

# AMINOÁCIDOS EXCITADORES, FOTOPERIODOS CRECIENTES, Y NIVELES SERICOS DE TESTOSTERONA EN MACHOS CAPRINOS

## EXCITATORY AMINOACIDS, INCREASED PHOTOPERIOD AND SERUM TESTOSTERONE LEVELS IN MALE GOATS

A.L. Gonzalez Sánchez\*<sup>1</sup>, F.G. Véliz Deras<sup>2</sup>, M. Wuringer<sup>3</sup>, M.A. De Santiago Miramontes<sup>2</sup>,  
R. Rivas Muñoz<sup>4</sup>, E. Carrillo<sup>4</sup>, M.G. Calderón Leyva<sup>1</sup>, M.N. Buendía Tamariz<sup>1</sup>,  
J. Abad Zavaleta<sup>5</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>BOKU – University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Austria

<sup>4</sup> Instituto Tecnológico de Torreón. México.

<sup>5</sup> Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita, Oaxaca, México

Autor de correspondencia: \*[tony007.lemuel@gmail.com](mailto:tony007.lemuel@gmail.com)

**RESUMEN.** Se evaluó el uso de la suplementación de L-glutamato sobre el comportamiento hipotalámico-hipofisiario-gonadal en machos caprinos, cuantificando los niveles séricos de testosterona (**TESTO**), el peso vivo (**PV**), la condición corporal (**CC**) y la circunferencia escrotal (**CE**), dentro de un fotoperiodo natural creciente. 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 = PV=49.3±0.33 kg, 3.40±0.04 unidades). Mientras que el grupo GLUT recibió una infusión de L-glutamato (7 mg kg<sup>-1</sup> PV, i.v.) en el tiempo tres (minuto 60) dentro de un muestreo intensivo (180 minutos x 15 min), el grupo CONT recibió una aplicación endovenosa de solución salina. Mientras que 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, tanto los niveles séricos (0.99 vs. 0.25 ng mL<sup>-1</sup>) como el patrón de secreción de TESTO a través del tiempo difirieron (P>0.05) entre tratamientos en favor del grupo GLUT. Las infusiones endovenosas de L-glutamato afectaron positivamente el patrón de síntesis y secreción de los machos tratados con glutamato bajo un esquema fótico inhibitorio de la función reproductiva. Lo anterior puede ser de significancia biológica y 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, testosterona, fotoperiodo, machos caprinos.

**SUMMARY.** The effect of L-glutamate supplementation upon the performance of the hypothalamic-hypophyseal-gonadal axis in male goats was evaluated. Response variables considered serum testosterone levels (TESTO), body weight (BW), body condition score (BCS) and scrotal circumference (SC) under a natural increased photoperiod. The study was carried out at the Southern Goat Experimentation Unit (URUZA-UACH, 25° NL, 103° WL, 1,117 m) in March. Alpine bucks (n=6, 24 mo. 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 level concentration (0.99 vs. 0.25 ng mL<sup>-1</sup>) as well as the secretion pattern of TESTO across time differed (P<0.05) between treatments, favoring to the GLUT supplemented bucks. Glutamate supplementation positively affected the synthesis and secretion pattern of testosterone in male Alpine goats under a photic scheme inhibitory of reproductive function. The last could be of biologic and economic significance particularly in 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, testosterone, photoperiod, male goat.

## INTRODUCCIÓN

Una de las variables con mayor importancia dentro de una explotación caprina es la reproducción, sin embargo, esta variable se ve afectada por diversos factores ambientales dentro los cuales destaca la estacionalidad reproductiva (Gonzalez-Bulnes et al., 2010; Meza-Herrera et al., 2010a,c). En efecto, mientras que las hembras muestran un anestro reproductivo en épocas del año con días más largos, los machos exhiben un comportamiento de arresto reproductivo durante el mismo lapso (Meza-Herrera et al., 2004; Wolfgang, 2006; Carrillo et al., 2010).

El arresto reproductivo en machos es consecuencia de un cambio en el patrón de secreción de melatonina por parte de la glándula pineal, que en turno se ve modificada por cambios en el número de horas luz/oscuridad a través del año (Veliz et al., 2006), generando un patrón estacional que promueve variabilidad en la calidad espermática, la libido y el peso testicular (Carrillo et al., 2010). En caprinos, la melatonina estimula las células nerviosas del hipotálamo encargadas de la producción de la hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH), la cual es la base para la síntesis de LH y FSH en pituitaria anterior (Véliz et al., 2006; Meza-Herrera, 2008). En turno, LH estimula las células de Leydig en los testículos para la producción de testosterona (Regisford y Katz, 1993), mientras que FSH se fija y activa las células de Sertoli, y junto con testosterona estimulan la síntesis y liberación de varios productos como las proteínas transportadoras de andrógenos, inhibina, y activina, los cuales están implicados en la transferencia de nutrientes a las células germinales, la meiosis y maduración de los espermatozoides (Aman et al., 1983).

