consumo de todos los productos obtenidos en la misma, ya que para nosotros es el principal y más importante recurso con el que contamos.

### **Control de la producción**

Todos los datos productivos son capturados y analizados mediante un programa basado en Excel con macros de una tesis de licenciatura de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, específicamente para caprinos. Los datos reproductivos y de crecimiento se analizan utilizando el programa Excel.

Al analizar los datos periódicamente se toman decisiones administrativas tanto semanalmente como mensual y anual, realizando programas de trabajo con la misma frecuencia y realizando los cambios pertinentes basados en datos.

Con el trabajo llevado a cabo a lo largo de 12 años, podemos mencionar que la producción caprina es un negocio digno y rentable de producción de alimentos para el hombre, donde se han roto paradigmas de la producción de cabras.

### **Referencias**

García Barrios R. El Desarrollo Sustentable: el caos que emergió del nuevo orden "cooperativo". En: García Barrios R, Tejera Hernández B, Appendini K. Instituciones y desarrollo. Ensayos sobre la complejidad del campo Mexicano. Cuernavaca: UNAM, CRIM; El Colegio de México; Universidad Autónoma Chapingo; 2008. p. 33-64.

## PONENCIAS MAGISTRALES

# A 13 años de investigación en alternativas de suplementación a caprinos en las regiones semiáridas de México

Hector Mario Andrade-Montemayor<sup>1\*</sup>, Juan Carlos Silva-Jarquim<sup>1,2</sup>, Liliana Rojas-Gonzales<sup>1,3</sup>, Alma Violeta Cordova-Torres<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Cuerpo Académico de Morfofisiología Animal, Licenciatura en Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Querétaro, México

<sup>2</sup> Doctorado en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Querétaro, México

<sup>3</sup> Maestría en Salud y Producción Animal Sustentable, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Querétaro, México

## Resumen

Se resumen 13 años de investigación en forrajes regionales alternativos propuestos como alternativas alimenticias o suplementos para caprinos en semiárido Mexicano, se evaluaron diferentes Nopales (*Opuntias* spp.) tanto cultivados como silvestres, vainas de mezquite (*Prosopis* spp.), además hojas de mezquite y vainas de Huizache (*Acacias* spp.), la evaluación consideró el contenido nutrimental, digestibilidad y degradabilidad, así como el contenido de factores antinutricionales, de acuerdo a esto y por su disponibilidad se consideraron como alternativas viales, la vaina de mezquite y el nopal. Posteriormente se realizó una evaluación del uso de estas alternativas en el consumo de agua, materia seca y nutrientes, conversión alimenticia, ganancia de peso, producción y composición de la leche, bajo sistemas intensivos de producción en niveles de sustitución de 40% de la MS ofrecida, y finalmente se evaluó estos suplemento pero bajo condiciones de pastoreo en un nivel del 50% de la suplementación. Los resultados indicaron

que el nopal por su composición es principalmente una excelente fuente de agua, elemento que presenta la primera deficiencia en estas regiones, por otra parte presenta un contenido de proteína similar al maíz, elevada degradabilidad, contenido de energía superior a los ensilados (1,55 Mcal EN7 kg de MS), elevada contenido de minerales en especial Ca. La vaina de mezquite, presenta también elevada degradabilidad, pero digestibilidades de 65 a 67% tanto de MS como de PC, contenidos de PC del 12%, contenidos EN de 1,7 Mcal 7kgde MS, pero variable contenido de factores antinutricionales, que en algunos casos pueden ser antiparasitarios como los taninos, la degradabilidad de su proteína elevada que puede ser reducida con el tostado o hervido, por su contenido de MS puede ser almacenado y utilizado en la época de sequía. En cuanto el comportamiento productivos con el uso de estos suplementos, observamos que el nopal pudo reducir el consumo de agua de bebida, pero debido a su elevado contenido de agua el consumo de agua fue mayor

con el uso del suplemento, no existieron diferencias en la producción y coposición, el contenido de Ácidos grasos poliinsaturados en mayor sobre todo de Ac. Linolenico con el uso del suplemento y en especial con la vaina de mezquite, no se afectaron las ganancias de peso, ni la conversión alimenticia, pero en costo de litro de leche por día fue menor, siendo similar los resultados en animales en estabulación, como en pastoreo. Por lo que se concluye que el uso de estos suplementos en las regiones semiáridas es viable y permite producciones adecuadas, siendo una buena alternativa para productores de estas regiones.

**Palabras clave:** Nopal. Vaina de Mezquite. Suplementación. Cabras. Semiárido.

## Introducción

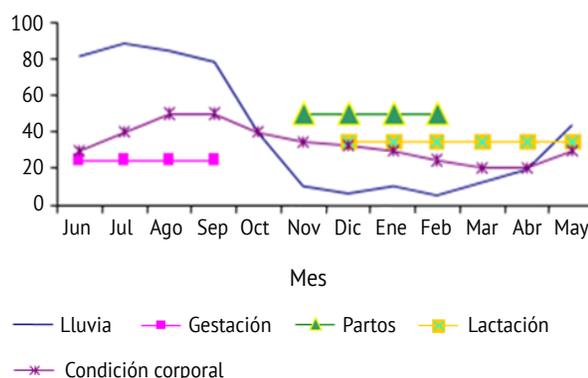
Uno de los principales objetivos de la línea de investigación que hemos desarrollado en los últimos 13 años, es el evaluar algunos de los recursos regionales como alternativas de suplementación para pequeños rumiantes en las regiones semiáridas de México, Áreas en donde el promedio de precipitación pluvial es menor que las pérdidas potenciales de humedad a través de la evaporación y la transpiración (UNEP, 1992).

En México presentan una precipitación pluvial estacional y errática, de 250 a 500 mm al año, ubicada en una época definida (invierno y primavera). La vegetación consiste en arbustivas (muchas de estas leguminosas), abundancia de cactáceas y gramíneas (Mainguet, 1999). Siendo a la ganadería el principal recurso económico de estas regiones, y la cabra un animal predominante, lo cual se debe debido a sus hábitos de consumo (oportunistas) y capacidad de adaptación a regiones con reducida precipitación pluvial, y pobre disponibilidad de agua.

El 65% del territorio mexicano (1,28 millones de km<sup>2</sup>), es árido o semiárido, ubicados principalmente en el centro y norte del país, zona donde vive cerca del 50% de la población y aproximadamente el 80% de la población caprina (8,9 millones de cabezas) (Echevarría et al., 2006; FAO, 2013).

El comportamiento reproductivo de la cabra es estacional, lo cual depende del fotoperiodo y posiblemente de algunos otros factores ambientales,

como la disponibilidad de alimentos, existiendo una estrecha relación y dependencia entre la presencia de lluvias, la disponibilidad de alimentos, el inicio de la actividad reproductiva y la producción (FIRA, 1999; Malpoux, 2005). En el hemisferio norte como es el caso de México, la actividad reproductiva se presenta en los meses de julio a diciembre, época en la que la presencia de lluvias permite una adecuada producción de forrajes y una buena respuesta reproductiva, sin embargo, los partos se presentan de noviembre a mayo, en donde la ausencia de lluvias y la reducida y estacional producción de alimentos, tiene como consecuencia una reducida productividad animal, pobres tasa de fertilidad y nacimientos, así como elevada mortalidad (Figura 1) (Andrade-Montemayor et al., 2011).



**Figura 1** - Relación entre la precipitación pluvial y la producción forrajera, con la estación reproductiva y de partos en caprinos del centro de México (Andrade-Montemayor et al., 2011).

Una forma de resolver este tipo de problemas es por medio del establecimiento de programas estratégicos de suplementación, con productos regionales alternativos, que sean disponibles en la época de deficiencia de alimentos y que presenten producciones suficientes para apoyar la alimentación con adecuadas características nutricionales.

## Suplementación estratégica

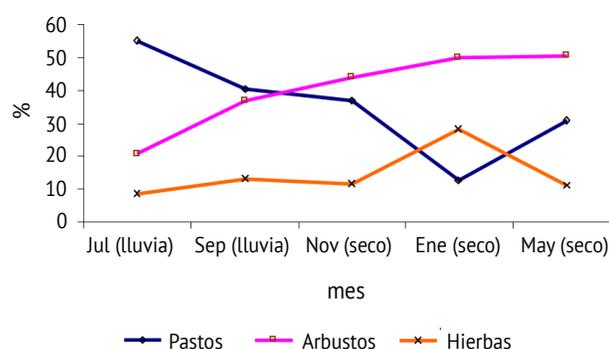
Este sistema consiste en proporcionar un suplemento alimenticio en los momentos en que el animal presenta una mayor demanda, por ejemplo,

próximas y recién paridas, inicio de actividad reproductiva y el destete, la cantidad y tipo debe ser acorde a la necesidad y producción estacional, por lo tanto, debe presentar ciertas características como: producirse durante todo el año o en los momentos de escasez, presentar buenas características de almacenamiento y conservación, ser de preferencia producido en la región, evitando de esta forma la dependencia en su compra y la modificación en los precios de venta, presentar características alimenticias adecuadas en cuanto a su composición química, como en su digestibilidad y degradabilidad ruminal. Por lo tanto, en el presente trabajo partimos del análisis de los hábitos de consumo y la composición de la dieta de caprinos en pastoreo en el semidesierto, como base para establecer un programa de suplementación estratégica y se presentan los resultados de investigación de nuestro equipo de trabajo en los últimos 13 años, en donde se ha caracterizado tanto *in vitro* como *in vivo*, diversas alternativas regionales que por sus características se pueden considerar como alternativas de suplementación estratégica en la región del centro de México, teniendo en cuenta que en cada región se debería de evaluar los recursos regionales con los que cuenten los productores de esas regiones.

### Hábitos de consumo y composición de la dieta de caprinos en el semiárido

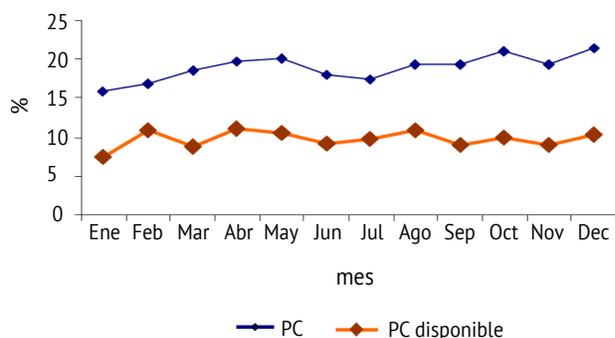
Existe suficiente información que indica que las cabras son animales forrajeros oportunistas y pueden seleccionar y mantener dietas de buena calidad en diversas condiciones (Ramírez y Ledezma-Torres, 1997; Ramírez, 1999; Ramírez et al., 2000), lo que le permite sobrevivir en regiones extremas como las semiáridas en las que otras especies difícilmente sobrevivirían. El forraje existente en estas regiones consiste en arbustivas, algunos pastizales nativos y cactáceas; la época de lluvias es de tan solo cuatro a cinco meses, por lo que es importante conocer la composición botánica y nutricional de la dieta seleccionada por los caprinos durante el año, permitiéndonos realizar programas de suplementación estratégica, que consientan un incremento en la productividad.

En las Figuras 2 a 4 se observa el comportamiento selectivo de caprinos manejados en un sistema de pastoreo extensivo en la región semiárida Jalisco, México (Figura 2), el contenido de proteína cruda (PC) y su disponibilidad durante el año en el noreste de México (Figura 3) y el consumo de materia orgánica digestible (MO) y materia seca (MS) en el noreste de México (Figura 4) (Luna et al., 1988; Ramírez, 1999); se observa la variación estacional en la selección de la dieta, al igual que en diversos estudios en diferentes partes del mundo (Huston, 1978; Devendra, 1982; Louca, 1982; Pfister y Malechek, 1986; Ramírez, 1999; Cerrillo, 2006; Ramírez-Orduña et al., 2008).

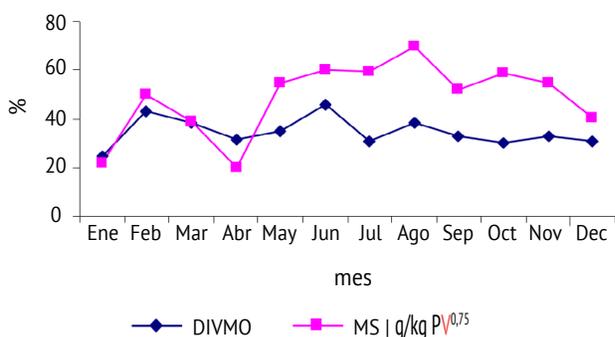


**Figura 2** - Composición botánica (%) de la dieta de cabras durante un año en Jalisco, México (Luna et al., 1988).

Por lo que se concluye que la cabra es un animal que puede llegar a preferir más del 50% de su dieta en arbustivas, sin embargo, de acuerdo a la disponibilidad y calidad del forraje presente puede variar esa preferencia en forma estacional (Luna et al., 1988), de esta forma en la época de lluvias las gramíneas pueden ser las que tienen un mayor consumo, disminuyendo en la época de sequía en donde se incrementa el consumo de arbustivas, sin embargo el contenido de PC es elevado o medio en cuanto a la disponibilidad de la proteína (PC-FDA) pero muy similar durante el año, siendo consecuencia de la selección, así como el elevado contenido de MO digestible en la ración, pero el consumo de MS es reducido (35 a 40g/ kg de peso 0,75) por lo que es necesario suplementar durante la época de partos y producción láctea (Figuras 2,3 y 4).



**Figura 3** - Constenido de proteína cruda y disponible en dietas de cabras pastoreando en noreste de México (Ramírez et al., 1991).



**Figura 4** - Consumo de materia seca (g/kg PV<sup>0,75</sup>) y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) de cabras pastoreando en un agostadero en el noreste de México (Ramírez et al., 1991).

La variación estacional en la composición botánica de la dieta produce una variación estacional en su composición nutrimental (Figura 3 y 4). Sin embargo, el consumo de arbustivas leguminosas y no leguminosas puede llegar a ser de 50 a 60% incrementándose en la época de sequía, y el consumo de pastos y herbáceas se incrementan en la época de lluvias (Schacht and Malechek, 1990; Ramírez et al., 1991; Guim et al., 2007; Ramírez-Orduña et al., 2008). El contenido de proteína cruda/kg de MS presentó una media anual de 14,2% variando en los diferentes periodos de colección y siendo menor en la primavera y el verano por la disminución en el consumo de arbustivas y arbóreas, sin embargo la asociación del apC con la FDA permite que solo se puede considerar 11% de la proteína/kg de MS como PC disponible, debido a esto y el reducido consumo es importante el establecimiento de programas

de suplementación estratégica con productos regionales, que presenten como características:

1 - Disponibilidad en la región durante la mayor parte del año, o suficiente producción para permitir su almacenamiento y disponibilidad anual, principalmente en la época de deficiencias. Lo que implica que sean forrajes que requieran poca agua y eviten las pérdidas de esta.

2 - Aportar los nutrientes deficitarios para complementar y apoyar la dieta de los caprinos de estas regiones, tales como fuentes de nitrógeno, carbohidratos no estructurales, minerales y agua.

3 - Presentarse en la época de mayor demanda productiva, al considerarse como un sistema de suplementación estratégica, siendo las épocas importantes en el momento del inicio de la actividad reproductiva, en el parto y al menos al inicio de la lactancia, siendo estas dos últimas la de mayor demanda nutricional y que coinciden con el momento de menor disponibilidad alimenticia.

### Estrategias de adaptación

De acuerdo a la disponibilidad de alimento la cabra realiza una selección del material de mayor calidad para cubrir parte de sus necesidades, sin embargo, durante una parte del año, en especial en la época de sequía no puede cubrir sus necesidades nutricionales, la época de partos y producción láctea se presentan en el momento en que la disponibilidad de alimentos es reducida. En ese sentido, las cabras presentan algunos elementos de adaptación que les permiten sobrevivir aún bajo condiciones extremas. Silanikove (2000), menciona que las cabras nativas del desierto como la Black Bedouin son más eficientes en el aprovechamiento de alimentos con elevadas cantidades de fibra de mala calidad, además de mencionar que el metabolismo energético de estas es menor que el que se predice por su masa corporal. Por otra parte, estos animales son capaces de mantener su peso corporal estable aún con una reducción en el consumo del 50%, disminuyendo la producción de calor en ayuno en un 53% y adaptarse a un bajo consumo de energía disminuyendo el metabolismo energético, lo cual puede ser común en animales expuestos a grandes periodos de sequía (Silanikove, 2000).

Por otro lado, las cabras nativas de las regiones semiáridas son capaces de consumir arbustos ricos en taninos y lignina (compuestos fenólicos) por lo que, bajo condiciones del semiárido la cabra presenta una mayor capacidad de adaptación que otros rumiantes.

