

# SUPLEMENTACIÓN DE GLUTAMATO, CIRCUNFERENCIA ESCROTAL & NIVELES SÉRICOS DE IGF-1 EN MACHOS CAPRINOS BAJO FOTOPERÍODOS CRECIENTES

## GLUTAMATE SUPPLEMENTATION, SCROTAL CIRCUMFERENCE & SERUM IGF-1 LEVELS IN MALE GOATS UNDER INCREASED PHOTOPERIODS

R. Vicente Pérez<sup>1</sup>, F.G. Véliz Deras<sup>2</sup>, R. Rodríguez Martínez<sup>2</sup>, J. Arellano Rodríguez<sup>2</sup>, J. Abad Zavaleta<sup>3</sup>, M.G. Calderón Leyva<sup>1</sup>, M.J. Soto Sánchez<sup>1</sup>, J.M. Reyes Ávila<sup>1</sup>, C.A. Meza Herrera<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Chapingo - Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. México.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. México.

<sup>3</sup> Instituto Tecnológico de Torreón. México.

<sup>4</sup> Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita, Oaxaca, México

\* [cmeza2020@hotmail.com](mailto:cmeza2020@hotmail.com)

**RESUMEN.** Se evaluó el uso de la suplementación de L-glutamato sobre el comportamiento reproductivo en machos caprinos Alpinos, considerando las variables peso vivo (**PV**), condición corporal (**CC**) circunferencia escrotal (**CE**) así como los niveles séricos del factor de crecimiento análogo a la insulina (**IGF-1**) durante fotoperíodos crecientes. El experimento se realizó en la Unidad de Experimentación Caprina Sur, (URUZA-UACH 25° LN, 103° LO, 1,117 msnm), en marzo. Machos Alpinos (n=6, 24 meses, PV 52.8 ±1.4 kg), recibieron una dieta a libre acceso de heno de alfalfa (14% PC; 1.14Mcal kg<sup>-1</sup> ENm) y ensilado de maíz (8.1% PC; 1.62 Mcal kg<sup>-1</sup> ENm). Los grupos experimentales consideraron: 1) Grupo L-glutamato (**GLUT** n=3; PV = 50.3±0.33 kg, CC= 3.30±0.04 unidades) y 2) Grupo control, (**CONT**, n=3; PV=49.3±0.33 kg, CC 3.40±0.04 unidades). Mientras que el grupo GLUT recibió una infusión intravenosa de L-glutamato (7 mg kg<sup>-1</sup> PV) en el tiempo tres (minuto 60) dentro de un muestreo intensivo (15 min x 180 minutos), el grupo CONT recibió una aplicación endovenosa de solución salina. El PV (49.83±0.33 kg), la CC (3.20±0.11 unidades) y la CE (24.21±0.77 cm) no difirieron (P>0.05) entre tratamientos, sin embargo, los niveles séricos (408.44 vs 309.00 mL<sup>-1</sup>), así como el patrón de secreción de IGF-1 a través del tiempo favorecieron (Pd<sup>0</sup>.05) al grupo GLUT. Las infusiones endovenosas de L-glutamato afectaron positivamente el patrón de síntesis y secreción de IGF-1 bajo un esquema fótico considerado como inhibitorio de la función reproductiva en esta latitud. Lo anterior puede ser de significancia tanto biológica como económica en sistemas de producción semi-extensivos e intensivos que utilicen grupos genéticos con alto encaste a grupos raciales enfocados a la producción de leche.

**Palabras clave:** Aminoácidos excitadores, glutamato, factor de crecimiento análogo a la insulina (IGF-1), fotoperíodo, machos caprinos.

**SUMMARY.** The effect of L-glutamate supplementation of male goats upon the variables body weight (BW), body condition score (BCS), scrotal circumference (SC) and serum levels of insulin-like growth factor-1 (IGF-1) under a natural increased photoperiod was evaluated. The study was carried out at the Southern Goat Research Unit (URUZA-UACH, 25° NL, 103° WL, 1,117 m) during March. Alpine bucks (n=6, 24 months. BW=49.83±0.33 kg), received free access to a basal diet of alfalfa hay (14% CP; 1.14Mcal kg<sup>-1</sup> NEM) and corn silage (8.1% CP; 1.62 Mcal kg<sup>-1</sup> NEM). Bucks were randomly assigned to one experimental group: i). L-glutamate group (**GLUT** n=3; PV = 50.3±0.33 kg, CC= 3.25±0.11 units) and ii). Control group (**CONT**, n=3; PV = PV=49.3±0.33 kg, 3.40±0.04 units). While BW (49.83±0.33 kg), BCS (3.20±0.11 units) and SC (24.21±0.77 cm) did not differ (P>0.05) between treatments, both the serum IGF-1 level concentration (408.44 vs 309.00 mL<sup>-1</sup>) as well as the secretion pattern of IGF-1 across time differed (Pd<sup>0</sup>.05) between treatments, favoring to the GLUT supplemented bucks. Glutamate supplementation positively affected the synthesis and secretion pattern of IGF-1 under a photic scheme considered as inhibitory of reproductive function. The last could be both of biologic and economic significance particularly in goat production systems under semi-extensive and intensive conditions using genetic groups with a high upgraded level towards seasonal-dairy breeds.

**Key words:** excitatory amino acids, glutamate, insulin-like growth factor-1, photoperiod, male goat.

## INTRODUCCIÓN

La eficiencia productiva de cualquier sistema de producción animal está determinada por un gran número de factores tanto genéticos como ambientales. El aspecto reproductivo es, sin duda, uno de los más importantes. Sin embargo, esta variable se ve afectada por diversos factores ambientales dentro los cuales destaca la estacionalidad reproductiva (González-Bulnes *et al.*, 2010; Meza-Herrera *et al.*, 2010), de tal forma que si la reproducción es manejada adecuadamente o con deficiencias los resultados se dejarán ver a corto y mediano plazo en el comportamiento productivo del rebaño (Meza-Herrera *et al.*, 2011).

Los machos caprinos, en forma similar a la hembra, exhiben estacionalidad reproductiva y el fotoperiodo es una de las principales señales medioambientales que regulan la función reproductiva (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Meza-Herrera *et al.*, 2011), iniciándose cuando existe un decremento en las horas luz, lo cual ocurre durante los meses de otoño e invierno (Álvarez *et al.*, 1999; Roque-Alfaro *et al.*, 2004; Meza-Herrera *et al.*, 2008; Meza-Herrera *et al.*, 2010, 2011). En efecto, mientras que las hembras muestran un anestro reproductivo en épocas del año con períodos de luz más prolongados, los machos exhiben un comportamiento de arresto reproductivo durante el mismo período (Meza-Herrera *et al.*, 2004; Wolfgang, 2006; Carrillo *et al.*, 2010).

Por lo antes mencionado, la actividad reproductiva se relaciona íntimamente con el ritmo de producción de carne, leche y sus derivados a través del año. Cuando la especie es manejada sin algún esquema de manipulación reproductiva, la estacionalidad reproductiva se convierte en una estacionalidad productiva, lo que genera serios problemas de comercialización para los productores que por lo general están inmersos en un mercado que exige la oferta de productos en un formato constante a través del año y que, en forma interesante, aumenta su demanda durante la estación que corresponde a la menor producción de la especie. Es por eso importante, a partir del conocimiento de la fisiología reproductiva en la especie, desarrollar y conocer estrategias de manejo reproductivo eficientes que permitan mejorar la productividad (Álvarez *et al.*, 2011).

De ahí la importancia de conocer y disminuir el arresto reproductivo en machos caprinos durante fotoperiodos inhibitorios de la actividad reproductiva, mediante la manipulación de tratamientos fotoperiódicos, socio-sexuales y(o) de suplementación nutricional (Gonzalez-Bulnes *et al.*, 2010). Al respecto, se ha observado que

ciertos compuestos como son los aminoácidos excitadores (AAE; glutamato y aspartato) pueden inducir la actividad sexual durante este periodo de reposo sexual para promover la actividad de los neurones de la hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH). Así mismo, existen evidencias que sugieren que el factor de crecimiento análogo a insulina (IGF-1), liberado mediante la activación del eje de la Hormona Liberadora de la Hormona del Crecimiento (GHRH) y la propia Hormona del Crecimiento (GH), puede actuar como una co-gonadotropina regulando la función testicular, particularmente por su acción positiva sobre la esteroidogénesis y la espermatogénesis (Vera, 2008), ya sea de manera endocrina, paracrina ó autocrina (Díaz, 2004). De igual forma, se ha propuesto que L-glutamato y sus receptores han sido localizados en núcleos hipotalámicos involucrados en la regulación de la reproducción y otros procesos neuroendocrinos tales como pubertad, secreción pulsátil de las hormonas gonadotrópicas, y conducta reproductiva en mamíferos (Brann *et al.*, 1997; López *et al.*, 2009; Torres *et al.*, 2009; Meza-Herrera, 2008; Meza-Herrera *et al.*, 2010, 2011). En el mismo sentido, la secreción de la hormona de crecimiento (GH) actuando a través del N-Metil-aspartato (NMDA) (Etienne *et al.*, 2000), está directamente involucrado en la secreción de IGF-1 por parte del tejido hepático.

El presente trabajo de investigación aborda uno de los principales elementos del sistema de producción animal, el reproductivo, y dentro del cual se considera al componente macho. Se plantea evaluar el efecto de la infusión de L-glutamato sobre la síntesis y secreción de IGF-1 y la circunferencia escrotal de machos caprinos expuestos a fotoperiodo creciente, considerado como foto-inhibitorio de la actividad reproductiva de caprinos en la Comarca Lagunera, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización del área y fotoperiodo.** El estudio se realizó en la Unidad de Experimentación Caprina Sur, de la URUZA-UACH, localizada entre las coordenadas 25° LN y 103° LO, a 1,117 msnm, durante el mes de marzo, con un régimen de luz natural y fotoperiodo creciente. Dicha época del año es considerada de baja actividad reproductiva en caprinos localizados en esta latitud, debido a un efecto inhibitorio de un fotoperiodo creciente sobre la función del eje hipotalámico-hipofisiario-gonadal.