### **Nopal, Palma Forrageira o Chumbera (*Opuntias* spp.) como suplemento estratégico**

Desde tiempos pre-hispánicos las *Opuntias* jugaron un papel importante en la cultura mexicana, siendo una parte importante en la economía agrícola y en la dieta de los antiguos mexicanos, y jugaron un rol importante en el imperio azteca, siendo junto con el maíz (*Zea mays*), el amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) y el agave (*Agave* spp.) los principales cultivos de ese imperio (Betancourt-Dominguez et al., 2006). Las *Opuntias* se encuentran distribuidas en diversos países y en todos los continentes; existen más de 300 especies del género *Opuntia* y cerca de 104 especies y variedades en México. Las *Opuntias* se consideran como una buena alternativa forrajera, pueden llegar a producir más de 10 ton de materia seca/ha, ya que son muy eficientes en la conversión de agua a materia seca, y a energía digestible, los cactus son resistentes a las sequías, su generación de biomasa por unidad de agua es tres veces mayor que las plantas C4 y cinco veces más que las C3, en condiciones óptimas, los diferentes tipos de plantas pueden producir cantidades similares de materia seca por superficie, pero bajo condiciones áridas o semiáridas, las plantas CAM son superiores a las C3 y C4. Las *Opuntias* se han utilizado como fuente de energía y agua para el ganado en época de sequía, en general se combina con otros alimentos ya que el contenido de materia seca (MS) (10 - 15%) y proteína es reducido (6 - 9%), sin embargo, presenta un buen contenido de carbohidratos (30 - 40%) y minerales (25% en donde el calcio supera el 3%). Se estima que en el mundo existen 900 mil ha de *Opuntias* como productoras de forraje, y se han utilizado para prevenir la erosión y para el combate de la desertificación, debido a su crecimiento en suelos degradados y adaptación, presentando gran capacidad de sobrevivencia y producción en

regiones con escasa y errática precipitación pluvial y elevada temperatura. Los cactus contribuyen en el mejoramiento del nivel de vida de las poblaciones de las regiones semiáridas o áridas del mundo. En el norte de África se utiliza como alimento para ganado, o como su fruto para el consumo humano, al igual en el Asia Oriental (Jordania, Pakistán and Siria) se planta para uso animal, de la misma forma en países tales como Brasil, Marruecos, México, Sudáfrica y Túnez entre otros se proporciona como suplemento de emergencia en periodos de Sequía; en México son una excelente fuente de alimento para la población, usando los Cladodios de muy variadas formas y su fruto.

En general los cladodeos de *Opuntias* presentan un elevado contenido de agua (85 a 94% de agua), bajo contenido de proteína (6 a 8%), elevado contenido de minerales (15 a 25%) (Ben Salem y Smith, 2008; Cordova-Torres et al., 2009; Costa et al., 2009). En la Tabla 1 se presentan los resultados de nuestro laboratorio sobre el efecto del tamaño de la penca de *Opuntia ficus indica* var. Copena en su composición nutricional, esta evaluación se realizó con la finalidad de caracterizar los cladodeos no utilizados para consumo humano, sean usados como suplemento en animales. En algunos países los granjeros los consideran a las *Opuntias* como una buena fuente de agua (Ben Salem y Smith, 2008; Costa et al., 2009). La gran variabilidad que presentan las *Opuntias* en su composición, aun siendo la misma especie, es importante, siendo común el elevado contenido de humedad, y minerales, y el reducido contenido de proteína. Sin embargo, el contenido de carbohidratos no fibrosos es de 25 al 30%, lo cual lo convierte en una adecuada fuente de fibra. En esos términos, toman relevancia el contenido de agua y minerales, además de la posibilidad contar con este alimento en cualquier época del año, y en especial en la época de menor producción forrajera.

Así mismo, existen 300 especies del genero *Opuntia*, y 104 de estas se encuentran en México (Reynolds et al., 2001). Algunas de estas pueden ser consideradas como alternativa al uso de *Opuntia ficus indica*, al no presentar un valor comercial y presentar mejores características de adaptación a su región de origen, por lo que se realizó un estudio con la finalidad de caracterizarlo nutricionalmente.

**Tabla 1** - Composición nutricional de la *Opuntia ficus indica* de diferentes tamaños y edades (resultados de nuestro equipo de trabajo)

Autor	Variiedad	MS	MO	PC	FDN	FDA	PC-FDA	Cenizas
Cordova-Torres et al. (2009)	<i>O. ficus-indica</i> var. <i>Copena (small)</i>	16,5	86,6	4,55	35,85	20,23	1,36	13,39
Cordova-Torres et al. (2009)	<i>O. ficus-indica</i> var. <i>Copena (medium)</i>	15,47	83,54	5,22	39,63	21,33	1,76	16,45
Villegas-Díaz et al. (2007)	<i>O. ficus-indica (small)</i>	8,33	76,3	7,7	36,8	11,8	0,23	23,7
Villegas-Díaz et al. (2007)	<i>O. ficus-indica (medium)</i>	9,70	75,2	5,8	44,9	17,8	0,43	24,8
Villegas-Díaz et al. (2007)	<i>O. ficus-indica (big)</i>	10,28	74,4	5,9	43,5	16,0	0,30	25,5

**Tabla 2** - Composición química de cinco variedades de Opuntias Mexicanas resultados de nuestro equipo (Cordova-Torres et al.,2015)

	<i>O. megacantha</i>	<i>O. hyptiacantha</i>	<i>O. robusta</i>	<i>O. streptacantha</i>	<i>O. ficus indica</i>	EE $\pm$ <sup>1</sup>	Sig. <sup>2</sup>
MS	12,15 <sup>b</sup>	13,76 <sup>b</sup>	12,61 <sup>b</sup>	10,93 <sup>ab</sup>	7,81 <sup>a</sup>	1,630	*
M,Organica	83,51 <sup>a</sup>	80,26 <sup>b</sup>	82,22 <sup>c</sup>	83,26 <sup>d</sup>	74,90 <sup>e</sup>	0,110	***
FDN	47,75 <sup>ab</sup>	51,06 <sup>bc</sup>	54,25 <sup>c</sup>	48,29 <sup>a</sup>	45,98 <sup>a</sup>	1,590	**
FDA	18,39 <sup>a</sup>	23,00 <sup>b</sup>	20,27 <sup>abc</sup>	18,78 <sup>ac</sup>	28,74 <sup>d</sup>	1,550	***
PC	4,49 <sup>a</sup>	5,97 <sup>b</sup>	7,23 <sup>c</sup>	4,85 <sup>d</sup>	6,89 <sup>e</sup>	0,110	***
Lignina	1,25	2,01	2,12	1,47	2,54	0,550	NS
PC-FDN (%PC)	4,21	4,26	5,26	4,17	3,94	1,270	NS
PC-FDA (%CP)	1,83	1,63	1,58	0,06	3,00	0,970	NS
Cenizas	16,48 <sup>a</sup>	19,73 <sup>b</sup>	17,77 <sup>c</sup>	16,73 <sup>d</sup>	25,09 <sup>e</sup>	0,110	***
Ca(%)	2,92 <sup>a</sup>	4,78 <sup>b</sup>	2,77 <sup>a</sup>	3,45 <sup>c</sup>	5,26 <sup>d</sup>	0,100	***
P(%)	0,22 <sup>a</sup>	0,30 <sup>b</sup>	0,26 <sup>ab</sup>	0,23 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,010	*
Mg(%)	1,43 <sup>a</sup>	1,65 <sup>b</sup>	1,71 <sup>b</sup>	1,52 <sup>abd</sup>	1,27 <sup>c</sup>	0,050	**
Na(%)	0,05 <sup>a</sup>	0,04 <sup>b</sup>	0,04 <sup>bc</sup>	0,04 <sup>bc</sup>	0,05 <sup>a</sup>	0,003	**
K(%)	1,87 <sup>a</sup>	1,63 <sup>a</sup>	2,51 <sup>ab</sup>	1,20 <sup>ac</sup>	1,90 <sup>a</sup>	0,250	*
Fe (ppm)	70,14 <sup>a</sup>	62,81 <sup>b</sup>	47,62 <sup>c</sup>	62,52 <sup>b</sup>	43,37 <sup>c</sup>	1,470	***
Mn (ppm)	470,91 <sup>a</sup>	103,13 <sup>b</sup>	131,13 <sup>b</sup>	469,06 <sup>a</sup>	294,58 <sup>c</sup>	11,750	***
Zn (ppm)	16,16 <sup>a</sup>	9,70 <sup>b</sup>	15,16 <sup>a</sup>	18,91 <sup>a</sup>	25,66 <sup>c</sup>	1,240	***
Cu (ppm)	5,09 <sup>a</sup>	4,30 <sup>a</sup>	4,34 <sup>a</sup>	5,01 <sup>a</sup>	8,29 <sup>b</sup>	0,250	***
Mo (ppm)	15,56 <sup>a</sup>	14,88 <sup>b</sup>	14,90 <sup>b</sup>	15,29 <sup>ab</sup>	15,50 <sup>a</sup>	0,150	*
Se (ppb)	86,49 <sup>a</sup>		40,95 <sup>b</sup>	51,54 <sup>c</sup>	107,84 <sup>d</sup>	1,790	***
Co (ppb)	102,97 <sup>a</sup>		42,55 <sup>b</sup>	95,21 <sup>c</sup>	55,02 <sup>d</sup>	2,210	***

Nota: <sup>1</sup> Error estándar de la media. <sup>2</sup> NS: no significativo ( $p > 0,05$ ), diferencias a \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ .

En la Tabla 2 se presentan algunos de los resultados en los que se compara la composición química nutricional de la *Opuntia ficus indica* vs cuatro variedades de *Opuntias silvestres* con potencial de uso. Existe una importante variación en el contenido nutricional entre especies, sin embargo, los elementos generales y comunes

son: un bajo contenido de materia seca (MS) (7,8 a 13,7%), elevado contenido de cenizas (16,48 a 25,09% de la MS) y fibra en detergente neutro (FDN) (45 a 54% de la MS), bajo contenido de proteína cruda (PC)(4,43 a 7,2% de la MS), de la cual un porcentaje elevado se encuentra unida al de FDN y fibra en detergente ácido (FDA) lo que

podría limitar su degradación. Por otra parte, presenta un elevado contenido de Ca (2,9 a 5,2% of the DM) y bajo contenido de fósforo (Villegas et al., 2008; Cordova-Torres et al., 2009), lo que coincide con lo observado por Kawas et al. (2010).

Ahora bien, es importante el reducido contenido de Se (40 a 107 ppb) y de Co (42 a 102 ppb), lo cual puede deberse a deficiencias de estos minerales en la región en donde fue cosechado (Colon, Querétaro, México). Sin embargo, al parecer la disponibilidad del calcio en la *Opuntia ficus indica* es reducida, debido al elevado contenido de oxalatos (Rekik et al., 2010).

### Efecto de la suplementación de *Opuntias* en el consumo de agua y material seca, digestibilidad *in vivo* y degradabilidad *in situ* e *in vitro* de la MS y FDN

Se han realizado diversos estudios evaluando el consumo y digestibilidad de las raciones con la suplementación de *Opuntias*, tanto en ovinos como en caprinos, en los que se observa que la suplementación con *Opuntias* incrementa el consumo de alimento pero se disminuye el consumo de agua de bebida al incrementarse la cantidad de agua consumida por medio de la *Opuntia* (Tegenge et al., 2007; Costa et al., 2009). Debido a lo anterior, en algunos países las *Opuntias* se consideran principalmente como fuente de agua; en ese sentido, Ben Salem y Smith (2008) mostraron que borregos adultos pueden cubrir sus requerimientos de agua consumiendo 300 g de materia seca de caldodeos de *Opuntias* frescos (4 a 4,5 kg caldodeos frescos). En cuanto a materia orgánica, fracciones fibrosa (FDN), PC y carbohidratos no fibrosos el contenido y la digestibilidad es muy variable.

En nuestro laboratorio hemos evaluado la composición de la penca diversas *Opuntias* de acuerdo a su grado de madurez y especie (Tablas 1 y 2) así como su digestibilidad (Tabla 3). La degradabilidad ruminal de la MS, PC de la *Opuntia ficus indica* de acuerdo a su madurez se pueden observar en las tablas 7 respectivamente.

La evaluación de la digestibilidad *in vivo* de la MS, MO, PC, y NDF (Tabla 4) se realizó con raciones en las que se substituyó el 20% de la materia seca por cladodeos de *O.ficus-indica* grandes o pequeños en

comparación con la ración control (sin cladodeos), las raciones fueron isoenergéticas e isoproteicas y se observó un incremento en la digestibilidad de la PC y de la MO en las que contenían 20% de cladodeos, siendo superior en las que contenían cladodeos grandes (Cordova-Torres et al., 2009).

**Tabla 3** - Efecto del tamaño del cladodeo de *Opuntia ficus indica* var. *Copena* en la digestibilidad *In situ* en caprinos (Cordova-Torres et al., 2009)

	Control <sup>1</sup>	Cladodeo pequeño <sup>2</sup>	Cladodeo grande <sup>3</sup>	EE ± <sup>4</sup>	Sig. <sup>5</sup>
MS <sup>6</sup>	57,20	59,26	61,77	1,20	NS
MO	63,23 <sup>a</sup>	64,32 <sup>a</sup>	67,67 <sup>b</sup>	1,20	***
PC	56,67 <sup>a</sup>	49,28 <sup>b</sup>	57,51 <sup>a</sup>	1,99	*
FDN	45,27	44,65	47,89	1,68	NS
FDA	43,22	41,62	45,24	1,94	NS

Nota: MS = materia seca; MO = materia orgánica; PC = proteína cruda; FDN = fibra en detergente neutro. <sup>1</sup>Dieta control (88,97 MS, 7,56 PC; 53% FDN); <sup>2,3</sup>Dieta con 20% de Cladodeo pequeño o grande y 80% de la dieta control, dietas isoproteicas e isoenergéticas; <sup>4</sup>Erro estandar; <sup>5</sup>Sig = NS: p > 0,05; \* p < 0,05; \*\*\* p < 0,001).

En otro trabajo de nuestro equipo (Villegas et al., 2008), se observó que la degradación efectiva de la MS fue mayor (p < 0,05) con la penca chica y fue similar entre la penca mediana y la grande (Tabla 4). La penca chica presentó un mayor contenido de elementos solubles (a) y que la penca mediana presentaba un mayor contenido de material de baja degradación, sin embargo, la tasa de degradación (c) fue similar (p > 0,05). Es importante observar que al ajustar la degradación a diversas tasas de paso (kp) la degradación efectiva disminuía en forma similar con valores cercanos al 60%, presentando la penca chica una mayor degradación.

La degradación ruminal de la PC (Tabla 4) presentó resultados similares a la degradación de la MS, el chico presenta una fracción de proteína soluble (a) y potencialmente degradable mayor, siendo similar la degradación potencial de la PC entre la penca mediana y penca grande (p > 0,05). Sin embargo, en este caso, al ajustar la degradación

a diferentes tasas de paso (kp: 0,04; 0,06; 0,08), la degradación efectiva de la PC de la penca chica, es probable que la degradación de la PC se reduzca de esta forma por ser importante el contenido de PC unido a la FDN.

La degradabilidad *in vitro* de la MS de los cactus silvestres evaluados fue similar en todos los casos

valores de degradación efectiva (*in vitro*) de la MS similares a los obtenidos con *O. ficus indica* (45 a 49%), y en todos los casos, la tasa de degradación fue elevada (0,21 a 0,67), teniendo como consecuencia una degradación potencial similar a la degradación efectiva, siendo en los dos casos similar y cercana al 50%.

**Tabla 4** - Parámetros de cinética de la degradación de la materia seca (MS) y proteína cruda (PC) de penca de nopal con diferentes tamaños o madurez

Degradabilidad de la MS		Deg, Potencial <sup>1</sup>			Deg, Efectiva <sup>2</sup>			R <sup>2</sup>	EM
Tamaño de penca	a	b	c	a + b	Kp = 0,04	Kp = 0,06	Kp = 0,08		
P. chica	42,16 <sup>a</sup>	55,27 <sup>a</sup>	0,027 <sup>a</sup>	97,43 <sup>a</sup>	64,43 <sup>a</sup>	59,31 <sup>a</sup>	56,10 <sup>a</sup>	79,80	6,55
P. mediana	35,1 <sup>b</sup>	64,70 <sup>b</sup>	0,019 <sup>a</sup>	99,8 <sup>a</sup>	55,93 <sup>b</sup>	50,66 <sup>b</sup>	47,51 <sup>b</sup>	89,23	4,15
P. grande	35,16 <sup>b</sup>	53,02 <sup>a</sup>	0,033 <sup>a</sup>	88,18 <sup>b</sup>	59,12 <sup>b</sup>	53,97 <sup>b</sup>	50,64 <sup>b</sup>	72,06	6,48
Sig	**	**	NS	***	***	**	**		

Degradabilidad de la PC		Deg, Potencial <sup>1</sup>			Deg, Efectiva <sup>2</sup>			R <sup>2</sup>	EM
Tamaño de penca	a	b	c	a + b	Kp = 0,04	Kp = 0,06	Kp = 0,08		
Nopal Chico	20,89a	85,03a	0,02a	105,92 a	49,23 <sup>a</sup>	42,14 <sup>a</sup>	37,89 <sup>a</sup>	82,6	11,86
Nopal Mediano	12,96b	51,61b	0,29b	64,57 b	58,31b	55,72b	53,41b	72,7	15,93
Nopal Grande	11,12b	54,45c	0,21c	65,57 b	56,85b	53,47b	50,54b	73,8	11,03
Sig	**	***	***	**	**	**	**		

Nota: a = fracción soluble y de rápida degradación (%); b = fracción potencialmente degradable; c = tasa fraccional de degradación. <sup>1</sup> Deg, Potencial = a + b; <sup>2</sup> Deg, Efectiva = a + b (c/c+kp), Kp = tasa fraccional de paso (0,06/h); Sig = significancia; NS = no significativa (p > 0,05). \*\*\* = p < 0,001.