**Clima.** El área posee clima cálido-seco BW, con una oscilación térmica muy extremosa, y precipitación y

temperatura media anuales de 217.1 mm, y 22.3 °C, respectivamente.

**Animales y alimentación.** Se utilizaron 6 machos caprinos de la raza Alpina de 24 meses de edad los cuales recibieron ad libitum una dieta base de heno de alfalfa (14% PC; 1.14 Mcal kg<sup>-1</sup> ENm) y ensilado de maíz (8.1% PC; 1.62 Mcal kg<sup>-1</sup> ENm) (NRC, 1981); agua, sales minerales y sombra fueron ofrecidas a libre acceso. Los grupos experimentales recibieron heno de alfalfa por la mañana (0700h) y ensilado de maíz por la tarde (1800h). Tanto el peso vivo (PV), la condición corporal (CC) y la circunferencia escrotal (CE) fueron evaluados al inicio del experimento. La CC se evaluó mediante palpación dorsal y costal, utilizando una escala de 1 (muy flaco) al 5 (muy gordo).

### Grupos experimentales y preparación de la solución

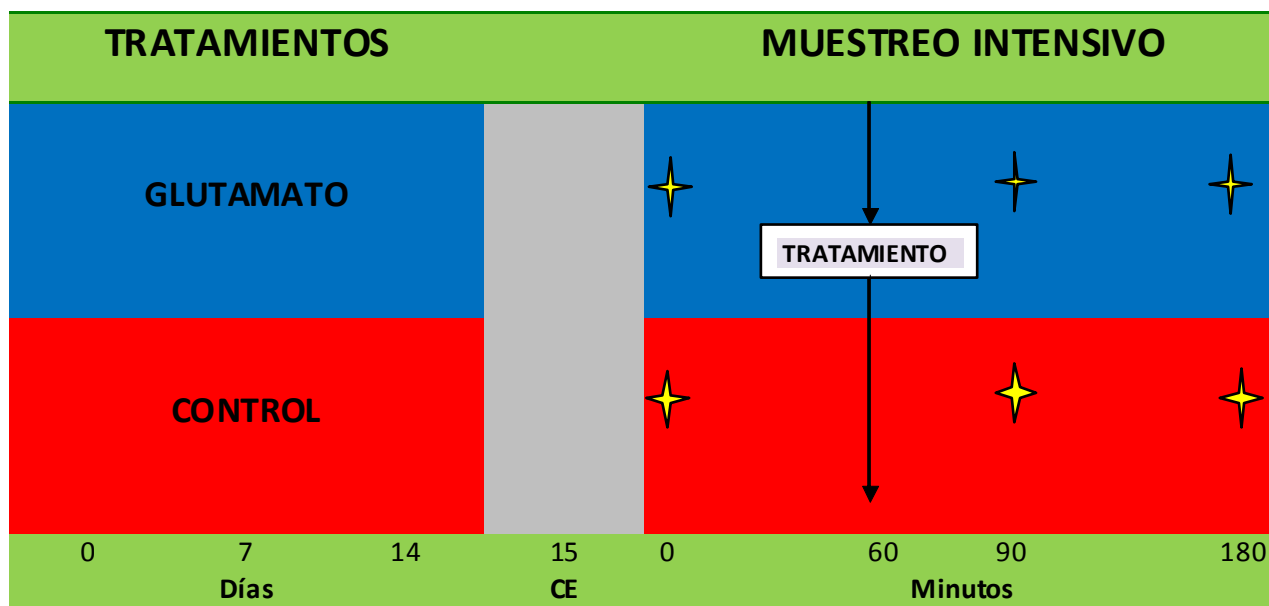
Los machos caprinos fueron aleatoriamente distribuidos en dos grupos con peso vivo y condición corporal homogéneos. Cada grupo fue asignado a uno de dos tratamientos: 1) Grupo de Aminoácidos Excitadores (GLUT, n=3; PV=50.3±0.33 kg, CC= 3.25±0.11 unidades), quienes recibieron una sola infusión endovenosa de 7 mg kg<sup>-1</sup> PV de L-glutamato (Merck, Germany) en el tiempo cuatro (minuto 60) dentro de un muestreo intensivo realizado durante 180 minutos a intervalos de 15 minutos, y 2) Grupo Testigo, (CONT,

n=3; PV=49.3±0.33 kg, CC=3.16±0.11 unidades), quienes recibieron una aplicación de solución salina por vía endovenosa de 0.08 mL kg<sup>-1</sup> PV al mismo tiempo que GLUT con objeto de homogenizar las condiciones en las cuales se desarrolló el experimento. Previo al muestreo intensivo, el grupo GLUT había recibido la administración de glutamato tres veces por semana durante dos semanas.

Para la preparación de la solución de GLUT, se pesaron 4 g de L-glutamato en una balanza analítica los cuales fueron disueltos en 50 mL de agua destilada estéril. Para facilitar dicho proceso, tanto el L-glutamato y el agua destilada fueron combinadas en cantidades pequeñas agitando con vortex hasta disolver completamente la cantidad del soluto. Posteriormente, la solución fue ajustada a un pH neutro con HCl 0.1N. La solución preparada contenía 80 mg de L-glutamato ml<sup>-1</sup>. Todo el proceso de preparación de la solución se llevó a cabo en ambiente estéril.

### Muestreo sanguíneo intensivo y perfil hormonal

En marzo 11, los machos fueron expuestos a un muestreo intensivo de sangre a intervalos de 15 minutos durante un período de 180 minutos. Las muestras sanguíneas fueron colectadas de cada macho mediante venopunción en la yugular utilizando agujas estériles de 0.8 x 38mm (Becton Dickinson and Company) y tubos colectores estériles Vacutainer de 10 ml (Corvac,



**Figura 1. Proceso experimental:** El periodo experimental considero una etapa pre-muestreo de dos semanas en donde se inició la aplicación de los tratamientos (3 aplicaciones por macho por semana) [efecto de mediano plazo]. El día 15 se evaluó el diámetro de la circunferencia escrotal y el día 16 se desarrolló el muestreo intensivo. Mientras que en el minuto 60 se realizó la aplicación de los tratamientos, las muestras de suero de los minutos 0, 90 y 180 fueron utilizadas para evaluar su contenido de IGF-1 mediante radioinmunoanálisis [efecto de corto plazo].

Sherwood Medical). Una vez en laboratorio, las muestras se dejaron reposar a temperatura ambiente por 30 min hasta que ocurriera la retracción del coágulo. Las muestras fueron centrifugadas (1,500 x g, 15 min), y cada muestra de suero con su réplica fueron vertidas en microtubos de polipropileno de 1.5 mL y almacenadas a -20° C. Se colectaron 12 muestras por macho, 36 muestras por tratamiento y un total de 72 muestras originales de suero. Las muestras de suero fueron evaluadas mediante radioinmunoensayo (RIA) para su contenido de IGF-1 (Berrie *et al.*, 1995) considerando los tiempos 0, 90, y 180 minutos, observando un CV de 4.7%, y un límite de detección de 0.05 ng ml<sup>-1</sup> (Figura 1). Todas las determinaciones endocrinas fueron realizadas en el Laboratorio de Endocrinología del Departamento de Ciencia Animal de la Universidad Estatal de Nuevo México, Las Cruces, NM, EUA.

### Análisis Estadísticos

Para el análisis estadísticos de las concentraciones hormonales, pesos vivos y condición corporal se utilizó la opción PROC ANOVA dentro de un diseño completamente al azar considerando dos niveles de clasificación: glutamato y control. La separación de medias consideró el procedimiento PDIF para probar sus diferencias mediante la opción PROC GLM. Todos los análisis utilizaron los procedimientos del paquete estadístico SAS (SAS, 1991). Los valores reportados son las medias de mínimos cuadrados  $\pm$  el error estándar de la media.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Resultados

En el Cuadro 1 se concentran las medias de mínimos cuadrados de las variables en estudio considerando los

niveles séricos de IGF-1, peso vivo (PV), condición corporal (CC) y circunferencia escrotal (CE) en un muestreo intensivo en machos caprinos suplementados (GLUT) y no suplementados (CONT) con L-glutamato bajo fotoperiodos crecientes en la Comarca Lagunera.

Mientras que los niveles séricos promedio de IGF-1, mostraron una diferencia de 99.44 ng ml<sup>-1</sup> entre tratamientos en favor del grupo GLUT, las variables PV, CC, y CE, no difirieron ( $P > 0.05$ ) entre grupos experimentales. Asimismo, se observó diferencia ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos a favor del grupo GLUT con respecto al patrón de secreción de IGF-1 a través del tiempo. La Figura 2 (A, B, C) muestra el comportamiento de la variable IGF-1 a través del tiempo en ambos grupos experimentales y su relación con condición corporal (CC), peso vivo (PV) y circunferencia escrotal (CE).

El supuesto planteada al inicio del estudio, proponía un efecto positivo de la suplementación de L-glutamato al promover un incremento en la actividad de los neurones hipotalámicos de GHRH afectando positivamente el perfil de secreción hipofisiario de GH, incrementando la actividad de los hepatocitos, aumentando la secreción de IGF-1, la cual al actuar como una co-gonadotropina, promovería un efecto positivo sobre la función testicular al promover un incremento en la circunferencia escrotal. Dicho supuestos es parcialmente aceptada, ya que los resultados proveen evidencias de un efecto positivo sobre el patrón de síntesis y liberación de IGF-1 en los machos caprinos tratados con L-glutamato. Sin embargo, dicho efecto no generó un incremento en la circunferencia escrotal, ya que no existieron diferencias significativas entre tratamientos.