**Tabla 5** - Efecto de la suplementación con *Opuntia ficus indica* var. *Copena* en el consume de agua (de bebida y del alimento y producción de orina en cabras Nubias (Cordova-Torres et al., 2009)

	Control	Pch	Pgr	EE ± <sup>1</sup>	Sig. <sup>2</sup>
Consumo de agua fresca (ml)/	1907,2a	1644,3 <sup>a</sup>	1420,7 <sup>b</sup>	107,5	***
Consumo de H <sub>2</sub> O <sup>1</sup> total (ml/d)	2030,19 <sup>a</sup>	2946,31 <sup>b</sup>	2696,68 <sup>c</sup>	107,5	***
Orina ml/d	743,07 <sup>a</sup>	1161,64 <sup>b</sup>	1228,03 <sup>b</sup>	56,1	***
Consumo de agua fresca (ml)/kg PV <sup>0,75</sup>	113,48 <sup>a</sup>	97,41 <sup>a</sup>	80,44 <sup>b</sup>	6,2	**
Consumo de H <sub>2</sub> O total (ml/kg de PV <sup>0,75</sup> )	120,66 <sup>a</sup>	174,24 <sup>b</sup>	152,57 <sup>c</sup>	6,5	***
Orina (ml/kg de PV <sup>0,75</sup> )	44,34 <sup>a</sup>	71,87 <sup>b</sup>	69,71 <sup>c</sup>	3,8	***

Nota: <sup>1</sup> Agua de bebida y consumida en el alimento.

En la Tabla 5 se observa el efecto de la suplementación con *Opuntias* en el consumo de agua de bebida y el consumo total que considera el agua de bebida y el agua contenida en el alimento, así como la producción de orina. Los

resultados indicaron que la suplementación con *Opuntias* reduce el consumo de agua de bebida al incrementar el consumo de agua total, por el elevado contenido de agua en esta cactácea; por otra parte se incrementa la producción de orina en

forma significativa. Esta información coincide con la que presenta Costa et al. (2009), en donde los animales llegaron a reducir su consumo de agua de bebida en forma importante, por lo que esta cactácea puede ser considerada como una fuente de agua, en especial en regiones en que la escasez de este líquido es importante.

En la Tabla 6 se puede observar el efecto del consumo de *Opuntias* en el balance de nitrógeno, en donde no presentó ningún efecto en el nitrógeno excretado en heces y orina, pero sí en lo consumido al tener un reducido contenido de proteína, lo cual se reflejó en una breve reducción en el balance de nitrógeno.

**Tabla 6** - Efecto del consumo de Cladodeos de *Opuntia ficus indica* var. *Copena* (Cordova-Torres et al., 2009)

	Control	Pch	Pgr.	EE $\pm$ 1	Sig <sup>2</sup>
N consumido	12,73 <sup>a</sup>	11,40 <sup>b</sup>	12,100 <sup>c</sup>	0,100	***
N en Heces	4,81	5,72	4,980	0,300	NS
N en orina	3,13	3,23	3,340	0,200	NS
Balance de nitrógeno	4,78 <sup>a</sup>	2,44 <sup>b</sup>	3,770 <sup>a</sup>	0,300	***
N consumido (g/kg de pv <sup>0,75</sup> por día),	0,74 <sup>a</sup>	0,67 <sup>b</sup>	0,680 <sup>c</sup>	0,060	***
N en orina (g/kg de pv <sup>0,75</sup> por día),	0,18	0,19	0,190	0,008	NS

### Mezquite, Algarrobo (*Prosopis laevigata*) como suplemento

Esta leguminosa arbórea se encuentra presente en la mayor parte de las regiones semiáridas del mundo, existiendo más de 50 géneros; en América al menos se encuentran 42 y presenta una distribución que va desde Estados Unidos hasta la Patagonia, siendo importantes el *P. laevigata* en México, *P. glandulosa* en USA y México, *P. juliflora* en norte de Sudamérica, Antillas, Centro América y México, *P. flexuosa* en Bolivia, Chile y Argentina, *P. rubiflora* en Brasil y Paraguay, además de existir una variedad importante en África (*P. africana*) y las regiones mediterráneas, tales como Grecia, Israel, Chipre, Argelia y Túnez, o en países como Afganistán (Palacios et al., 2000). Sin embargo, en América se consideran dos grandes centros de desarrollo el norteamericano (México y Texas) y el sudamericano (Argentina, Paraguay y Chile) (INE, 2008). En México existen *P. articulata*, *P. tamaulipana*, *P. palmeri*, *P. reptans*, *P. vetulina*, *P. juliflora*, *P. laevigata*, *P. glandulosa* (CNZA, 1994). El *P. laevigata* es el de mayor difusión, encontrándose en las regiones centro y sur del país, en ambientes muy diversos que van desde los subhúmedos hasta áreas con precipitaciones de 300 mm anuales o menos.

En México, existen cerca de 4 millones de hectáreas de Mezquite (*Prosopis* spp.) distribuidos principalmente en las regiones semiáridas y áridas del país, la producción estimada es de 4,5 ton/ha (Rodríguez-Franco y Maldonado, 1996), el periodo de cosecha de la vaina en México es en los meses de julio hasta septiembre.

La producción de vaina es muy variable (2 a 10,5 kg/árbol), siendo posible producciones superiores a los 6000/kg/ha/año. La vaina presenta un contenido de CP variable que va de 10 a 18% (Valencia et al., 2007).

Las semillas de leguminosas presentan un contenido elevado de proteínas solubles y degradables, lo que puede resultar en una pérdida innecesaria de nitrógeno en rumen (Yu et al., 2002). Esto, aunado a un elevado contenido de factores antinutricios que presentan las semillas de leguminosas, pueden reducir la disponibilidad y digestibilidad de nutrientes en la ración (Alegría-Ríos et al., 2007; Andrade-Montemayor et al., 2008a, b). Los tratamientos térmicos sobre las semillas de leguminosas, han demostrado ser eficientes en la reducción de la degradación de la PC, traduciéndose en una mayor eficiencia en la utilización del N en ovinos y bovinos (Goelma et al., 1999; Yu et al., 2002a), además de reducir el contenido de productos antinutritivos.

En este trabajo se presentará el efecto del uso de la vaina de mezquite cruda o tostada en la digestibilidad y degradabilidad ruminal en caprinos, y se describirá su composición para considerarlo como una alternativa de alimentación para caprinos en el semidesierto.

### Efecto del tratamiento térmico sobre la composición de la vaina de mezquite

En la Tabla 7, se presenta el efecto del tostado de la vaina de mezquite en su composición química,

observándose que este tratamiento disminuyó ( $p < 0,01$ ) el contenido de OM y NDF, y presentó un incremento en el contenido PC-NDF ( $p < 0,01$ ), lo que puede deberse a la formación de complejos entre carbohidratos de la pared celular y proteínas, esta respuesta se ha observado en diferentes semillas de leguminosas (Yu et al., 2002; Andrade-Montemayor, 2005).

Es interesante observar un contenido de proteína de 11 a 12%, aun cuando se encuentra unida a fracciones fibrosas (27 a 36% de la CP está unida a ADF) lo cual puede limitar su aprovechamiento. Por otra parte, el contenido de Se y Co son reducidos (50 a 60 partes por billón).

**Tabla 7** - Composición química de la vaina de mezquite cruda y tostada (Andrade-Montemayor et al., 2011).

	Vaina cruda	Vaina tostada	Sig <sup>1</sup>	EEM $\pm$ <sup>2</sup>
MS	91,71	95,45	**	2,64
MO	94,10	93,72	***	0,95
PC	11,74	12,25	**	0,36
FDN	26,45	25,93	***	0,36
FDA	16,91	18,21	*	0,91
Hemicelulosa	9,54	7,72	NS	1,28
PC-FDN (%MS) <sup>3</sup>	4,77	4,96	**	0,13
PC-FDA (%MS)	3,26	4,51	NS	0,88
PC-FDN (%PC) <sup>4</sup>	40,63	40,48	***	0,10
PC-FDA (%PC)	27,76	36,81	NS	6,39
Cenizas minerales % MS	5,90	6,23	**	0,20
Ca%	0,32	0,38	NS	0,02
P%	0,16	0,17	NS	0,006
Mg%	0,12	0,12	NS	0,002
Na%	0,02	0,01	NS	0,002
K%	0,96	1,23	NS	0,07
Fe (ppm) <sup>5</sup>	92,13	162,17	***	1,66
Mn (ppm)	10,89	12,33	NS	20,26
Zn (ppm)	25,41	25,39	NS	0,83
Cu (ppm)	3,97	4,28	NS	0,13
Mo (ppm)	0,16	0,21	NS	0,02
Se (ppb) <sup>6</sup>	62,27	53,49	*	2,80
Co (ppb)	50,58	65,44	*	4,35

Nota: <sup>1</sup> Sig = NS:  $p > 0,05$ ; \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ . <sup>2</sup> Erro estándar de la media. <sup>3</sup> PC-FDN o FDA (MS%) = proteína cruda unida a las fracciones fibrosas como % de la MS o % de la PC %.

### **Coefficiente de digestibilidad aparente contenido de nutrientes digestibles y balance de nitrógeno en la vaina de mezquite cruda y tostada**

El tostado de las semillas de leguminosas tiene como finalidad el reducir la degradabilidad de la PC para evitar pérdidas de nitrógeno en el rumen, así como el disminuir el contenido de factores antinutricionales termolábiles o modificar su estructura y actividad (Yu et al., 2002). Empero, es importante que este tratamiento no modifique la composición química ni disminuya la digestibilidad del alimento. Existen diversos tratamientos en los que se combina el incremento de la temperatura con modificaciones en la humedad, presión y tiempo de aplicación (Yu et al., 2002), en ese sentido, Yu et al. (2002) aplicando diversos tratamientos térmicos, observaron que el que mejor resultados presentó, en cuanto a la disminución en la degradabilidad

de la CP, sin presentar efectos en la digestibilidad de nutrientes del alimento, fue el tostado en seco a 150 °C/45 minutos (Yu et al., 2002; Andrade-Montemayor, 2005). En la Tabla 8 se observa, el efecto de este tratamiento a la vaina de mezquite (*Prosopis laevigata*), sobre la digestibilidad de los diferentes nutrientes. La vaina fue utilizada en ración que contenían el 20% de esta y 80% de una ración control, observándose que el uso de mezquite crudo o tostado no modifica la digestibilidad aparente de la ración ni su contenido de nutrientes, con excepción de la digestibilidad de la ADF y el contenido de FDA digestible (Tabla 8) los cuales se incrementaron en raciones que contenían vaina de mezquite. Es interesante observar que la digestibilidad de la PC va de 61 a 65% en raciones con 20% de vaina de mezquite, así como el contenido de nutrientes digestibles que es de 72 a 80% de MO digestible, indicador de un adecuado contenido de energía (3,2 Mcal de ED/kg de MS).

**Tabla 8** - Digestibilidad aparente y coeficiente de digestibilidad aparente y contenido de nutrientes digestibles en vaina de mezquite tostado y sin tostar, la ración control es sin mezquite (Alegria-Ríos et al., 2009)

Nutriente	Control	Vaina cruda	Vaina tostada	EEM <sup>±2</sup>	Sig <sup>1</sup>
<b>Coefficiente de digestibilidad</b>					
MS	68,0 ± 2,6	64,9 ± 3,5	67,1 ± 2,9	1,6	NS
MO	67,5 ± 2,5	64,7 ± 3,3	66,6 ± 2,9	1,6	NS
PC	61,3 ± 3,3	62,1 ± 4,5	65,3 ± 3,3	2,0	NS
FDN	40,5 ± 2,8	25,0 ± 3,1	31,3 ± 3,1	4,1	NS
FDA	22,6 ± 2,3 <sup>a</sup>	65,8 ± 2,5 <sup>b</sup>	67,1 ± 2,5 <sup>b</sup>	3,4	***
<b>Nutrientes digestibles (% MS)</b>					
MOdig	79,8 ± 6,8	72,1 ± 7,1	82,9 ± 3,7	3,8	NS
PC dig	12,4 ± 1,2	11,0 ± 1,2	13,2 ± 0,5	0,7	NS
FDN dig	7,4 ± 0,5	5,0 ± 0,6	6,2 ± 0,6	0,8	NS
FDA dig	2,1 ± 0,2 <sup>a</sup>	7,4 ± 0,3 <sup>b</sup>	7,6 ± 0,3 <sup>b</sup>	0,4	***

Nota: <sup>1</sup> Sig = NS: p > 0,05; \* p < 0,05; \*\* p < 0,01; \*\*\* p < 0,001. <sup>2</sup> Error estándar de la media.

### **Efecto del tostado y hervido de la vaina de mezquite en el contenido y modificación en la actividad de algunos factores antinutricionales de la vaina de mezquite**

En la Tabla 9 se aprecia el efecto del tostado de la vaina de mezquite en el contenido de diversos

factores antinutricionales, observándose que este tratamiento disminuyó (p < 0,05) el contenido de fenoles totales (mg de ácido gálico/g de MS) y la actividad inhibitoria de proteasas (UI/g de MS), sin embargo, provocó un incremento (p < 0,05) en el contenido de taninos condensados (mg equivalentes catequina/g de MS) y en la actividad aglutinante de

lectinas (UA/g de MS). Los compuestos fenólicos totales, son potencialmente tóxicos para los rumiantes, pudiendo ocasionar lesiones en el tracto digestivo como: hemorragias intestinales, gastroenteritis, necrosis hepática y pancreática, e inhibir la producción de enzimas digestivas (Reed et al., 2000) además de deprimir la digestión de glúcidos solubles y hemicelulosa (Ramos et al., 1998). El incremento en la concentración de taninos condensados o proantocianidinas debido al tostado pudo ocurrir por la formación de nuevos enlaces entre estos compuestos, provocando la condensación (Hervás et al., 2004). Los taninos condensados pueden tener efectos positivos en el animal debido a su actividad antihelmíntica, además que los taninos pueden proteger a las proteínas vegetales de la degradación microbiana, por la formación de complejos entre taninos y proteínas evitando su degradación ruminal y permitiendo un mayor paso de proteína al intestino delgado, en donde se puede disociar el complejo tanino-proteína debido al pH de este sitio (Ramos et al., 1998; Reed et al., 2000; Makkar, 2003; García, 2004; Alegría et al., 2007).

La mayor parte de las semillas de leguminosas presentan algunos factores que inhiben la actividad de proteasas, en general, estos factores son proteínas, por lo que el tratamiento térmico puede disminuir su actividad o destruirlos (Liener, 1989). Brenes y Brenes (1993) mencionan que el tostado en seco puede disminuir la actividad de los inhibidores de tripsina en rangos de 54 al 82%, lo cual es dependiente de la temperatura, tiempo de exposición, humedad y tamaño de partícula. En cuanto a la actividad aglutinante de las lectinas, estas son glicoproteínas con la capacidad de aglutinar eritrocitos y causar daños en las células epiteliales de las vellosidades intestinales, en el lumen y afectando la secreción enzimática y la producción de hormonas gastrointestinales como la colecistoquinina, disminución en el crecimiento del animal, modificación en la flora intestinal permitiendo el desarrollo de coliformes (Liener, 1989; Brenes y Brenes, 1993). Aun cuando se mencionan algunos efectos positivos como su actividad antihelmíntica (Putzstai et al., 2004). El incremento en la actividad aglutinante de las lectinas se pudo deber a que la temperatura

pudo provocar el rompimiento de enlaces de dichas lectinas con carbohidratos dejando libres espacios activos y permitiendo el incremento en su actividad aglutinante (Alegría-Ríos et al., 2007). Es importante mencionar que el efecto nocivo de las lectinas está relacionado a su concentración, en estudios en ratas alimentadas con frijol negro con elevado contenido de lectinas, se observó que con un consumo de 0,5% de lectinas en relación a la dieta, los animales presentaban ganancias de peso, pero al incrementarse la concentración a 1,2%, las ratas perdieron peso y murieron en un lapso de 15 días (Valle y Florentino, 2000).

**Tabla 9** - Contenido y actividad de algunos factores antinutricios en la vaina de mezquite (*Prosopis laevigata*) y efecto del tostado sobre su contenido y actividad (Alegría-Ríos et al., 2007)

	Total Fenoles Ac.Galico/g/ MS)	Taninos condensados (mgequiv/ catequina/g/ DM)	Actividad inhibitoria de proteasas (UI/gMS) <sup>1</sup>	Actividad Aglutinante de lectinas (UA/g MS) <sup>2</sup>
RP	5,92	0,39	17,49	1720,43
RTP	4,87	2,45	12,28	7619,04
Sig <sup>3</sup>	*	*	*	*
EEM ± <sup>4</sup>	0,06	0,04	0,01	70,00

Nota: <sup>1</sup> UI = unidades inhibitorias; <sup>2</sup> UA = unidades aglutinantes. <sup>3</sup> Sig = NS: p > 0,05. \* p < 0,05; \*\* p < 0,01; \*\*\* p < 0,001. <sup>4</sup> Error estandar de le media.

### Cinética de degradación de la MS, PC, FDN y FDA

En la Tabla 10 se observa la cinética de degradación de la vaina de mezquite sin tostar y tostada. Como se ha mencionado con anterioridad, el Mezquite (*Prosopis laevigata*) es una leguminosa, y como tal se puede esperar que la fracción de rápida degradabilidad (a) se encuentre en niveles elevados (Yu et al., 2002; Andrade-Montemayor, 2005), en especial lo que correspondería a la fracción proteica, lo cual podría provocar grandes pérdidas de Nitrógeno en el rumen (Yu et al., 2002; Andrade-Montemayor et al., 2007, 2008a, b; Aguilar-Borjas, 2009).

**Tabla 10** - Efecto del tostado (150o C/45 min) de la vaina del mezquite (*Prosopis laevigata*) en la cinética de degradación de la materia seca, proteína cruda (PC) y fibra detergente neutro (Andrade-Montemayor et al., 2011)

	A	B	c	Degradación potencial <sup>1</sup>	Degradación efectiva (kp = 0,08)	R <sup>2</sup>	EEM ±
<b>Materia seca</b>							
VMC	46,54	18,19	0,11	64,73	57,07	76,00	3,00
VMT	36,48	26,37	0,09	62,00	50,44	73,97	4,01
Sig	***	***	ns	***	***		
<b>Proteína cruda</b>							
VMC	57,58	25,26	0,12	82,84	72,73	71,96	5,59
VMT	40,71	39,10	0,08	79,81	60,26	70,10	9,34
Sig	**	***	ns	ns	*		

Nota: a = fracción soluble y de rápida degradación (%); b = fracción potencialmente degradable; c = tasa fracción de degradación. <sup>1</sup> Deg. potencial = a + b; <sup>2</sup> NS = no diferentes; \*\* Diferencias (p < 0,01) dentro de columnas. <sup>1</sup> Deg. efectiva = a+b(c/c+kp), en donde kp = tasa fraccional de paso (kp = 0,08).