**CUADRO 1.** Niveles séricos de IGF-1 en un muestro intensivo en machos caprinos suplementados (GLUT) y no suplementados (CONT) con l-glutamato, bajo un fotoperiodo creciente en la Comarca Lagunera.

Variable	Tratamientos				NSO <sup>1</sup>
	GLUT		CONT		
	MMC	EEM	MMC	EEM	
IGF-1 (ng/ml)	408.44 <sup>a</sup>	16.29	309.00 <sup>b</sup>	16.29	0.012
PV, kg	50.33 <sup>a</sup>	0.33	49.33 <sup>a</sup>	0.33	0.10
CC, unidades	3.25 <sup>a</sup>	0.11	3.16 <sup>a</sup>	0.11	0.64
CE, cm	23.63	0.77	24.80	0.77	0.34

<sup>a,b</sup> Literales diferentes en el mismo renglón indican significancia ( $P < 0.05$ ). <sup>1</sup> Nivel de significancia observado.

MMC= Media de mínimos cuadrados & EEM=Error estándar de la media.

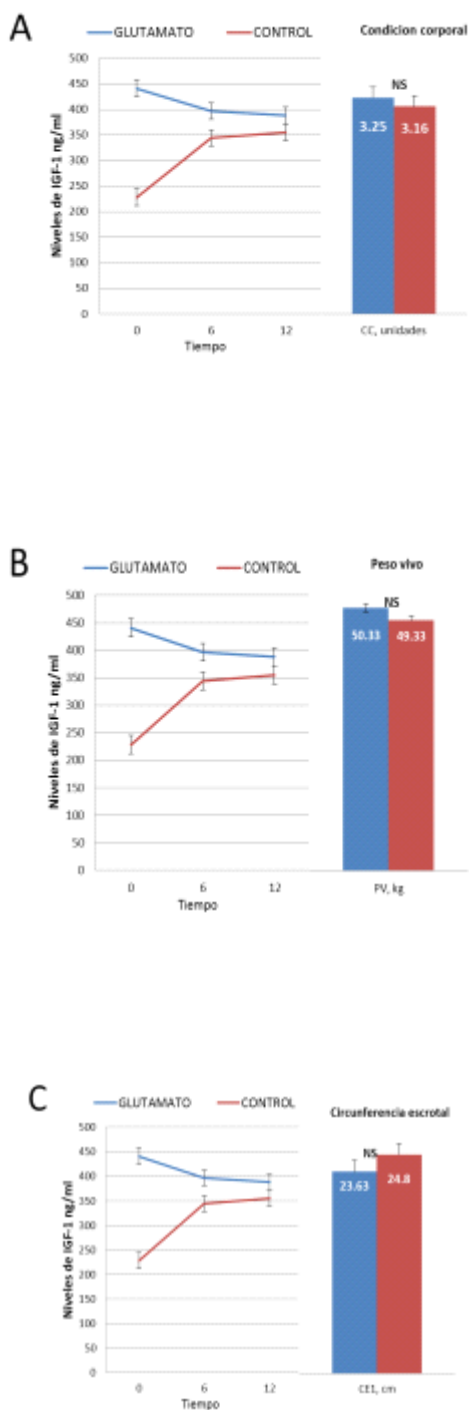


Figura 2. Concentraciones séricas de IGF-1 en machos caprinos tratados con L-Glutamato (GLUT, n=3) y grupo control (CONT, n= 3). Ambos durante fotoperíodos crecientes (Durante marzo) en el norte de México. Las barras (derecha), muestran los valores de medias de mínimos cuadrados para condición corporal (A), peso vivo (B) y circunferencia escrotal (C). NS= No existe diferencia ( $P > .05$ ) entre grupos.

La tendencia en el patrón de secreción de IGF-1 con respecto al tiempo, hace presumir que el efecto de L-glutamato pareciera estar condicionado por una escala temporal de mediano plazo (días), mas no de corto plazo (minutos). En efecto, durante las dos semanas previas al muestreo intensivo, los grupos experimentales fueron expuestos a sus respectivos tratamientos con una periodicidad de tres infusiones por semana. Dicho esquema permitió también evaluar el efecto de mediano plazo de la suplementación de glutamato al inicio del muestreo intensivo. Una vez iniciado el muestreo intensivo, se realizó la aplicación de ambos tratamientos hacia el minuto 60 del muestreo, situación que permitió evaluar el efecto de corto plazo de dicha suplementación. Mientras que previo al inicio del muestreo intensivo se observó un incremento en los niveles séricos de IGF-1 en favor del grupo GLUT, no se observaron incrementos en los niveles séricos de dicha hormona, una vez que el tratamiento fue aplicado a los 60 minutos, prolongándose el muestro durante 180 minutos posteriores a dicha infusión. El GLUT es un aminoácido excitador e importante neurotransmisor; en mamíferos se ha estudiado extensamente su relación con la función reproductiva, atribuyéndole efectos positivos a nivel hipotalámico. En nuestro estudio, las acciones generadas por la suplementación de glutamato sugieren un efecto positivo a nivel hipófisis sobre la liberación de GH, la cual en turno al actuar a nivel hepático, promovió un incremento en el nivel de secreción de IGF-1.

Diversas evidencias indican que aspartato y glutamato participan en la función neuroendocrina e influyen positivamente la secreción hipofisiaria de GH. En ovinos, la administración intravenosa de N-Metil-D-L-aspartato (NMA) incrementó la concentración sérica de GH (Estienne *et al.*, 1996). Tratamientos con N-Metil-D-L-aspartato (NMA), un agonista del glutamato, ha mostrado un incremento en la secreción de GH en diversas especies. Al respecto, la administración i.v. de NMA (2.5 a 10 mg/kg PV), incrementó la concentración circulante de GH en cerdas peripúberes. De igual forma, tratamientos i.v. de NMA (2.5 y 5.0 mg/kg PV), incrementaron la secreción de GH en cerdos adultos. En otros estudios en porcinos, pre-tratamientos con ketamina hidrocloreuro, un antagonista del glutamato, bloqueo la actividad de NMA y disminuyó la secreción de GH (Estienne *et al.*, 2000). De esta forma, dichos

resultados demuestran que los aminoácidos excitadores, glutamato y aspartato son importantes neurotransmisores estimuladores del sistema nervioso, actuando a través del N-Metil-aspartato (NMDA) para modular la secreción de GH.

Otros estudios han reportado que el fotoperiodo es un importante regulador en la secreción de GH sugiriendo que NMDA juega un rol en el control de la reproducción estacional, debido a que el largo del día influye en la activación de receptores N-Metil-Aspartato produciendo efectos en la secreción de GH en cabras (Gazal, 2002). En efecto, el fotoperiodo juega un rol clave tanto en la expresión de la conducta sexual como de las características morfo-sexuales, teniendo un espectro de acción inhibitoria durante los meses de enero a julio en latitudes subtropicales (26° LN), afectando la calidad espermática, peso testicular y circunferencia escrotal en caprinos (Carrillo *et al.*, 2010).

Dado que IGF-1 es secretado principalmente por el hígado en respuesta a señales de la GH (Torres, 2002), se puede asumir que L-glutamato afecta los niveles de secreción de IGF-1 en respuesta a la secreción hipofisiaria de GH estimulada por L-glutamato. Debido a que el experimento se llevó a cabo durante una época del año con fotoperiodo inhibitorio de la función reproductiva, se infiere un acción positiva de L-glutamato sobre los niveles séricos del eje GH-IGF-1, así mismo se sugiere una acción positiva sobre los neurones GHRH hipotalámicos en animales suplementados con glutamato.

Los resultados también demuestran que el efecto fotoinhibitorio que los días largos ejercen sobre los neurones GnRH no compromete la función de los neurones de GHRH lo cual resultó en un incremento tanto en los niveles séricos como en el patrón de liberación de IGF-1 en el grupo tratado. Sin embargo, la tendencia en el patrón de secreción de IGF-1 con respecto al tiempo, hace presumir que el efecto de L-glutamato pareciera estar condicionado por una escala temporal de mediano plazo (días), mas no de corto plazo (minutos). En la Figura 3 se propone una posible ruta de acción de la suplementación de glutamato sobre la función del eje hipotalámico-hipofisiario-hepático de acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio.

### CONCLUSIONES

La administración endovenosa de L-glutamato en machos caprinos de raza Alpina expuestos a fotoperiodos crecientes durante el mes de marzo en el norte de México, no afectó la circunferencia escrotal,

sin embargo, afectó positivamente tanto las concentraciones séricas de IGF-1 así como su patrón de secreción a través del tiempo con respecto a un grupo control, aún bajo un esquema fótico inhibitorio de la función reproductiva. La tendencia en el patrón de secreción de IGF-1 con respecto al tiempo, hace presumir que el efecto de L-glutamato modula la activación de dicho patrón de secreción en una escala temporal de mediano plazo (días), mas no de corto plazo (minutos).