En ese sentido, el contenido de la fracción soluble (a) en la MS, PC y FDN, fue superior al 40% y duplicó el contenido de la fracción potencialmente degradable (b), por lo que la degradación potencial de la MS, PC y FDN de la vaina de mezquite cruda fue mayor (p < 0,05) que la de vaina de mezquite tostada. El tostado de la vaina provocó una disminución (p < 0,05) en el contenido de la fracción (a) de la MS, PC y FDN, sin afectar el contenido de esta fracción en la FDA. Sin embargo, el contenido de la fracción (b) se incrementó (p < 0,05) en todos los casos, por otra parte, el efecto más importante del tostado es la disminución en la tasa fraccional de degradación de la MS, PC y FDA con excepción la tasa fraccional de degradación de la FDN la cual se incrementó en 0,4/h al compararla la tasa de degradación de la FDN de la vaina sin tostar. Debido a lo anterior, la degradación efectiva ajustada a una tasa fraccional de paso de 0,08/hr, disminuyó por efecto del tostado en la MS, PC y FDA, pero se incrementó en la FDN debido al incremento en la tasa fraccional de degradación.

Entre los elementos que se buscaban con el tostado era la disminución de la degradación de la CP, debido a la elevada degradación y solubilidad de esta, lo que puede permitir la pérdida de nitrógeno y por otro lado, mejora la calidad nutricional y su aprovechamiento debido a la disminución de algunos factores nutricionales, esto dos elementos se han observado en otra semillas de leguminosa (Goelma et al., 1999; Yu et al., 2002; Andrade-Montemayor

et al., 2005) y en la vaina de mezquite, de donde se ha obtenido esta información (Alegría-Ríos et al., 2007; Andrade-Montemayor 2008a, b; Aguilar-Borjas et al., 2009).

#### **Efecto del uso de nopal (*Opuntia spp.*) y/o vaina de mezquite como suplemento en caprinos, sobre la producción y calidad de la leche**

En este trabajo (Rojas et al., 2015), se evaluó el efecto del uso nopal y/o vaina de mezquite en porcentajes de 20 a 40% de la MS de la ración, la ración base o control consistió en 1 kg de concentrado con 19% de PC y 1,9 Mcal de ENI/kg MS, Alfalfa henificada (18% PC y 1,35 Mcal de ENI/kg de MS) y ensilaje de maíz (7% de PC y 1,4 de ENI/kg), y en la primer ración experimental (N) sustituyó 20% de la MS (400 gr de MS de la ración control por Nopal (*Opuntia ficus indica*) (3,5 kg en verde), en la siguiente ración (VM) se sustituyó el 20% de la MS de la ración control por 20% de Vaina de mezquite, y en la última (VM + N) se sustituyó el 40% de la MS de la ración por 20% nopal y 20% Vaina de mezquite. Las cabras fueron alojadas en corraletas de piso individuales, se ordeño una vez al día por la mañana, y se pesó y analizó la leche diariamente teniendo cuatro periodos de 21 días (15 de adaptación y siete de muestreo) analizado bajo un diseño cuadrado latino, en donde en cada periodo

los animales recibieron diferente ración. Al inicio del experimento las cabras (Alpino Francés) tenían  $60 \pm 5$  días postparto, una producción de  $2,9 \pm 4$  litros por día, y eran cabras de según a tercer parto; el experimento tuvo una duración de 140 días. En la Tabla 11 se presenta la composición nutrimental de las raciones consumidas, observando un mayor

consumo de MS en las raciones experimentales vs ración control, un mayor consumo de MO en las raciones N y VM siendo menor el consumo de FDN en la ración con nopal, y mayor consumo de proteína en las raciones N y VM, aun cuando las raciones fueron formuladas para ser isoenergéticas e isoprotéicas.

**Tabla 11** - Composición nutrimental de las dietas experimentales consumidas (kg/d).

Variables	Control	Nopal (N)	Vaina de mezquite (VM)	VM + N	EEM $\pm^1$	p <sup>2</sup>
<b>MS consumida total</b>	2,210 <sup>a</sup>	2,346 <sup>c</sup>	2,285 <sup>b</sup>	2,299 <sup>b</sup>	0,015	0,001
<b>Contenido de nutrientes kg</b>						
MO	1,992 <sup>a</sup>	2,049 <sup>b</sup>	2,032 <sup>b</sup>	1,981 <sup>a</sup>	0,012	0,001
CENIZAS	0,229 <sup>a</sup>	0,307 <sup>c</sup>	0,263 <sup>b</sup>	0,306 <sup>c</sup>	0,012	0,001
EE	0,046 <sup>d</sup>	0,045 <sup>c</sup>	0,042 <sup>b</sup>	0,038 <sup>a</sup>	0,001	0,001
FDN	0,817 <sup>b</sup>	0,783 <sup>a</sup>	0,989 <sup>d</sup>	0,930 <sup>c</sup>	0,005	0,001
FDA	0,419 <sup>b</sup>	0,410 <sup>a</sup>	0,542 <sup>d</sup>	0,520 <sup>c</sup>	0,003	0,001
PC	0,384 <sup>b</sup>	0,388 <sup>b</sup>	0,389 <sup>b</sup>	0,368 <sup>a</sup>	0,003	0,001

Nota: <sup>1</sup> Error estándar de la media; <sup>2</sup> p > 0,05. <sup>a,b,c,y,d</sup> Letras en la misma línea son diferentes estadísticamente.

### Uso de Nopal y consumo de agua

En la Tabla 12, se puede observar el efecto que presenta el consumo de Nopal en el consumo de agua, el nopal como todas la cactáceas presenta un elevado contenido de agua (85 a 90%), lo cual representa un aporte muy importante de este líquido en el alimento y puede llegar a cubrir gran parte de sus necesidades, en este experimento las raciones que tenían como base nopal (N) presentaron un consumo de agua en el alimento

de 2,58 a 2,75 litros por día mientras que la dieta control y la VM el consumo de agua en el alimento fue de solo 0,567 y 0,47 litros respectivamente. En cuanto al consumo de agua de bebida es 0,7 litros menos en las raciones que tenían nopal, al sumar el consumo de agua del alimento y la de bebida la diferencia fue de tan solo 0,4 a 0,5 litros en favor a las raciones que llevaban nopal, y permitieron el ahorro de agua, lo cual es uno de los principales beneficios para el productor de la región del semidesierto.

**Tabla 12** - Efecto del uso de Nopal y/o Vaina de mezquite en el consumo de agua litros por día por animal

Variables	Control	Nopal (N)	Vaina de mezquite (VM)	VM + N	EEM $\pm^1$	P <sup>2</sup>
Agua ofrecida en alimento	0,636 <sup>a</sup>	3,036 <sup>c</sup>	0,511 <sup>a</sup>	2,807 <sup>b</sup>	0,064	0,001
Agua consumida en alimento	0,562 <sup>a</sup>	2,751 <sup>c</sup>	0,469 <sup>a</sup>	2,587 <sup>b</sup>	0,059	0,001
Agua de bebida ofrecida	10,043	10,087	10,002	9,810	0,296	0,917
Agua de bebida consumida	5,397 <sup>b</sup>	3,707 <sup>a</sup>	5,295 <sup>b</sup>	3,704 <sup>a</sup>	0,151	0,001
Agua total consumida	5,959 <sup>ab</sup>	6,458 <sup>b</sup>	5,764 <sup>a</sup>	6,290 <sup>b</sup>	0,167	0,014

Nota: <sup>1</sup> Error estándar de la media; <sup>2</sup> p > 0,05. <sup>a,b,c,y,d</sup> Letras en la misma línea son diferentes estadísticamente.

### Efecto del uso de Vaina de mezquite y Nopal en la ganancia de peso de caprinos en producción

En la Tabla 13 se presenta el efecto del uso de Nopal y Vaina de mezquite como suplemento el peso final y ganancia diaria de peso (140 días de experimento) sin encontrar diferencias ( $p < 0,05$ ) y solo se presentó una pérdida de 3 gramos/día en las cabras que recibieron nopal.

**Tabla 13** - Efecto del uso de nopal y/o mezquite en el peso y ganancia de peso

Variables	Control	N <sup>1</sup>	VM <sup>2</sup>	VM + N <sup>3</sup>	EEM ± <sup>4</sup>	P <sup>5</sup>
Peso inicial	45,432	46,099	45,692	45,666	0,284	0,403
Peso final	46,478	46,054	46,801	46,005	0,253	0,084
Diferencia de peso	1,046 <sup>c</sup>	-0,057 <sup>a</sup>	1,108 <sup>c</sup>	0,351 <sup>b</sup>	0,100	0,001
GDP	0,062 <sup>c</sup>	-0,003 <sup>a</sup>	0,065 <sup>c</sup>	0,021 <sup>b</sup>	0,006	0,001
Promedio de peso	45,955	46,070	46,247	45,842	0,267	0,168

Nota: <sup>1</sup> Nopal; <sup>2</sup> Vaina mezquite; <sup>3</sup> Vaina de mezquite + Nopal; <sup>4</sup> Error estándar de la media; <sup>5</sup>  $p > 0,05$ . <sup>a, b, c, y d</sup> Letras en la misma línea son diferentes estadísticamente.

### Efecto de la utilización de vaina de mezquite y nopal en la suplementación de caprinos lecheros sobre la producción y composición de la leche

En la Tabla 14 se presenta el efecto de la suplementación con vaina de mezquite y nopal en la producción composición de la leche, no se presentaron diferencias ( $p < 0,05$ ) en la producción de leche litros/día, el contenido de proteína y lactosa, sin embargo, fue ligeramente menor el contenido de grasa, sólidos no grasos y sólidos totales en la leche de animales que recibieron raciones que contenían vaina de Mezquite.

#### Conversión alimenticia

En la Tabla 15 se presenta la conversión alimenticia [kilos de leche producidos por cada

kilo de alimento (MS)], observándose que tanto la ración control como la ración con Nopal presenta una menor conversión alimenticia siendo de 1,22 a 1,178 en la ración control y con nopal respectivamente. Sin embargo, las raciones con Vaina de Mezquite y su combinación con nopal presentaron una mayor producción por cada kg de alimento (1,43 y 1,34 litros/kg de alimentos), que significa que requerimos menos alimento por litro de leche en animales que se suplemento con vaina de mezquite o su combinación con Nopal.

**Tabla 14** - Efecto del uso de nopal y/o vaina de mezquite en la producción y composición de la leche de cabra

Variables	Control	N <sup>1</sup>	VM <sup>2</sup>	VM + N <sup>3</sup>	EEM ± <sup>4</sup>	P <sup>5</sup>
Leche producida*	2,788	2,814	2,692	2,698	0,050	0,189
Grasa	0,090 <sup>b</sup>	0,090 <sup>b</sup>	0,084 <sup>a</sup>	0,084 <sup>a</sup>	0,002	0,033
Lactosa	0,126	0,121	0,117	0,116	0,003	0,090
Proteína	0,084	0,084	0,081	0,080	0,001	0,067
Sólidos no grasos	0,224 <sup>bc</sup>	0,224 <sup>c</sup>	0,214 <sup>ab</sup>	0,213 <sup>a</sup>	0,004	0,040
Sólidos totales	0,314 <sup>b</sup>	0,315 <sup>b</sup>	0,298 <sup>a</sup>	0,298 <sup>a</sup>	0,005	0,025

Nota: \* Lt. <sup>1</sup> Nopal; <sup>2</sup> Vaina mezquite; <sup>3</sup> Vaina de mezquite + Nopal; <sup>4</sup> Error estándar de la media; <sup>5</sup>  $p > 0,05$ . <sup>a, b, c, y d</sup> Letras en la misma línea son diferentes estadísticamente.

**Tabla 15** - Efecto del uso de nopal y/o mezquite en la conversión alimenticia (kg de leche / kg de alimentos), en la producción de leche por kg de peso

Variables	Control	N <sup>1</sup>	VM <sup>2</sup>	VM + N <sup>3</sup>	EEM ± <sup>4</sup>	P <sup>5</sup>
Peso ^ 0,75	17,642	17,676	17,726	17,604	0,070	0,651
Kg Leche por Kg MS	1,221 <sup>a</sup>	1,178 <sup>a</sup>	1,423 <sup>c</sup>	1,344 <sup>b</sup>	0,022	0,001
Kg Leche por Kg peso	0,061	0,061	0,060	0,059	0,001	0,265
Kg Leche ^0,75	0,158	0,159	0,154	0,152	0,003	0,271

Nota: <sup>1</sup> Nopal; <sup>2</sup> Vaina mezquite; <sup>3</sup> Vaina de mezquite + Nopal; <sup>4</sup> Error estándar de la media; <sup>5</sup>  $p > 0,05$ . <sup>a, b, c, y d</sup> Letras en la misma línea son diferentes estadísticamente.

### Perfil de Ácidos grasos en la leche por efecto del uso de Nopal y/o Vaina de mezquite

En la Tabla 16, se presenta la composición que el uso de Nopal y/o su combinación disminuyeron el contenido de grasas saturadas pero incrementaron el contenido de ácidos grasos moninsaturados, al igual que polinsaturados con excepción en estos últimos del nopal que en donde el contenido de polinsaturados fue similar a los observados en la ración control.

### Perfil individual de ácidos grasos en leche con el uso de Nopal y/o mezquite

En la Tabla 17, se puede observar el efecto de la suplementación con Nopal y Vaina de Mezquite en el contenido de *A.grasos* individuales, presentando en todos los casos diferencias entre tratamientos, algunas veces a favor y otras en contra. Sin embargo, es importante destacar el efecto que presenta en el contenido de *Ac. Grasos* esenciales como el Oleico, Linoleico y Linoleico, observándose que la vaina de mezquite incremento el contenido de *Ac. linolenico*

pero disminuyó el linoleico y oleico. Estos ácidos grasos están asociados a la salud. Por otra parte, en el tratamiento tratamiento VM + N se incrementó los ácidos caprico, caprilico, y caproico; con esta misma ración los Caproleico y Miristoleico se reducen ( $p < 0,05$ ).

### Efecto sobre el uso de estos suplementos en el costo del litro de leche

Un elemento importante es la reducción en el costo de producción, a todos los ingredientes se le dio un precio comercial, aun cuando el nopal y la vaina de mezquite son elementos que solo requieren el uso horas de trabajo, se observó una reducción en el costo de acuerdo al uso de productos regiones siendo de 0,561DII (control), 0,538DII con nopal (N), 0,461DII con vaina de mezquite (VM) y de 0,438 DII para la ración VM + N. Con los datos anteriores y con la producción de leche observada se determinó el costo de producción por litro de leche en cada tratamiento considerando solo costos de alimentación y fue de 0,20DII (Control), 0,188DII (N), 0,172DII (VM) y 0,147DII (VM + N).

**Tabla 16** - Efecto del uso de nopal y/o mezquite en relación en la cantidad de grasa totales en porcentaje de los perfiles de ácidos grasos

Variables	Control	Nopal (N)	Vaina mezquite (VM)	VM + N	EEM $\pm^1$	p <sup>2</sup>
Grasa saturada (%)	74,401 <sup>c</sup>	73,371 <sup>a</sup>	73,336 <sup>a</sup>	73,789 <sup>b</sup>	0,079	0,000
Grasa monoinsaturada (%)	19,906 <sup>a</sup>	21,020 <sup>b</sup>	20,855 <sup>d</sup>	20,449 <sup>c</sup>	0,072	0,000
Grasa poliinsaturada (%)	5,692 <sup>ab</sup>	5,607 <sup>a</sup>	5,808 <sup>b</sup>	5,761 <sup>b</sup>	0,042	0,005

Nota: <sup>1</sup> Error estándar de la media; <sup>2</sup>  $p > 0,05$ . <sup>a,b,c,yd</sup> Letras en la misma línea son diferentes estadísticamente.

### Suplementación con vaina de mezquite y nopal a caprinos de raza Nubia en Pastoreo

El trabajo se realizó en los meses de abril a junio del 2018 en las instalaciones de la unidad pecuaria del campus Amazcala (UAQ- México), con un clima templado-semiseco BSI k(W), la temperatura media anual de 20 °C. El tipo de vegetación es Bek, 444, bosque caducifolio espinoso en el valle, con predominio de *Prosopis*, *Celtis* spp., *Acacia* spp., *Opuntia* spp., *bouteloas*, *fabáceas* y *solanáceas* entre

otros (COTECOCA, 1980). Se utilizaron 20 cabras de raza Nubia con promedio de  $2,2 \pm 0,8$  partos y un peso de  $53,28 \pm 1,13$  kg, se inició el experimento a partir de los  $70 \pm 10$  días posparto y finalizó a los  $163 \pm 30$  días de lactación. Las cabras se distribuyeron al azar en dos tratamientos, siendo: 1) control y 2) Nopal- Mezquite. Los suplementos fueron preparados en forma isoenergética e isoproteica. El pastoreo se realizó posterior a la ordeña durante 6 horas al día a partir de las 9:00 am y al regreso el animal permanecía en corraletas individuales de

6 m<sup>2</sup>, con bebedero y comedero, en donde recibían agua a libre acceso, en el alimento se determinó el contenido de MS, PC, MO, extracto etéreo (EE) y cenizas, para determinar el consumo de agua esta fue pesada diariamente durante la mañana y se obtuvo la diferencia con lo ofrecido diariamente. El diseño utilizado fue un diseño cruzado de 2 x 2

(Steel y Torrie, 1989), teniendo dos tratamientos (control vs Nopal-Mezquite) en dos periodos de 15 días de adaptación y siete de muestreo. En la Tabla 18 se muestra la composición de los suplementos experimentales. Durante los primeros 45 días se ajustó el consumo de suplemento al que solo dejaran el 5% de rechazo.