### LITERATURA CITADA

- Álvarez Ramirez, L. y E. Ducoing Watty, A. 2011. Aspectos reproductivos en el ganado caprino. Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Medicina Veterinaria Y Zootecnia. Centro de Enseñanza Practica e Investigación en Producción y Salud Animal (Cepipsa) Producción Caprina.
- Berrie, R.A.; Hallford, D.M; Galyan, M.L. 1995. Effects of zinc source and level of performance, carcass characteristics and metabolic hormone concentrations of growing and finishing lambs. *The Professional Animal Scientist*. 11:149-165.
- Brann, W.D. y Mahesh, B.V. 1997. Excitatory Amino Acids: Evidence for a Role in the Control of Reproduction and Anterior Pituitary Hormone Secretion. *Endocrine Reviews*, 18(5): 678-700.
- Carrillo, E.; Meza-Herrera, C. A. y Veliz-Deras, F.G. 2010. Reproductive seasonality of young French-Alpine goat bucks adapted to subtropical conditions in Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 1(2):169-178.
- Díaz Díaz, Eulises; Pichardo-Bahena, Raúl; Larrea Gallo, Fernando y Halhali Baghdad, Ali. 2004. Papel fisiológico del factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1 y sus proteínas transportadoras durante el embarazo. *Méica Sur Sociedad de Médicos, AC*. Vol. 11, núm. 2, Abril-Junio
- Estienne, M. J.; Harter-Dennis, J. M.; Barfb, C. R.; Hastsock, T. G.; Campbell, R. M. y Armstrong, J. D. 1996. N-methyl-D,L-aspartate-induced growth hormone secretion in barrows: posible mechanisms of action. *Journal Animal Sciece* 1996. 74:597-602.
- Estienne, M.J.; Broughton, D.S. y Barb, C. R. 2000. Serum concentrations of luteinizing hormone, growth hormone, testosterone, estradiol and leptin in boars treated with n-methyl-D,L-aspartate. *J Animal Sciece* 2000. 78:365-370.
- Gazal, S.; Kouakou, B.; Amoah, E.A.; Barb, C.R.; Barrett, J.B. y Gelaye, S. 2002. Effects of N-methyl-D, L-aspartate on LH, GH, and testosterone secretion in goat bucks maintained under long or short photoperiods *Journal of Animal Science*; 80:1623-1628.
- Gonzalez-Bulnes, A.; Meza-Herrera, C.A.; Rekik, M.; Salem, H.B. y Kridli, R.T. 2010. Limiting factors and strategies for improving reproductive outputs of

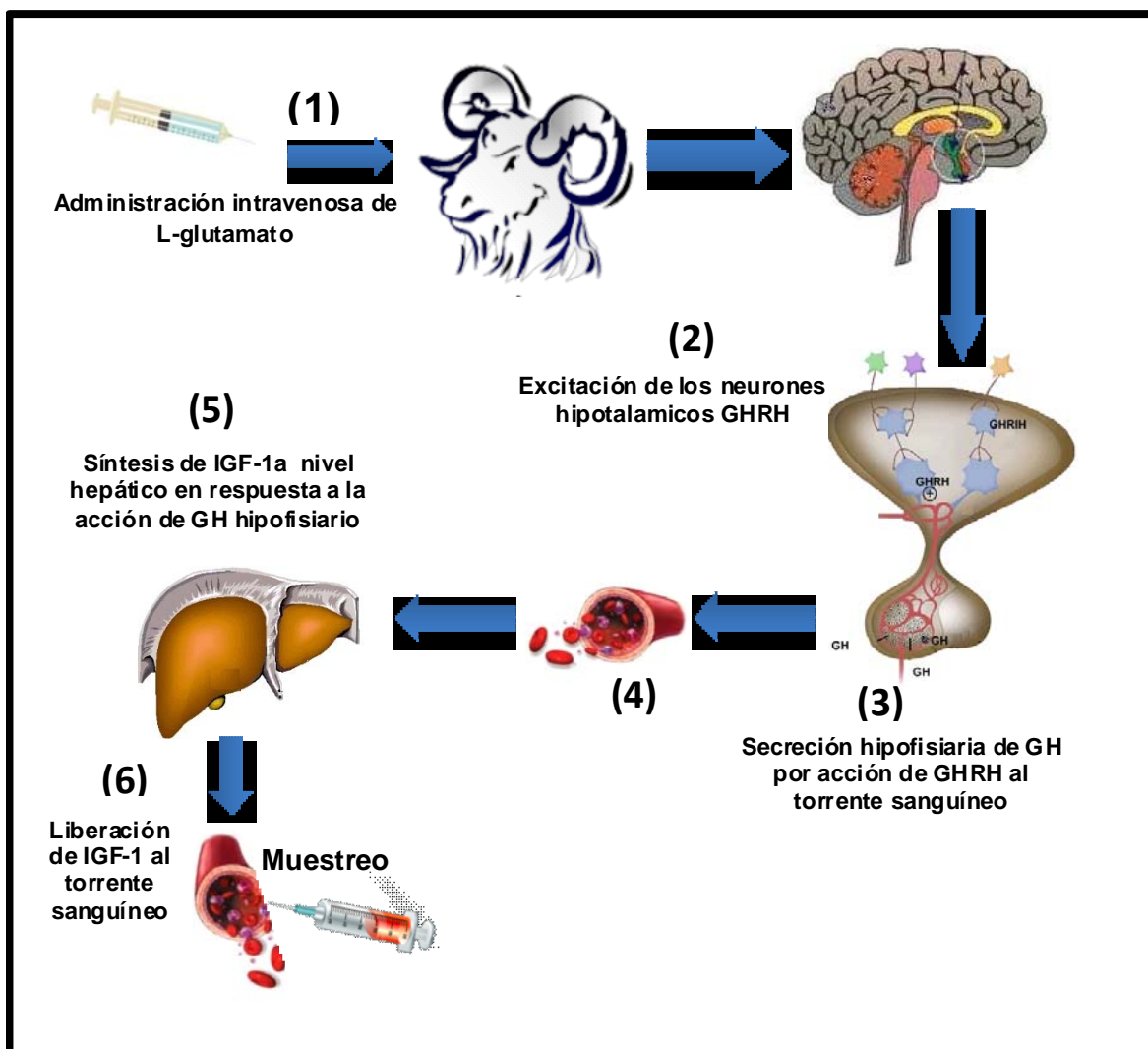


Figura 3. Diagrama que plantea una posible ruta de acción de la infusión de L-glutamato sobre el desencadenamiento hormonal y síntesis de IGF-1 en el hígado de machos caprinos. Se propone una ruta de acción dependiente de glutamato (1), la cual actúa directamente sobre los neurones del hipotálamo (2) para estimular la producción de GHRH la cual, en turno, desencadena en pituitaria anterior la síntesis de GH (3) que al viajar por el torrente sanguíneo hacia el hígado (4) se une a receptores en las células hepáticas (5) donde se lleva a cabo la síntesis y liberación de IGF-1 (6).

- small ruminants reared in semi-arid environments. In: *Semi-arid environments: Agriculture, water supply and vegetation*. Ed: K.M. Degenovine. Nova Science Publishers Inc. Hauppauge, NY, USA.
- Lopez-Medrano, J.I.; Meza-Herrera, C.A.; Gonzalez-Bulnes, A.; Torres-Moreno, M.; Mellado-Bosque, M.; Wurzinger, M. y Trejo-Calzada, R. 2009. Effect of exogenous glutamate supply on the onset of puberty in goats. II. Serum levels of triiodothyronine. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 11(1):197-200.
- Meza-Herrera, C.A.; Sánchez, S.J.M.; Chávez-Perches, J.G.; Salinas, H. y Mellado, M. 2004. Protein supplementation, body condition and ovarian activity in goats. Preovulatory serum profile of insulin. *South African Journal of Animal Science*. 34(Suppl. 1):223-226.
- Meza-Herrera, C.A. 2008. Reglulatory mechanisms of puberty in female goats: Recent concepts. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 9:29-38.
- Meza-Herrera, C.A.; Valle Moysen, J. E. y Salinas, H. 2008. Suplementación de aminoácidos excitadores, actividad ovárica y niveles séricos del factor de crecimiento análogo a insulina-1 en cabras bajo fotoperiodos crecientes. *Revista Chapingo serie Zonas Áridas*, volumen 7 1: 107:113
- Meza-Herrera, C.A.; Veliz-Deras, F.G.; Wurzinger, M.; López-Ariza, B.; Arellano-Rodríguez, G. y Rodríguez-

- Martínez, R. 2010. The kiss-1, kisspeptin, gpr-54 complex: A critical modulator of GnRH neurons during pubertal activation. *Journal of Applied Biomedicine*. 8(1):1-9.
- Meza-Herrera, C.A.; González-Bulnes, A.; Kridli, R.; Mellado, M.; Arechiga-Flores, C.F.; Salinas, H. y Luginbhul, J.M. 2011. Neuroendocrine, metabolic and genomic cues signaling the onset of puberty in females. *Reproduction in Domestic Animals*. In press. DOI: 10.1111/j.1439-0531.2009.01355.x
- Roque-Alfaro R.; Rincon-Delgado, R. M.; Mendez de Lara, S.; Arechiga-Flores, C. F. y Escobar-Medina, F. J. 2004. Estacionalidad reproductiva en cabras Sannen x Nubia. *Revista: Veterinaria Zacatecas*, Vol. 2. Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAZ.
- Torres-Alemán, I. 2002. (Instituto Cajal. CSIC), Primeras Jornadas Científicas Sobre Ataxias. Utilización del Factor Trófico IGF-I en la Ataxia Cerebelosa.
- Torres-Moreno, M.; Meza-Herrera, C.A.; González-Bulnes, A.; Lopez-Medrano, J.I.; Mellado-Bosque, M.; Wurzinger, M. y Trejo-Calzada, R. 2009. Effect of exogenous glutamate supply on the onset of puberty in goats. I. Serum levels of insulin. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 11(1): 193-196.
- Vera, T.; Leguiza, H.D. y Chagra, DIB EP. 2008. Primeras Jornadas Internacionales del Instituto de Investigación y Tecnología en Reproducción Animal -INITRA. Facultad de Ciencias Veterinarias. UBA. Circunferencia Escrotal de Caprinos Criollos en los Llanos de la Rioja: Efecto de la Estación. 24, 25 y 26 de septiembre. Buenos Aires, Argentina.
- Walkden-Brown, S. W.; Restall, B. J.; Norton, B. W.; Scaramuzzi, R. J. y Martin, G. B. 1994. Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian cashmere goats. *Journal of Reproduction and Fertility* (1994) 102, 351-360.
- Wolfgang, H. y Padilla-Rivas, G. 2006. LH secretion in Boer goats actively immunized against recombinant ovine inhibin subunit. *Veterinaria México*, 37 (1): 51.