**Tabla 17** - Efecto del uso de nopal y/o mezquite en el perfil de ácidos grasos saturados de leche en caprinos por litro

Variable	Nom	Control	N1	VM <sup>2</sup>	VM + N <sup>3</sup>	EEM ± <sup>4</sup>	p <sup>5</sup>
Butírico	4:0	0,330 <sup>d</sup>	0,240 <sup>b</sup>	0,211 <sup>a</sup>	0,317 <sup>c</sup>	0,002	0,001
Caproico	6:0	0,601 <sup>b</sup>	0,481 <sup>ab</sup>	0,439 <sup>a</sup>	1,124 <sup>c</sup>	0,039	0,001
Caprílico	8:0	0,889 <sup>c</sup>	0,792 <sup>b</sup>	0,700 <sup>a</sup>	0,900 <sup>c</sup>	0,004	0,001
Cáprico	10:0	3,510 <sup>c</sup>	3,322 <sup>b</sup>	2,922 <sup>a</sup>	3,675 <sup>d</sup>	0,016	0,001
Láurico	12:0	1,688 <sup>c</sup>	1,637 <sup>b</sup>	1,442 <sup>a</sup>	1,841 <sup>d</sup>	0,011	0,001
Tridecanoico	13:0	0,037 <sup>c</sup>	0,032 <sup>b</sup>	0,031 <sup>a</sup>	0,041 <sup>d</sup>	0,000	0,001
Mirístico	14:0	3,939 <sup>b</sup>	4,001 <sup>bc</sup>	3,613 <sup>a</sup>	4,037 <sup>c</sup>	0,022	0,001
Miristolenico	-	0,387 <sup>b</sup>	0,429 <sup>c</sup>	0,351 <sup>a</sup>	0,412 <sup>c</sup>	0,006	0,001
Pentadecanoico	15:0	0,079 <sup>b</sup>	0,073 <sup>a</sup>	0,071 <sup>a</sup>	0,079 <sup>b</sup>	0,001	0,001
Palmitico	16:0	10,413 <sup>b</sup>	10,787 <sup>c</sup>	9,983 <sup>a</sup>	10,816 <sup>c</sup>	0,071	0,001
Margárico	17:0	0,196 <sup>a</sup>	0,239 <sup>b</sup>	0,227 <sup>b</sup>	0,259 <sup>c</sup>	0,005	0,001
Estereáico	18:0	2,024 <sup>b</sup>	2,568 <sup>c</sup>	1,694 <sup>a</sup>	2,881 <sup>d</sup>	0,068	0,001
<b>Perfil de ácidos grasos monoinsaturados de leche en caprinos por litros</b>							
Variable	Nom	Control	N1	VM <sup>2</sup>	VM + N <sup>3</sup>	EEM ± <sup>4</sup>	p <sup>5</sup>
Caproleico	10:1 n-1	0,045 <sup>c</sup>	0,036 <sup>b</sup>	0,033 <sup>a</sup>	0,052 <sup>d</sup>	0,000	0,000
Miristoleico	14:1n-5	0,115 <sup>c</sup>	0,113 <sup>c</sup>	0,105 <sup>b</sup>	0,043 <sup>a</sup>	0,001	0,000
Palmitoleico	16:1 n-6	0,156 <sup>a</sup>	0,199 <sup>a</sup>	0,325 <sup>b</sup>	0,160 <sup>a</sup>	0,015	0,000
Oléico	18:1 n-9	6,262 <sup>b</sup>	6,606 <sup>c</sup>	5,967 <sup>a</sup>	6,808 <sup>d</sup>	0,037	0,000
<b>Perfil ácidos grasos poliinsaturados de leche en caprinos en litros</b>							
Variable	Nom	Control	N1	VM <sup>2</sup>	VM + N <sup>3</sup>	EEM ± <sup>4</sup>	p <sup>5</sup>
Linoleico	18:2 n-9,12	1,177 <sup>b</sup>	1,164 <sup>b</sup>	1,069 <sup>a</sup>	1,277 <sup>c</sup>	0,011	0,000
Linolénico	18:3 n-12,15	0,224 <sup>ab</sup>	0,219 <sup>a</sup>	0,232 <sup>b</sup>	0,216 <sup>a</sup>	0,003	0,001
Araquidónico	20:4 n-8,11,14	0,066 <sup>ab</sup>	0,067 <sup>b</sup>	0,064 <sup>a</sup>	0,065 <sup>ab</sup>	0,001	0,004

Nota: <sup>1</sup> Nopal; <sup>2</sup> Vaina mezquite; <sup>3</sup> Vaina de mezquite + Nopal; <sup>4</sup> Error estándar de la media; <sup>5</sup> p > 0,05. <sup>a, b, c y d</sup> Letras en la misma línea son diferentes estadísticamente.

**Tabla 18** - Composición de las raciones experimentales ofrecidas

Ingrediente	Control (Kg BH/animal día)	Nopal-Mezquite (Kg BH/animal día)
Ensilado ( <i>avena sativa- vicia sativa</i> )	0,914	-----
Alfalfa ( <i>Medicagos Sativa</i> )	0,455	0,455
Nopal ( <i>Opuntia ficus indica</i> )		3,200
Vaina de Mezquite ( <i>Prosopis laevigata</i> )		0,294
Pasta de Soya ( <i>Glicyne Max</i> )	0,230	0,21
Maíz ( <i>Zea Mais</i> )	0,462	0,193
Ajonjolí ( <i>Sesamun indicó</i> )	0,115	0,1
Sales Minerales®	0,173	0,170
Secuestrante®	0,034	0,034
Composición de la ración ofrecida		
Materia Seca (kg/d)	1,68	1,76
Proteína Cruda (kg/d)	0,29	0,29
EN (Mcal/kg MS)	2,65	2,78
Costo por animal/d (USCY\$) <sup>1</sup>	0,43	0,36

Nota: <sup>1</sup> El precio del nopal/kg se asignó a l = 0,054 y el de vaina de Mezquite/kg a USCY\$ = 0,108 US Dollars.

## Resultados y discusión

En la Tabla 19 se observa el consumo de alimento fresco (BH/kg/d), en base seca (MS/kg/d), y de agua en el alimento (kg/d) (BH-MS), agua fresca de bebida (kg/d) y agua total (Agua en el alimento + agua de bebida). Observándose que con la adición de Nopal la cantidad de agua fresca consumida disminuye y se incrementa la cantidad total consumida (consumida en alimento + agua fresca consumida), teniendo menor consumo de MS/d en los animales con la dieta Nopal + Mezquite ( $p < 0,05$ ). El consumo de MS (kg/d) y de agua en el alimento presentó diferencias ( $p < 0,05$ ) no solo por efecto del suplemento también por periodo y al igual que la interacción suplemento x periodo. El consumo de suplemento representó el 2,6% del peso de los animales, y de este el Nopal y mezquite representaron del 40 al 50% de lo aportado, lo que representa del 45 a 50% de lo que podrían llegar a consumir por día. El Nopal es muy importante en estas regiones por el aporte de agua y la reducción

del consumo de esta en regiones con deficiencia como es el caso de la región semiárida y al igual que la Vaina de mezquite han demostrado poder sustituir los concentrados y granos como el maíz, sin efectos en el consumo, producción y peso del animal (Ben Salem et al., 1996; Pinto et al., 2010; Andrade-Montemayor et al., 2011; Rojas et al., 2016).

En la Tabla 20 se puede observar que el tipo de suplemento no afectó ( $p > 0,05$ ) en el peso final y promedio, así como en las ganancias de peso en el periodo y por día, por efecto del tipo de suplemento. Sin embargo, tanto en la ganancia de peso en el periodo GPP kg, como la ganancia diaria de peso (GDP g/d) fueron diferentes entre periodos, siendo mayor en el primero, posiblemente se deba a la reducción en la producción de leche después del pico de lactancia permitiera una mayor ganancia de peso hasta estabilizarse e incremento en el consumo hasta regularse y mantener el peso en el segundo periodo, este mismo efecto lo encontramos en cabras Alpinas en estabulación suplementadas con Nopal y Mezquite (Rojas, 2016).

**Tabla 19** - Efecto de la suplementación con Nopal y Mezquite en el consumo de alimento y agua , en cabras Nubia en pastoreo en agostadero semiárido en época de secas (abril - junio).

	Control	Nopal mezquite	EEM ±	Sig Suplemento	Sig Periodo	Sig SuplxPer
Consumo alimento BH (kg/día)	1,97	3,74	0,119	0,0001	0,023	0,016
Consumo MS (kg/d)	1,40	1,27	0,49	0,08	0,065	0,037
Agua alimento (kg/d)	0,57	2,46	0,074	0,000	0,015	0,013
Agua fresca (kg/d)	2,94	2,34	0,239	0,098	0,001	0,867
Agua total (kg/d)	3,51	4,81	0,244	0,002	0,004	0,325

**Tabla 20** - Efecto de la suplementación con Nopal y Mezquite en el peso y ganancias de peso en cabras de raza Nubia en pastoreo en la época de sequía (abril-junio)

	Dieta Control	Nopal mezquite	EEM ±	Sig Tratamiento	Sig Periodo
Peso Inicial (kg)	53,12	53,45	1,13	0,83	0,462
Peso final (kg)	53,94	53,84	1,12	0,95	0,875
Peso Promedio (Kg)	53,53	53,65	1,12	0,94	0,652
Ganancia de peso en el periodo (kg)	0,812	0,387	0,21	0,16	0,003
Ganancia diaria de peso (kg)	0,012	0,005	0,003	0,16	0,003

### Efecto del uso de Nopal y Mezquite como suplementos en cabras en pastoreo en la producción y calidad de la leche

La producción y características de la leche producida se presentan en la Tabla 21 en donde observamos que el consumo de un suplemento a base de Nopal y Mezquite en un 50% de la MS

proporcionada, no presentó efectos negativos en la cantidad de leche producida ni en su composición ( $p > 0,05$ ) similar a lo observado por Costa et al. (2010) y Rojas et al. (2016). Sin embargo, tanto el contenido de lactosa como de sólidos no grasos (SNG) fueron diferentes entre periodos ( $p > 0,05$ ), lo cual es debido a los cambios en la curva de lactancia.

**Tabla 21-** Efecto de la suplementación con Nopal y Mezquite sobre la producción, composición de la leche y contenido de células somáticas (CS x 10<sup>3</sup>).

	Dieta Control	Nopal mezquite	EEM ±	Sig Tratamiento	Sig Periodo
Producción leche (Kg/d)	1,74	1,69	0,07	0,56	0,75
Grasa (%)	5,12	4,90	0,13	0,25	0,59
Proteína (%)	3,22	3,21	0,03	0,96	0,09
Lactosa (%)	4,63	4,64	0,04	0,83	0,001
Sólidos no grasos (%)	8,65	8,69	0,07	0,66	0,025
Sólidos totales (%)	13,77	13,60	0,19	0,53	0,20
CS x 1000 inicial	760,5	752,3	104,8	0,95	0,64
CS x 1000 final	530,2	526,4	69,8	0,97	0,62

### Efecto de la suplementación a cabras en pastoreo en agostadero semiárido con nopal y mezquite en la composición de la leche

En la Tabla 22 se puede observar la composición en ácidos grasos del nopal y de la vaina de mezquite, observando que el Nopal presenta un mayor contenido de AG saturados, tales como el Mirístico, Palmítico, Margárico y Esteárico. Sin embargo, en AG monosaturados existe un mayor contenido de Palmitoleico en la vaina de mezquite, pero mayor de Miristoléico y Oleico en el Nopal, de forma contraria

el mezquite presenta un mayor contenido de AG Linoleico y Linolénico. Por su parte al analizar el contenido de AG en el suplemento control contra el suplemento con nopal y mezquite este presentó un mayor contenido de Esteárico y margárico, pero menor en laurico, y Mirístico. En cuanto a la composición en Monosaturados, la ración con mezquite presentó un menor contenido de AG oleico, y mayor en Miristoléico y la composición en poliinsaturados el contenido de Linoleico es similar al suplemento control, pero el contenido de Linolénico es inferior en el suplemento nopal-mezquite.

**Tabla 22** - Composición de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados del Mezquite y Nopal

<b>Composición de ácidos grasos saturados</b>				
	<b>Mirístico</b>	<b>Palmitico</b>	<b>Margárico</b>	<b>Esteárico</b>
Nopal	4,39	38,13	1,91	9,00
Mezquite	0,301	20,42	0,35	4,91
<b>Composición en ácidos grasos monoinsaturados</b>				
	<b>Miristoleico</b>	<b>Palmitoleico</b>	<b>Oleico</b>	
Nopal	0,949	---	20,71	
Mezquite	-----	0,438	17,56	
<b>Composición en ácidos grasos poliinsaturados</b>				
	<b>Linoleico</b>		<b>Linolenico</b>	
Nopal	21,06		3,83	
Mezquite	49,72		6,27	

**Tabla 23** - Composición de ácidos grasos saturados de los suplementos proporcionados en cabras en pastoreo en agostadero semiárido con ración control o con Mezquite y Nopal

	<b>Caproico</b>	<b>Caprilico</b>	<b>Laurico</b>	<b>Palmitico</b>	<b>Mirística</b>	<b>Margárico</b>	<b>Esteárico</b>
Control	0,79	0,048	0,336	17,74	0,44	0,17	3,99
Nopal - Mezquite	-----	-----	0,172	18,11	0,19	0,25	9,00
<b>Composición en ácidos grasos monoinsaturados</b>							
	<b>Miristoleico</b>		<b>Palmitoleico</b>		<b>Oleico</b>		
Control	0,10		0,46		33,63		
Nopal - Mezquite	0,17		0,45		13,75		
<b>Composición en ácidos grasos poliinsaturados</b>							
	<b>Linoleico</b>			<b>Linolenico</b>			
Control	36,04			6,23			
Nopal - Mezquite	38,10			4,18			

La composición de Ac. Grasos en la leche se presenta en las Tablas 23 y 24, en donde se observaron diferencias ( $p < 0,05$ ) en la mayor parte de los AG, con excepción del AG linolénico que fue mayor en la ración NM, la relación linoleico/

linolénico fue menor en la ración NM (6,91 vs 5,75), pero el contenido de monoinsaturados fue similar y ligeramente mayor la concentración de poliinsaturados en la leche de cabras que consumieron NM.

**Tabela 24** - Relación de Ácidos grasos en la leche de cabras en pastoreo en agostaderos semiáridos suplementadas con ración control o con Mezquite y Nopal

AGV%	Nom	Control	MN	EEM±	Sig
Butírico 4:0	4:0	0,32	0,30	0,43	0,81
Caproico 6:0	6:0	1,63	1,61	0,08	0,91
Caprílico	8:0	2,85	2,91	0,16	0,79
Caprico	10:0	11,50	11,49	0,64	0,98
Laurico	12:0	5,59	5,62	4,84	0,93
Mirístico	14:0	12,69	12,17	0,29	0,25
Miristoleico	14:1n-1	0,50	0,46	0,02	0,23
Miristolenico		1,06	1,00	0,03	0,24
Palmitico	16:0	27,69	26,97	0,58	0,40
Palmitoleico	16:1 n-6	0,57	0,62	0,06	0,60
Margárico	17:0	0,71	0,63	0,07	0,46
Esteárico	18:0	10,40	11,17	0,41	0,22
Oleico	18:1 n-9	20,66	21,11	0,81	0,71
Linoleico	18:2 n9,12	3,30	3,41	0,26	0,77
Linolenico	18:3 n-12,15	0,48	0,59	0,02	0,02
$\omega 6/\omega 3$	-	6,91	5,75	0,33	0,04
Mono insaturados	-	21,17	22,19	-	-
Poliinsaturados	-	3,29	4,00	-	-

## Conclusiones e implicaciones

Uno de los problemas importantes que resolver en cuanto a la producción de caprinos en las regiones del semiárido, es la no coordinación entre la época de mayor producción de forrajes o alimentos y la época en la que se presentan los partos y la producción de leche, ya que al ser animales poliéstricos estacionales, su actividad sexual se inicia en los meses de mayo a junio y finaliza en el mes de diciembre, época con adecuada producción forrajera, sin embargo, el último tercio de gestación, los partos y la producción de leche se presentan en los meses de octubre a mayo, temporadas en las que predomina la escases de

alimentos, esto tiene como resultado pérdidas reproductivas, abortos, elevada mortalidad de crías, hembras y reducida producción, por lo que el recomendar el uso de forrajes regionales al alcance del productor y en periodos de mayor demanda eso como suplementación estratégica, podría mejorar la productividad y reducir la mortalidad. En Querétaro en la región semiárida hemos evaluado diversas alternativas como suplementos estratégicos, tales como el nopal, tanto verdulero, como silvestre, la vaina y hoja de Mezquite (*Prosopis laevigata*), Vaina y hoja de huizache (*Acacia farneciana*), forraje verde hidropónico, etc, siendo los de mayor viabilidad la penca de nopal (*Opuntia ficus indica*) y la vaina de Mezquite. Se han evaluado nopales de diversos

tipo siendo cualquiera de ellos una alternativa adecuada, al presentar una digestibilidad superior al 60%, un contenido de agua del 85 al 90% siendo esta una de sus mayores propiedades, ya que el consumo de nopal puede proporcionar un aporte importante del agua necesaria y reducir el consumo de agua de bebida, líquido que es el de mayor déficit en estas regiones, la producción es de hasta 10 ton de MS/ha, el contenido de minerales y en especial de calcio puede ser importantes como fuente de estos, el valor energético es elevado, y se puede producir durante todo el año. Por su parte la vaina de Mezquite, aun cuando se produce una vez al año, puede conservarse en buen estado varios meses y ser utilizado durante la época de secas, su valor energético es adecuado, el de proteína puede proporcionar niveles de 12%, pero presenta algunos metabolitos secundarios que pueden ser nocivos en consumos elevados, dichos tratamientos como el tostado reducen la mayor parte de estos metabolitos, pero pueden incrementar el contenido de lectinas. Al evaluar estos forrajes en cabras bajo un sistema de alimentación estabulada y con un control del consumo, la sustitución de un 40% de la MS tanto del forraje como del concentrado proporcionado en las raciones control, por mezquite y nopal, no presentó efectos en la producción de leche, la ganancia diaria de peso, ni en las características de la leche, pero permitió una reducción en el consumo de agua y en el costo de las raciones. Se realizó un trabajo para evaluar a la respuesta de la cabra en lactancias avanzadas mantenidas en sistema de pastoreo en la época de secas en la región del semiárido, calidad de la leche, ni en el peso del animal al y no se observaron diferencias en la producción y la ganancia diaria de peso, cuando se sustituyó la suplementación control (concentrado, alfalfa y ensilado, por 50% de esta a base de nopal y vaina de mezquite por un periodo de 80 días, siendo importante en los dos casos que el uso de Vaina de Mezquite pudo incrementar el contenido de ácido linoleico, reducir en forma importante el consumo de agua de bebida, pero incremento en el consumo de agua total (agua del alimento + agua de bebida), evito pérdidas de peso y mantuvo la producción a un menor costo y con el uso de suplementos que el productor puede

tener a la mano, por lo que es importante realizar evaluaciones de los recursos forrajeros locales para poder utilizarlos de una mejor forma y evitar la mortalidad y pérdida de producción durante los meses de partos y meses de sequía.

## Referencias

- Aguilar-Borjas JH. Efecto del tostado de la vaina de mezquite (*Prosopis laevigata*) en la composición, degradabilidad *In situ* y cinética de degradación de la materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido en caprinos [tesis de grado]. Querétaro: Universidad Autónoma de México; 2009.
- Alegría-Ríos F, López P. Efecto del tostado de la vaina de Mezquite (*Prosopis laevigata*) en la digestibilidad *in vivo* de la Materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido, así como en el balance de nitrógeno: Pruebas en caprinos [tesis de grado]. Querétaro: Universidad Autónoma de México; 2009.
- Alegría-Ríos FS, Garcia-Gasca T, Andrade-Montemayor H. Roasted of Mesquite Pods (*Prosopis laevigata*) can modify protein content and antinutritive factors. XXII Reunión Nacional sobre caprinocultura; Zacatecas, México: 2007.
- Andrade-Montemayor H, Alegría-Ríos F, Pacheco-López M, Aguilar-Borjas H, Villegas-Díaz FLO, Basurto-Gutierrez R et al. Composition, digestibility and degradability of dry roasted mesquite pods as a feed supplement in goats. 9th International Conference on Goats; 31 ago - 4 sep 2008; Querétaro, Mexico: IGA, UNAM; 2008 (b).
- Andrade-Montemayor H, Alegría-Ríos F, Pacheco-López M, Vera-Avila HR, Jimenez-Severiano H. Changes in nutrient degradation by roasting mesquite pods (*Prosopis laevigata*) can be associated to changes in blood glucose and insulin concentration in goats. 9th International Conference on Goats; 31 ago - 4 sep 2008; Querétaro, Mexico: IGA, UNAM; 2008 (a).
- Andrade-Montemayor HM. Valoración nutritiva de dos sistemas de alimentación y evaluación del uso de fuentes alternativas de proteína vegetal en la alimentación de caprinos. [tesis de doctorado]. España: Universidad de Murcia, 2005.

- Ben Salem H, Nefzaoui A, Abdouli H, Ørskov ER. Effect of increasing level of spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* var. *Inermis*) on intake and digestion by sheep given straw-based diets. *Anim Sci.* 1996; 62(2):293-9.
- Ben Salem H, Smith T. Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. *Small Rumin Res.* 2008;77(2-3):174-94.
- Betancourt-Domínguez MA, Hernández-Pérez T, García-Saucedo P, Cruz-Hernández A, Paredes-López O. Physico-chemical changes in cladodes (*Nopalitos*) from cultivated and wild cacti (*Opuntia* spp.) *Plant Foods Hum Nutr.* 2006;61(3):115-9.
- Brenes A, Brenes J. Tratamiento tecnológico de los granos de leguminosas: Influencias sobre su valor nutritivo. IX Curso de Especialización FEDNA; 8 nov – 9 nov 1993; Barcelona: FEDNA; 1993.
- Cerrillo MA, López OO, Nerváez GC, Ramírez RG, Juárez RAS. Nutrient content, intake and in Vitro gas production of diets by Spanish goats browsing a thorn shrubland in North México. *Small Rumin Res.* 2006;66(1-3):76-84.
- CNZA - Comisión nacional de zonas áridas. Instituto Nacional de Ecología. Mezquite (*Prosopis* Spp.). Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. 1 ed. México, D.F.; 1994. 31 p.
- Cordova-Torres A, Gutierrez-Berroeta L, Kawas RJ, García-Gasca T, Aguilera-Barreiro A, Malda G, et al. El Nopal (*Opuntia ficus indica*) puede ser una alternativa de suplementación para caprinos en regiones semiáridas: Efecto Del tamaño o madurez de la penca en la digestibilidad in vivo y composición. VI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos; 9-11 sep 2009; Querétaro, México: ALEPRyCS; 2009.
- Cordova-Torres AV, Mendoza-Mendoza JC, Bernal-Santos G, García-Gasca T, Kawas JR, Costa RG, et al. Nutritional Composition, in vitro Degradability and Gas Production of *Opuntia ficus indica* and Four Other Wild Cacti Species. *Life Sci.* 2015;12(2s):42-53.
- Costa RG, Beltrão Filho EM, Egypto RDCR, Madruga MS, Medeiros AN, Oliveira CJB. Chemical composition of milk from goats fed with cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) in substitution to corn meal. *Small Rumin Res.* 2010; 94(1-3), 214-7.
- Costa RG, Beltrão Filho EM, Medeiros AN, Givisiez PEN, Egypto RDCR, Melo AAS. Effects of increasing levels of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) in the diet of dairy goats its contribution as a source of water. *Small Rumin Res.* 2009; 82(1): 62-5.
- COTECOCA - Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero. Coeficientes de Agostadero de la República Mexicana, estados Aguascalientes y Zacatecas. México D.F: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos; 1980. 267 p.
- Devendra C. The utilization of fiber by goats. Third International Conference on Goat Production and Disease; 10 - 15 jan 1982; Tucson, Arizona: Dairy Goat Journal Pub; 1982.
- Echavarría Chairez, FG, Gutiérrez Luna R, Ledesma Rivera RI, Bañuelos Valenzuela R, Aguilera Soto JI, Serna Pérez A. Influence of small ruminant grazing systems in a semiarid range in the state of Zacatecas México. I Native vegetation. *Tec Pecu Mex.* 2006; 44(2): 203-17.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2013.
- FIRA. Oportunidades de desarrollo en la industria de la leche y carne de cabra en México. Banco de México. 1999; 313(32): 15-62.
- García DE. Principales factores antinutricionales de las leguminosas forrajeras y sus formas de cuantificación. *Pastos y Forrajes.* 2004; 27(2): 101-13.
- Goelema JO, Smits A, Vaessen LM, Wemmers A. Effects of pressure toasting, expander treatment and pelleting on in vitro and in situ parameters of protein and starch in a mixture of broken peas, lupins and faba beans. *Anim Feed Sci Technol.* 1999; 78(1-2): 109-26.
- Hervás G, Frutos P, Mantecón AR. Effect of the administration of quebracho extract on rumen fermentation and diet digestibility in sheep. *Spanish J Agric Res.* 2004;2(1):63-70.

- Huston JE. Forage utilization and nutrient requirements of goat. *J Dairy Sci.* 1978; 61(7): 983-93.
- INE - Instituto Nacional de Ecología. Mapas del medio ambiente de México. 2008 <acceso 8 mar 2019>. Disponible en: <https://www.inecc.gob.mx/emapas/>
- Kawas RJ, Andrade-Montemayor H, Lu CD. Strategic nutrient supplementation of free-ranging goats. *Small Rumin Res.* 2010; 89(2-3): 234-43.
- Liener IE. Antinutritional factors in legume seeds: state of the art. En: Huisman J, Poel AFB, Liener IE. Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds. Proceedings of the first international workshop on Antinutritional Factors (ANF) in legume seeds. 1 ed. Países Bajos: Pudoc; 1989. p. 6-13.
- Louca A, Antoniou T, Hatzimpanayiotou M. Comparative digestibility of feedstuffs by various ruminants, especially goats. Third International Conference on Goat Production and Disease; 10 - 15 jan 1982; Tucson, Arizona: Dairy Goat Journal Pub; 1982.
- Luna LM, Chavez MG, Aguado GA, Barreto R. Composición botánica de la dieta de caprinos en pastoreo en un matorral microfilo del noreste de Jalisco. Congreso Interamericano de Producción Caprina; 11 - 14 out 1988; Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; 1988.
- Mainguet M. Aridity. Droughts and human development. 1 ed. Nueva York: Springer; 1999. 295 p.
- Makkar HPS. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Rumin Res.* 2003; 49(3): 241-56.
- Malpoux B. Neuroendocrine basis of seasonal reproduction in sheep and goats. XX Reunión Nacional sobre Caprinocultura Culiacán: AMPCA-FMVZ; 2005.
- Middleton NJ, Thomas DSG. World Atlas of Desertification. 1 ed. London: Edward Arnold, UNEP; 1992. 66 p.
- Palacios AR, Hoc SP, Burghardt DA, Vilela EA. Prosopis l.: Biodiversidad y clasificación, estrategias adaptativa, reproductivas e importancia económica. En Hernández FJ, Olalde PV, Vernon CJ. El mezquite, árbol de usos multiples. Estado actual del conocimiento en México. México: Universidad de Guanajuato; 2000. p. 37-50.
- Pfister AJ, Malechek J. The Voluntary forage intake and nutrition of goats and sheep in the semi-arid tropics of northeastern Brazil. *J Anim Sci.* 1986; 63(4): 1078-86.
- Pusztai A, Bardocz S, Martín-Cabrejas MA. The mode of action of ANFs on the gastrointestinal tract and its microflora. En: Muzquiz M, Hill GD, Cuadrado C, Pedrosa MM, Burbano C. Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds and Oilseeds. Wageningen: Wageningen Academic Publishers; 2004. p. 87-94.
- Ramírez R G, Ledezma-Torres R A. Forage utilization from native shrubs *Acacia rigidula* and *Acacia farnesiana* by goats and sheep. *Small Rumin Res.* 1997; 21(1):43-50.
- Ramírez R G, Loyo A, Mora R, Sanchez ME, Chaire A. Forage intake and nutrition of range goats in a shrubland in northeastern Mexico. *J Anim Sci.* 1991; 69(3):879-85.
- Ramírez R G, Neira-Morales RR, Ledezma-Torres RA, Garibaldi-González, CA. Ruminal digestion characteristics and effective degradability of cell wall of browse species from northeastern Mexico. *Small Rumin Res.* 2000; 36(1): 49-55.
- Ramírez R G. Feed resource and feeding techniques of small ruminants under extensive Management conditions. *Small Rumin Res.* 1999; 34(3):215-30.
- Ramírez-Orduña R, Ramírez RG, Romero-Vadillo H, González-Rodríguez H, Armenta- Quintana JA, Avalos-Castro R. Diet and nutrition of range goats on a sarcocaulous shrubland from Baja California Sur, Mexico. *Small Rumin Res.* 2008; 76(3): 166-76.
- Ramos G, Frutos P, Giráldez FJ, Mantecón AR. Los compuestos secundarios de las plantas en La nutrición de los herbívoros. *Arch Zootec.* 1998; 47(180):597-620.
- Reed JD, Krueger C, Rodriguez G, Hanson J. Secondary plant compounds and forage evaluation. En: Givens DI, Owen E, Axford RFE, Omed HM. Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. Wallingford, UK: CAB Publishing; 2000. p. 433-45.

- Rekik M, Ben Salem H, Lassoued N, Chalouati H, Ben Salem I. Supplementation of Barbarine ewes with spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) cladodes during late gestation-early suckling: Effects on mammary secretions, blood metabolites, lamb growth and postpartum ovarian activity. *Small Rumin Res.* 2010; 90(1-3): 53-7.
- Reynolds GS, Arias E. 2001. Background on *Opuntia*. En: Mondragón-Jacobo C, Pérez-González S. *Cactus (Opuntia spp) as forage*. Rome: FAO-Plant Production and Protection Paper; 2001. 169 p.
- Ribeiro MN, Carvalho FFR, Gomes Urviola N, Revidatti MA, Paridatti, AF, Mendoza B, et al. Pequeños ruminantes na América do Sul: situação atual e perspectivas. Recife: UFRPE, 2007. 178 p.
- Rodríguez-Franco C, Maldonado LJ. Overview of past, current and potential uses of Mesquite in México. *Prosopis: Semiarid Fuelwood and Forage Tree Building Consensus for the Disenfranchised*; 13-15 mar 1996; Washington, D.C: U.S. National Academy of Sciences Building; 1996.
- Rojas-González L. Evaluación del comportamiento Productivo y Calidad de leche de Caprinos alimentados con Vaina de Mezquite (*Prosopis Laevigata*) y/o Nopal (*Opuntia ficus indica*) [tesis de maestría]. Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro; 2016.
- Schacht W, Maleche CJ. Botanical composition of goat diets in thinned and cleared deciduous woodland in northeastern Brazil. *J Range Man.* 1990; 43(6): 523-29.
- Silanikove N. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. *Small Rumin Res.* 2000; 35(3): 181-93.
- Steel RGD, Torrie JH. *Bioestadística: principios y procedimientos*. Mexico: McGraw Hill, 1989. 622p.
- Tegegne F, Kijora C, Peters K. Study on the optimal level of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) supplementation to sheep and its contribution as source of water. *Small Rumin Res.* 2007; 72(2-3):157-64.
- Valencia CCM, Ponce H, Castellanos PJ, Quiñones V, Soriano R. Árboles natíos y producción de forraje en la zona semiárida de la comarca lagunera. XXII Reunión Nacional sobre caprinocultura ; Zacatecas, México: 2007.
- Vega PV, Florentino BL. *Toxicología de alimentos*. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México; 2000. 261 p.
- Villegas-Díaz JLO, Aguilar-Borjas JH, Andrade-Montemayor HM, Basurto-Gutierrez R, Jimenez-Severino H, Vera-Avila HR. Efecto del tamaño de la penca de nopal (*Opuntia ficus-indica*) sobre La degradabilidad in situ y cinética de degradación de la proteína cruda en caprinos. . XXII Reunión Nacional sobre caprinocultura ; Zacatecas, México: 2007.
- Yu P, Goelema JO, Leury BJ, Tamminga S, Egan AR. An analysis of the nutritive value of heat processed legume seeds for animal production using the DVE/OEB model: a review. *Anim Feed Sci Technol.* 2002; 99(1-4):141-76.

PONENCIAS MAGISTRALES

# "Tratamento inteligente" para o controle de parasitos gastrintestinais de ovinos: o Tratamento Seletivo na era da Revolução 4.0

Cristina Santos Sotomaior\*

Programação de Pós-Graduação em Ciência Animal, Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Curitiba, PR, Brasil

## Resumo

O tratamento seletivo (TST) para o controle das parasitoses gastrintestinais de ovinos é a única alternativa sustentável para controle das parasitoses em longo prazo. O TST preserva a população Refugia, permitindo que os anti-helmínticos (AH) mantenham sua eficácia. Os critérios para definir o momento correto de aplicação dos AH, assim como quais animais precisam ou mais se beneficiariam do tratamento, pode variar dependendo de vários fatores como: idade e categoria dos animais, sistema de produção, clima, intervalo entre avaliações. Na era da Revolução 4.0, esta tomada de decisão pode ser auxiliada por tecnologias como a inteligência artificial, internet das coisas, armazenamento em nuvem e aprendizagem automática, constituindo as chamadas fazendas inteligentes ("Smart Farms").

**Palavras-chave:** *Haemonchus contortus*. Pequenos ruminantes. *Smart farms*. Tomada de decisão. Tratamento seletivo.

## Introdução

No controle de parasitos de pequenos ruminantes, existe um consenso de que o uso excessivo de anti-helmínticos (AH) resulta em resistência anti-helmíntica (RAH) e de que a frequência de tratamento é uma das variáveis mais significativamente associadas à RAH (Falzon et al., 2014). Relatos de diferentes partes do mundo mostram que a RAH está disseminada (Torres-Acosta et al., 2012; Rose et al., 2015), até mesmo ao monepantel, o mais novo AH lançado no mercado (Scott et al., 2013; Van den Brom et al., 2015; Cintra et al., 2016). O Brasil é um dos líderes mundiais em publicações sobre RAH (Salgado e Santos, 2016).

Tão importante quanto a frequência de tratamento no desenvolvimento da RAH é o tratamento massal, ou seja, fato de se tratar com AH todos os animais do lote ou rebanho. Segundo Van Wyk et al. (2001) a proporção da população de parasitos em Refugia pode ser o fator que determina a taxa de desenvolvimento da RAH e deve ser

considerada, acima de tudo, no desenvolvimento e implementação de quaisquer estratégias de controle. O conceito de Refúgia refere-se à proporção de parasitos suscetíveis que não são expostos ao tratamento anti-helmíntico, seja porque estão no ambiente (estágios de vida livre no pasto), ou porque se encontram no trato gastrintestinal dos hospedeiros que não foram tratados (Kenyon et al., 2009). Esses parasitos constituem um reservatório de genes suscetíveis, diluindo assim os parasitos resistentes presentes.

Este "tratar menos" é a base do Tratamento Seletivo (TST, do termo em inglês Targeted Selective Treatment), no qual apenas uma parte do rebanho ou do lote (e não o lote inteiro) é tratada num determinado momento (Kenyon e Jackson, 2012). O TST aumenta significativamente a porcentagem da população Refúgia, exatamente porque apenas uma pequena proporção do rebanho será tratada a cada vez, deixando a grande maioria dos animais sem tratamento. Isso é possível porque os parasitos não estão igualmente distribuídos nos animais. Alguns indivíduos e algumas categorias são mais resistentes aos parasitos que outros. A capacidade de direcionar eficazmente o uso anti-helmíntico depende da identificação destes animais que mais se beneficiarão do tratamento. Portanto, o desafio de implementar o TST é identificar, no momento certo, apenas os animais que realmente precisam de tratamento. Portanto, os critérios utilizados para esta identificação devem de fácil execução, práticos e "pen side", ou seja, no momento da avaliação do animal, define-se se o mesmo necessita ou não de tratamento (Kenyon et al., 2009).

Neste sentido, as novas tecnologias podem auxiliar os técnicos e criadores nesta tomada de decisão. Vivemos hoje a chamada 4ª Revolução Industrial marcada pela convergência de tecnologias digitais, físicas e biológicas, e que, segundo Schwab (2016), significa dizer que: "Estamos a bordo de uma revolução tecnológica que transformará fundamentalmente a forma como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos. Em sua escala, alcance e complexidade, a transformação será diferente de qualquer coisa que o ser humano tenha experimentado antes".

A quarta Revolução Industrial, também chamada de 4.0, está relacionada à automatização completa

das fábricas, Internet das Coisas e Inteligência Artificial. É caracterizada por uma internet mais ubíqua e móvel, por sensores menores, e mais poderosos que se tornam mais baratos e pela inteligência artificial e aprendizagem automática (ou aprendizagem de máquina).

Dentro do contexto da produção animal, os efeitos da 4ª Revolução Industrial se mostram sob várias tendências. Entre elas, as fazendas inteligentes ("Smart Farms"), equipadas com sensores por todos os lados e máquinas dotadas de inteligência artificial. No contexto da agropecuária digital, a Internet das Coisas, os algoritmos e o Big Data entram no mundo rural para elevar ao máximo a produtividade em cada hectare, ao mesmo tempo em que contribuem para reduzir a pressão exercida sobre os recursos naturais e o meio ambiente.

Dentro deste contexto, o controle das parasitoses dos pequenos ruminantes, também deve ser analisado sob outro enfoque. A tomada de decisão de quando e quais animais devem ser tratados, pode ser facilitada se forem utilizados, por exemplo, programas que tenham definidos os critérios de tratamento seletivo para uma determinada categoria e armazenem o histórico do animal.

No Setor de Ovinocultura da Fazenda Experimental (FEGA) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), adota-se um protocolo padrão para tratamento de animais adultos e cordeiros em crescimento. Para animais adultos, utiliza-se o método FAMACHA® (F) (Van Wyk e Bath, 2002) e a avaliação do escore de condição corporal (ECC, que varia de 1 a 5). Animais classificados como F3, F4, F5 são sempre tratados e animais F1 nunca são tratados, exceto se apresentarem edema submandibular. Os animais classificados como F2 serão tratados caso seu ECC seja  $\leq 2$  para ovelhas secas ou  $\leq 1,5$  para ovelhas em lactação (Sotomaior e Cintra, 2018). Portanto, ao utilizar o programa, quando entra-se com a informação de uma ovelha é, por exemplo, F2, está em lactação e apresenta ECC 1,5, o programa automaticamente avisará que este animal deve ser tratado.

No caso de cordeiros em crescimento, os critérios de tratamento seletivo são distintos. Cintra et al. (2019) avaliaram diferentes critérios para a determinação do momento ideal de tratamento de cordeiros na fase pós-desmame e verificaram que o

ganho médio diário (GMD) de peso foi o critério mais eficiente, associado ou não com o a classificação do FAMACHA®. Sabe-se que o desenvolvimento dos cordeiros é representado pelo seu crescimento corporal em função do tempo e pode ser avaliado pela taxa de crescimento ou pelos incrementos em peso e tamanho nos diferentes estágios de vida (Behzadi et al., 2014). Embora a taxa de ganho seja determinada geneticamente, o ganho é influenciado por vários fatores ambientais, como a ingestão de nutrientes e a presença de parasitos (Abegaz et al., 2010). Como as mudanças no peso vivo em um determinado período de tempo podem ser explicadas pelas curvas de crescimento (Keskin et al., 2010), estudos sobre modelos de curvas de crescimento, bem como a variação populacional dos parâmetros estruturais (Behzadi, 2014) têm várias aplicações para os animais de produção, como a avaliação da resposta a diferentes tratamentos ao longo do tempo, a identificação de animais mais precoces, ou seja, mais pesados em menor idade (Hojjati e Hossein-Zadeh, 2018) e auxilia a estabelecer estratégias de alimentação adequadas e a melhor idade de abate (Malhado et al., 2009). Além disso, podem ser utilizadas como critério para identificar se um determinado cordeiro estaria abaixo do ganho de peso estimado para aquela idade e, assim, necessitando de tratamento.

Portanto, faz-se necessário trabalhar no desenvolvimento de programa e aplicativos que possam ser utilizados como facilitadores da tomada de decisão no TST. Se, por um lado, segundo Pivoto et al. (2018), em sua avaliação sobre o desenvolvimento científico de tecnologias agrícolas inteligentes e sua aplicação no Brasil, um dos principais problemas identificados é capacidade dos agricultores para entender e lidar com ferramentas das chamadas "Smart Farms", por outro lado, essas limitações revelam uma oportunidade de mercado para as empresas explorarem e ajudarem a resolver esses problemas, e a ciência tem papel importantíssimo para contribuir para esse processo. Cabe aos pesquisadores da área, em conjunto com especialistas destas novas tecnologias, desenvolverem e validarem estas novas ferramentas, transformando o TST num verdadeiro "tratamento inteligente".

## Referências

- Abegaz S, Van Wyk JB, Olivier JJ. Estimation of genetic and phenotypic parameters of growth curve and their relationship with early growth and productivity in Horro sheep. *Archiv Tierzucht* 2010;53(1):85-94.
- Behzadi MRB, Aslaminejad AA, Sharifi AR, Simianer H. Comparison of mathematical models for describing the growth of Baluchi sheep. *J Agric Sci Technol.* 2014;16:57-68.
- Cintra MCR, Ollhoff RD, Weber SH, Sotomaior CS. Is the Famacha® system always the best criterion for targeted selective treatment for the control of haemonchosis in growing lambs? *Vet Parasitol.* 2019; 266:67-72.
- Cintra MCR, Teixeira VN, Nascimento LV, Sotomaior CS. Lack of efficacy of monepantel against *Trichostrongylus colubriformis* in sheep in Brazil. *Vet. Parasitol.* 2016;216:4-6.
- Falzon LC, O'Neill TJ, Menzies PI, Peregrine AS, Jones-Bitton A, van Leeuwen J, et al. A systematic review and meta-analysis of factors associated with anthelmintic resistance in sheep. *Prev Vet Med.* 2014;117:388-402.
- Hojjati F, Hossein-Zadeh NG. Comparison of non-linear growth models to describe the growth curve of Mehraban sheep. *J Appl Anim Res.* 2018;46:499-504.
- Kenyon F, Greer AW, Coles GC, Cringoli G, Papadopoulos E, Cabaret J, et al. The role of targeted selective treatments in the development of refugia-based approaches to the control of gastrointestinal nematodes of small ruminants. *Vet Parasitol.* 2009;164:3-11.
- Kenyon F, Jackson F. Targeted flock/herd and individual ruminant treatment approaches. *Vet Parasitol.* 2012;186(1/2):10-7.
- Keskin I, Dag B, Sariyel V, Gokmen M. Estimation of growth curve parameters in Konya Merino sheep. *S Afr J Anim Sci.* 2009;39:163-8.
- Malhado CHM, Carneiro PLS, Affonso PRAM, Souza Jr AAO and Sarmiento JLR. Growth curves in Dorper sheep crossed with the local Brazilian breeds, Morada Nova, Rabo Largo, and Santa Inês. *Small Rumin. Res.* 2009;84:16-21.

- Pivoto D, Waquil PD, Talamini E, Finocchio CPS, Corte VFD, Mores GV. Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. *Inf Process Agric.* 2018;5:21-32.
- Rose H, Rinaldi L, Bosco A, Mavrot F, de Waal T, Skuce P, et al. Widespread anthelmintic resistance in European farmed ruminants: a systematic review. *Vet Rec.* 2015;176(21):546.
- Salgado JA, Santos CP. Overview of anthelmintic resistance of gastrointestinal nematodes of small ruminants in Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet.* 2016;25:3-17.
- Schwab KA. Quarta Revolução Industrial. 1 ed. São Paulo: Edipro; 2016. 159 p.
- Scott I, Pomroy WE, Kenyon PR, Smith G, Adlington B, Moss A. Lack of efficacy of monepantel against *Teladorsagia circumcincta* and *Trichostrongylus columbriformis*. *Vet Parasitol.* 2013;198:166-71.
- Sotomaioir CS, Cintra MCR. Ten years of FAMACHA® system used as criteria for a targeted selective treatment (TST) in a sheep flock: a Brazilian experience. In: Molento MB, Miller J. (Eds.). *Novel Approaches to the Control of Helminth Parasites of Livestock: Facing the Challenge of Helminth Infections in Tropical and Subtropical Areas.* Curitiba: Appris; 2018. p. 43-52.
- Torres-Acosta JFJ, Mendoza-de-Gives P, Aguilar-Caballero AJ, Cuéllar-Ordaz JA. Anthelmintic resistance in sheep farms: update of the situation in the American continent. *Vet Parasitol.* 2012;189(1):89-96.
- Van den Brom R, Moll L, Kappert C, Vellema P. *Haemonchus contortus* resistance to monepantel in sheep. *Vet Parasitol.* 2015; 209:278-80.
- Van Wyk JA, Bath GF. The FAMACHA system for managing haemonchosis in sheep and goats by clinically identifying individual animals for treatment. *Vet. Res.* 2002;33:509-29.
- Van Wyk JA. Refugia – overlooked as perhaps the most important factor concerning the development of anthelmintic resistance. Onderstepoort J. *Vet. Res.* 2001;68:55-7.

PONENCIAS MAGISTRALES

# Uso de extractos de plantas en el control de parasitosis

Rosa Isabel Higuera-Piedrahita

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Cuautitlán Izcalli, México

## Resumen

Las parasitosis son en la actualidad uno de los problemas más importantes en la salud del rebaño. Las opciones actuales de control se limitan al uso de fármacos disponibles en el mercado, los cuales son de uso cotidiano sin cronograma sanitario en su mayoría, por lo cual, la población refugio susceptible parasitaria se hace cada vez menor. Es entonces importante incluir herramientas eficaces para el control integrado de parásitos que permitan la subsistencia de cepas susceptibles y que además tengan un plus, disminuyendo el impacto al ambiente e inclusive un mecanismo de acción que permita cero residuos y en este campo es donde la herbolaria toma importancia en su estudio.

**Palabras clave:** Extractos vegetales. *Haemonchus contortus*. Control integrado de parásitos.

## Introducción

La medicina tradicional, herbolaria ha sido utilizada desde épocas ancestrales utilizando extractos acuosos o hidroalcohólicos productos de fermentación, conociendo de tal forma actividad en determinadas plantas, pero al mismo tiempo

desconociendo moléculas eficaces, dosis efectivas y en muchos casos efectos secundarios (Saunders et al., 2013).

En este sentido el estudio de las plantas comienza de acuerdo a la clasificación del uso de la planta en cuatro puntos importantes:

1. Nivel mínimo: no existe información de la planta a estudiar.

2. Bajo nivel: no existe información de la planta como tal, si no de plantas de la misma familia, puede validarla el hecho de que se use en otros ramos.

3. De nivel medio: además de los datos etnobotánicos, información fitoquímicos o farmacológico disponible hay información de su eficacia.

4. De alto nivel: si la etnobotánica y datos farmacológicos son consistentes con el uso popular de la planta, su uso se clasifica en el nivel más alto de validez y es considerado eficaz.

Una vez elegida la planta, se realiza una búsqueda bibliográfica, no sólo de la misma sino de la familia, ya que muchos metabolitos se comparten y cambia su concentración dependiendo su estado fenológico, además, muchas veces en otros géneros se encuentran isómeros de las plantas que pueden potenciar o disminuir la eficacia sobre el objetivo.

El género Asteraceae se ha estudiado ampliamente como una de las familias por excelencia antiparasitarias tanto intracelulares como extracelulares, es además

muy rica en flavonoides, terpenos que en general se les atribuyen funciones antihelmínticas, antioxidantes, anticancerosas e inclusive anticonceptivas.

Lans et al. (2007) mostraron una serie de plantas con actividad antihelmíntica como es el caso de *Artemisia cina*, *A. vulgaris*, *A. annua*, *Echinacea purpurea* y la *Mentha piperita*. En 2011, Lans (2011) demostró el efecto antihelmíntico en pequeños rumiantes de extractos acuosos como el ajo, la cebolla, menta, nueces, eneldo, y perejil todo utilizado para parasitismo gastrointestinal. Van Agtmael et al. (1999) y Lans (2011) muestran que *Artemisia* spp. se utiliza para el tratamiento de los animales infectados con parásitos en sangre, tales como *Plasmodium* sp. y *Trypanosoma* sp.

El género *Artemisia* sp. ha sido objeto de estudio en los últimos años ya que se han encontrado compuestos con alta capacidad antihemíntica como sesquiterpenos, flavonoides, cumarinas, triterpenoides, compuestos esteroides, fenoles, purinas, lípidos y alifáticos los cuales además poseen alta actividad antioxidante (Bhakuni et al., 2011; Ferreira y Janick, 2009).

Artemisinina o llamado quinghaosu en la medicina china es una lactona sesquiterpena considerada como el principal componente de *Artemisia annua* y en la actualidad se conoce que de *A. cina* (Klayman, 1985).

El nivel de concentración de artemisinina en *A. cina* puede variar dependiendo de las condiciones de cultivo, variación estacional y geográfica. En general artemisinina está presente entre el 0,01 y 0,4% en hojas y flores de la planta seca (Van Agtmael et al., 1999). La artemisinina es considerada un potente antimalárico contra *Plasmodium falciparum* resistentes a cloroquina y quinina (Heppner y Ballou, 1998; Cala, 2010). Según Golenser et al. (2006), los mecanismos de acción atribuidos a la artemisinina incluyen interferencia en las proteínas de transporte en la función mitocondrial del parásito, modulación de la función inmune del hospedador e inhibición de la angiogénesis.

El estudio farmacocinético de la artemisinina en caprinos realizado por Cala (2010) muestra que la dihidroartemisinina es el principal metabolito activo de la artemisinina, ésta apareció en el plasma cuatro horas después de la administración

oral de la dosis de 23 mg de artemisinina/kg PV y consiguió su pico 12 horas después. En las heces, la concentración no absorbida de artemisinina en las primeras 24 horas fue de 2,4 µg/g y disminuyó rápidamente 30 horas después. Se observó que la mayor parte de la artemisinina fue eliminada en las heces: este hecho probablemente impidió que la artemisinina administrada por vía oral tomara niveles sanguíneos deseados.

La administración de dihidroartemisinina vía oral en las dosis de 10, 20 y 30 mg/kg PV en conejos y 20 mg/kg de peso vivo en perros, no presentó toxicidad en ninguno de los experimentos (Zhao y Song, 1990). Boareto et al. (2008) mostraron el efecto de artemisinina en dosis crecientes de 7,3 y 70 mg/kg PV/día sobre diferentes períodos de la gestación en ratas Wistar (7 a 13 y de 14 a 20 días): se observó la toxicidad para todos los periodos de tratamiento, con menos sensibilidad en estadios más avanzados de gestación. A dosis de 35 e 75 mg/kg causaban elevados porcentajes de pérdidas después de la implantación: se concluyó que la administración oral de la artemisinina puede afectar estos estadios y el propio desarrollo gestacional en ratas. Así muestra que la toxicidad y la eficacia de la artemisinina y de dihidroartemisinina dependen del tiempo de exposición y de su concentración en sangre (Zhao y Song, 1990; Boareto y col, 2008).

Iqbal et al. (2004) observaron que en ovinos con infección mixta de nematodos gastroentéricos se encuentra una reducción de 67,2% de huevos por gramo a los 14 días después de haber recibido un extracto acuoso de *A. brevifolia* en dosis de 3,0 g/kg de peso vivo (pv). Además, en evaluaciones in vitro sobre adultos de *H. contortus* se verificó una parálisis completa y mortalidad seis horas después de la exposición de los extractos acuosos y metanólicos de *A. brevifolia* a adultos de *Haemonchus contortus*.

Tariq et al. (2009) mostraron eficacia antihelmíntica del extracto acuoso (73,6%) y extracto etanólico (94,7%) de las partes aéreas de *A. absinthium*, contra nematodos gastrointestinales en ovinos en pruebas de inhibición de la motilidad de adultos. El extracto etanólico es tan eficaz como el albendazol. En desafíos in vivo mostró una reducción de huevos por gramo en heces de 90,5% utilizando una dosis de 2 g/Kg PV.

Estudios hechos por Higuera-Piedrahita et al. (2016) mostraron el desafío del extracto etanólico de *A. cina* en animales naturalmente infectados por nemátodos gastroentéricos mostrando que al grupo al que se administró extracto etanólico y albendazol mostraron una reducción significativa en la cantidad de hpg ( $p < 0,05$ ).

En conclusión, el estudio de extractos de plantas no se limita al extracto sino a la evaluación de moléculas activas presentes tanto in vivo como in vitro para permitir incluirlas dentro del control integrado de parásitos. Además, muchas de las moléculas encontradas no sólo poseen actividad nematicida, sino otros usos que deben ser evaluados para una adecuada administración.

## Desarrollo temático

### Extracto etanólico de *A. cina*

El extracto etanólico de *A. cina*, se obtuvo realizando extracción en solvente por 48 horas y posteriormente se liofilizó.

### Fraccionamiento de *A. cina*

La metodología para el fraccionamiento de la planta se realizó siguiendo la descripción de Giang et al. (2013) para extractos etanólicos de *A. japónica*. Se realizó una partición líquido-líquido (combinación de dos moléculas inmiscibles, metanol y hexano, de forma que las moléculas polares se mezclan con el metanol y las no polares con el hexano) y se obtuvieron dos fracciones: una hexánica y una metanólica.

#### *Fracción hexánica*

De la fracción hexánica se obtuvieron cuatro fracciones (Ac2a, Ac2b, Ac3b y Ac4b) por columna de cromatografía al vacío (VLC) con tonsil. Posteriormente, se realizó una columna de gravedad, obteniéndose así catorce fracciones, identificadas como Ac3a hasta Ac3n. Las fracciones obtenidas se evaluaron por medio de cromatografía en capa fina para determinar cuál era artemisinina; y se evaluaron, además, por espectroscopia de

masas. A las fracciones que se determinaron como artemisininas se les realizó una placa preparativa.

Placa preparativa: de la placa preparativa se obtuvieron cuatro fracciones, que fueron evaluadas para determinar artemisininas: Ac4a, Ac4b, Ac4c y Ac4d; la fracción Ac4b fue evaluada por cromatografía en capa fina y espectrometría de masas (resultados no mostrados en este estudio); se determinaron como artemisininas y se eligieron para el ensayo *in vitro*.

#### *Fracción metanólica*

De la fracción metanólica (de la partición líquido - líquido) se aislaron cinco fracciones. Se realizó cromatografía en capa fina para determinar artemisininas. Todas las fracciones obtenidas se liofilizaron, se mantuvieron 12 horas en desecador y se pesaron.

### Larvas de *H. contortus*

Los huevos de *H. contortus* se obtuvieron de las heces de un cordero donador, infectado experimentalmente con 5000 larvas de tercer estadio (L3). La cepa es de origen ovino aislada, mantenida y caracterizada en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Se colectaron larvas infectantes por medio de la técnica de Corticelli-Lai.

### Ensayo de eclosión de huevos (EHA)

Esta técnica se realizó siguiendo la metodología citada por Coles et al. (1992). Se aplicaron los tratamientos: las fracciones: Ac3a, Ac3b, Ac3e, Ac3h, Ac3k, Ac4b, artemisinina (éstas a 1 mg/ml), agua (20 uL), albendazol a 300 mg/ml (20 uL), alcohol etílico (20 uL), testigo 20 uL, en placas de 96 pozos con tres repeticiones cada una.

### Ensayo de inhibición de migración larvaria (LMIA)

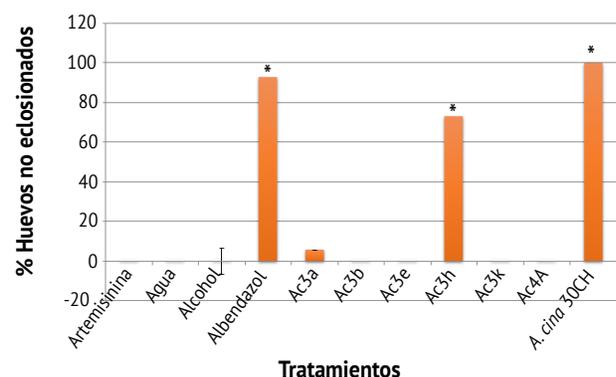
Según la técnica descrita por Lloyd et al. (2000), se aplican los tratamientos: las fracciones Ac3a, Ac3b, Ac3c, Ac3d, Ac3e, Ac3f, Ac3g, Ac3h, Ac3i, Ac3j, Ac3k, Ac3l, Ac3m, Ac4a, Ac4b, Ac4c y Ac4d, artemisinina (éstas a 1 mg/ml y a 0,1 mg/ml), agua

(20 uL), albendazol a 300 mg/ml (20 uL), alcohol etílico (20 uL), con tres repeticiones cada una. Se incuban por tres horas a 28 °C.

### Análisis estadístico

Se realizó un ANOVA multifactorial por medio del programa Statgraphics® para cada experimento.

## Resultados

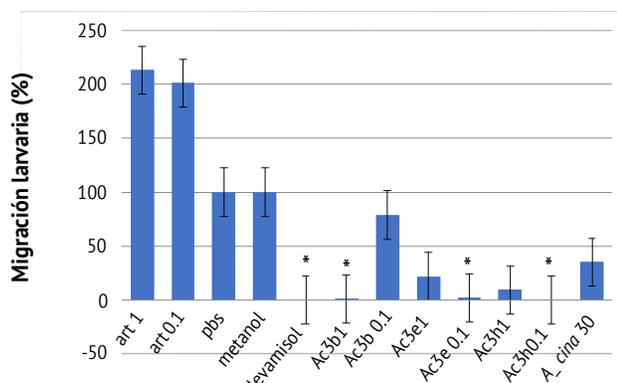


**Figura 1** - Ensayo de inhibición de la eclosión de huevos de *H. contortus* tratados con artemisinina (1 mg/ml), agua (1 ml), alcohol (1 ml), albendazol (300 mg/ml) y con las fracciones (1 mg/ml): Ac3a, Ac3b, Ac3e, Ac3h, Ac4a. ME + EE. \* Diferencias significativas entre grupos ( $p < 0,05$ ).

### Ensayo de migración larvaria

Se encontró que 0% de L3 de *H. contortus* migran después de tres horas de tratamiento con levamisol, se observó un efecto letal evidente y se encontraron diferencias significativas entre los grupos ( $p < 0,05$ ). En cuanto a *A. cina* se encontró que el 35,5% de las larvas migraron ( $p < 0,05$ ). Los controles como el agua mostraron una migración de 92% y con PBS una migración de 94,1%, no se encontraron diferencias significativas entre ellos ( $p > 0,05$ ).

Las fracciones Ac3h (0,1 mg/mL), Ac3b (1 mg/mL), Ac3e (0,1 mg/mL) y Ac3a (1 mg/mL) mostraron inhibición de la migración ( $p > 0,05$ ) y no se obtuvieron diferencias entre estas y el control de levamisol. No se encontraron diferencias entre los controles de agua, alcohol y PBS ( $p > 0,05$ ) (Figura 2).



**Figura 2** - Ensayo de migración larvaria: L<sub>3</sub> de *H. contortus* tratados con artemisinina (1 mg/ml y 0,1 mg/ml), PBS (1 ml), alcohol (1 ml), levamisol (7,5 mg/ml), Ac3b (1 mg/ml), Ac3e (1 mg/ml), Ac3h (1 mg/ml). ME + EE. \* Existe diferencia significativa entre grupos ( $p < 0,05$ ).

El albendazol mostró inhibición de la eclosión de huevos en un rango de 90 a 100%. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Akkari et al. (2014) utilizando *A. campestris* en el ensayo de eclosión de huevos, donde se encontró que la dosis letal 50 para el extracto etanólico fue de 0,8 mg/mL en este estudio se demostró que la dosis letal es 1 mg/mL. La fracción Ac3h obtenida del extracto etanólico: mostró inhibición de la eclosión de huevos en un 70%, éstos resultados son pioneros en mostrar el efecto *in vitro* de *A. cina* en fracciones obtenidas del extracto etanólico. Trabajos como el de Bashtar et al. (2011) mostraron el efecto directo de *A. cina* en extracto etanólico sobre el parásito adulto (*Moniezia* spp). Hallazgos complementarios a éste estudio: mostraron por microscopía electrónica daños estructurales al parásito: los cuales realizó el mismo daño a nivel de huevos y larvas como se observó en éste estudio. Esto plantea que *A. cina* puede ser un antihelmíntico de alta eficacia comprobada *in vitro* para el control de hemonchosis en ovinos.

Las fracciones obtenidas del extracto etanólico Ac3h, Ac3b, Ac3e, Ac3a y levamisol mostraron inhibición de la migración ( $p > 0,05$ ), éstas fracciones se determinaron como artemisininas según resultados mostrados anteriormente. Estos resultados son comparables con los hallados por Bashtar et al. (2011) donde encontró una eficacia entre 70 y 80% de *A. cina* como antihelmíntica, estos hallazgos permiten considerar la planta como un potencial antihelmíntico.

Los resultados obtenidos en el ensayo de inhibición de la eclosión de huevos son comparables con los encontrados por Costa et al. (2008) utilizando *Azaridachta indica* mostraron que es necesario 1,8 mg/ml de extracto etanólico de la planta para inhibir el 95% de la eclosión de huevos; en éste estudio fue necesario 1 mg/ml para inhibir la eclosión de huevos en la fracción Ac3h. Esta concentración al compararla con un estándar como el albendazol que inhibe el 100% de eclosión, muestra que puede ser una alternativa eficaz. El albendazol es una sustancia pura, mientras que las fracciones tienen muchos compuestos químicos que contienen el componente activo con acción ovicida. Además, a diferencia del ABZ: *A. cina* es un producto natural que puede crecer localmente y se obtiene a bajo costo. En general, el extracto de una planta tiene pocas concentraciones de componentes activos y un gran número de componentes promisorios (Rates, 1994).

En éste estudio no se evidenció la eficacia de artemisinina en larvas 3, tampoco se evidenció con fracciones que se asumen como artemisininas por cromatografía, el daño se evidenció en fracciones como la Ac3e, Ac3a, Ac3b y Ac3h que por su espectrometría de masas tienen concentración de artemisininas pero con otra molécula de mas bajo peso molecular. En este estudio no se dilucidaron las moléculas, solamente se determinó su peso molecular para compararlas con el control de artemisininas de Sigma®. Se puede asumir que la falta de actividad de las artemisininas es por su presentación, ya que dependiendo la conformación de su molécula es más eficaz como lo cita Yuan et al. (2014).

El efecto que se encontró en ensayos in vitro con el extracto etanólico de *A. cina* y con las fracciones permite demostrar que la extracción de los metabolitos eficaces puede hacer cambiar la conformación de las moléculas y disminuir su eficacia. Resultados comparables los reporta Domínguez (1979) donde la actividad de las plantas ha sido atribuida a metabolitos secundarios que pueden ser extraídos de la planta sin tratamiento alguno: así como se obtiene *A. cina* de las hojas de la planta en prefloración y éste extracto utilizado sobre L3 es uno de los ensayos por excelencia que muestran la eficacia de la misma (Avello, 2009). En éste estudio con *A. cina* y sus fracciones se consiguió

una inhibición de la migración larvaria del 79 % al 100% con las fracciones Ac3b y Ac3e.

La planta *A. cina* mostró poseer en su composición algunos terpenoides: Kim et al. (2014) reportó actividad insecticida de éstos, además se ven envueltos en la inhibición o retraso del crecimiento, daño en la maduración y reducción de la capacidad reproductiva o el apetito, hallazgos que coinciden con lo reportado por nosotros sobre inhibición de la eclosión de huevos e inhibición de la migración larvaria.

## Conclusión

Las fracciones Ac3a, Ac3b, Ac3h, Ac3i, Ac4a mostraron picos congruentes con artemisininas Sigma®: se encontró que éstas fracciones poseen dos picos, a 244.89 m/z y a 261m/z. Se determinó que la presencia de este último permite que la fracción sea activa *in vitro*; es decir, que posea efecto letal.

El extracto etanólico de *A. cina* tiene pequeñas cantidades de artemisininas, las cuales son fácilmente separables por el método de cromatografía en capa fina. El sistema más apropiado para su separación es hexano: acetona a una concentración de 80:20.

Las fracciones Ac3e, Ac3h y el levamisol mostraron inhibición de la migración larvaria (L3).

## Agradecimientos

Proyecto PAPIIT: Efecto antihelmíntico del extracto etanólico de *Artemisia cina*, semilla de papaya (*Carica papaya*) y taninos condensados sobre *Haemonchus contortus*.

## Referencias

Akkari H, Rtibi K, B'chir F, Rekik M, Darghouth MA, Gharbi M. In vitro evidence that the pastoral *Artemisia campestris* species exerts an anthelmintic effect on *Haemonchus contortus* from sheep. Vet Res Commun. 2014;38(3):249-55.

Avello M, Avendaño CS, Mennickent S. Aspectos generales de la homeopatía. Rev Méd Chile. 2009;137(1):115-20.

- Bashtar A, Hassanein M, Abdel-Ghaffar F, Al-Rasheid K, Hassan S, Mehlhorn H, et al. Studies on moniezia of sheep I. Prevalence and antihelminthic effects of some plant extracts, a light and electron microscopic study. *Parasitol Res.* 2011;108(1):177-86.
- Bhakuni RS, Jain DC, Sharma RP, Kumar S. Secondary metabolites of *Artemisia annua* and their biological activity. *Curr Sci India.* 2011;80(11):35-48.
- Boareto AC, Muller JC, Bufalo AC, Botelho GG, Araujo SL, Foglio MA, et al. Toxicity of artemisinin *Artemisia annua* L. in two different periods of pregnancy in Wistar rats. *Reprod Toxicol.* 2008;25(2):239-46.
- Cala AC. Avaliação da atividade de *Artemisia annua* L., *Melia azedarach* L. e *Trichilia clausenii* C. sobre nematódeos gastrintestinais de ovinos [tesis de maestría]. Jaboticabal, Brasil: Universidade Estadual Paulista ; 2010. 64 p.
- Coles GC, Bauer C, Borgsteede FH, Geerts S, Klei TR, Taylor MA, et al. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) methods for the detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Vet Parasitol.* 1992;44(1-2):35-44.
- Costa CTC, Bevilacqua CML, Camurça-Vasconcelos ALF, Maciel MV, Morais SM, Castro CMS, et al. In vitro ovicidal and larvicidal activity of *Azadirachta indica* extracts on *Haemonchus contortus*. *Small Rumin Res.* 2008;74(1-3):284-7.
- Ferreira J, Janick J. Annual wormwood (*Artemisia annua* L.). 2009 [14 feb 2019]. Disponible en: <https://tinyurl.com/yyev5gnf>.
- Giang PM, Binh NT, Matsunami K, Son PT. Three new eudesmanes from *Artemisia japonica*. *Nat Prod Res.* 2014;28(9):631-5.
- Golenser J, Waknine JH, Krugliak M, Hunt NH, Grau GE. Current perspectives on the mechanism of action of artemisinins. *Int J Parasitol.* 2006;36(14):1427-41.
- Heppner DG, Ballou WR. Malaria in 1998: advances in diagnosis, drugs and vaccine development. *Curr Opin Infect Dis.* 1998;11(5):519-30.
- Higuera-Piedrahita R, López-Arellano M, López-Arellano R, Cuenca-Verde C, Cuéllar-Ordaz JA. Evaluación del efecto de las artemisininas provenientes del extracto etanólico de *Artemisia cina* sobre L3 de *Haemonchus contortus* en una técnica de explantes abomasales. *Rev Cien Agri.* 2016;13(1):107-16.
- Iqbal Z, Lateef M, Ashraf M, Jabbar A. Antihelminthic activity of *Artemisia brevifolia* in sheep. *J Ethnopharmacol.* 2004;93(2-3):265-8.
- Kim MH, Seo JY, Liu KH, Kim JS. Protective effect of *Artemisia annua* L. extract against galactose induced oxidative stress in mice. *PLoS One.* 2014;9(7):e101486.
- Klayman DL. Qinghaosu (Artemisinin): An antimalarial drug from China. *Science.* 1985;228(4703):1049-55.
- Lans C. Validation of ethnoveterinary medicinal treatments. *Vet Parasitol.* 2011;178(3-4):389-90.
- Lans C, Turner N, Khan T, Brauer G. Ethnoveterinary medicines used to treat endoparasites and stomach problems in pigs and pets in British Columbia, Canada. *Vet Parasitol.* 2007;148(3-4):325-40.
- Lloyd JB, Fitzgibbon CC, Barchia I. Evaluation of a laboratory test to detect resistance to closantel in *Haemonchus contortus*. *Aust Vet J.* 2000;78(10):710-4.
- Saunders GI, Wasmuth JD, Beech R, Laing R, Hunt M, Naghra H, et al. Characterization and comparative analysis of the complete *Haemonchus contortus* b-tubulin gene family and implications for benzimidazole resistance in strongylid nematodes. *Int J Parasitol.* 2013;43(6):465-75.
- Van Agtmael MA, Eggelte TA, van Boxtel CJ. Artemisinin drugs in the treatment of malaria: from medicinal herb to registered medication. *Trends Pharmacol Sci.* 1999;20(5):199-205.
- Yuan Y, Liu W, Zhang Q, Xiang L, Liu X, Chen M, et al. Overexpression of artemisinic aldehyde  $\Delta 11$  (13) reductase gene enhanced artemisinin and its relative metabolite biosynthesis in transgenic *Artemisia annua* L. *Biotechnol Appl Biochem.* 2015;62(1):17-23.
- Zhao KC, Song ZY. The pharmacokinetics of dihydroqinghaosu given orally to rabbits and dogs. *Yao Xue Xue Bao.* 1990;25(2):147-9.