En pequeños rumiantes, el estado nutricional y las interacciones socio-sexuales son otras señales importantes que pueden influir en la actividad, comportamiento y eficiencia reproductiva (Meza-Herrera et al., 2006; Urrutia-Morales et al., 2009; Flores-Najera et al., 2010; Meza-Herrera et al., 2010b). Con respecto al estado metabólico, se ha reportado que cambios en los niveles plasmáticos de hormonas metabólicas son señales importantes que informan el estado nutricional en rumiantes (Meza-Herrera et al. 2007, Gamez-Vazquez et al. 2008, Meza-Herrera et al. 2008). Una explicación establece que la respuesta a la suplementación nutricional altera los niveles séricos de glucosa, insulina, leptina, IGF-I o kisspeptina, y probablemente otras hormonas metabólicas o reproductivas (Meza-Herrera et al. 2004; Scaramuzzi et al. 2006, Meza-Herrera et al. 2008, Guerra-García et al. 2009).

Por otra parte, la regulación de dichas funciones neuroendocrinas se ven afectadas por neurotransmisores generados en las neuronas y liberados a través de sus axones que son transmitidos al espacio intersináptico para luego unirse a receptores específicos en la membrana postsináptica y entonces establecer la neurotransmisión (Engelhardt et al., 2005). El glutamato es el principal neurotransmisor excitador del cerebro, el cual ejerce sus acciones a través de receptores ionotrópicos y metabotrópicos. De ésta forma, el glutamato media la mayoría de las transmisiones sinápticas excitatorias del cerebro y se encuentra involucrado en procesos biológicos diversos como la proliferación celular, apoptosis, la supervivencia celular, la proliferación de células nerviosas, entre otros (Brann et al., 1997).

L-glutamato y sus receptores han sido localizados en núcleos hipotalámicos involucrados en la regulación de la reproducción y de ciertos procesos neuroendocrinos tales como pubertad, secreción pulsátil de las hormonas gonadotrópicas, y conducta reproductiva en mamíferos (Brann et al., 1997; López-Medrano et al., 2009; Torres-Moreno et al., 2009). El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto, de mediano y corto plazo, de la infusión de L-glutamato sobre la síntesis de testosterona en machos caprinos de la Comarca Lagunera, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización del área, fotoperiodo, animales y alimentación.** 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 debido a un efecto inhibitorio de un fotoperiodo creciente sobre la función del eje hipotalámico-hipofisiario-gonadal. 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.

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), cubriendo el 100% de sus requerimientos nutricionales ajustados al peso vivo (NRC, 1981), se ofreció agua, sales minerales y sombra ad libitum. 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 y al final del experimento. La CC se evaluó mediante palpación dorsal y costal, utilizando una escala de 1 (muy flaco) al 5 (muy gordo).

**Formación de grupos experimentales y preparación de la solución experimental.** Los machos caprinos fueron aleatoriamente distribuidos en dos grupos con peso vivo y condición corporal homogéneas. Cada grupo fue asignado a uno de dos tratamientos: 1) Grupo de Aminoácidos Excitadores (GLUT,  $n=3$ ;  $PV=52.3\pm 1.40$  kg,  $CC= 3.30\pm 0.04$  unidades), quienes recibieron una sola infusión endovenosa de  $7 \text{ mg kg}^{-1}$  PV de L-Glutamato (Merck, Germany) en el tiempo tres (minuto 60) dentro de un muestreo intensivo ( $180 \text{ min} \times 15 \text{ min}$ ) y 2) Grupo Testigo, (CONT,  $n=3$ ;  $PV=53.3\pm 1.40$  kg,  $3.40\pm 0.04$  unidades), quienes recibieron una aplicación de solución salina por vía endovenosa con objeto de homogenizar las condiciones en las cuales se desarrolló el experimento.

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  $\text{mL}^{-1}$ . 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  $0.8 \times 38 \text{ mm}$  (Becton Dickinson and Company) y tubos colectores estériles Vacutainer de 10 mL (Corvac, Sherwood Medical). Una vez en laboratorio, las muestras se dejaron reposar a temperatura ambiente por 30 min hasta que ocurriera la retracción del coagulo. Las muestras fueron centrifugadas ( $1,500 \times g$ , 15 min), y cada muestra de suero con su réplica fueron vertidas en microtubos de polipropileno de 1.5 mL y almacenadas a  $-20^\circ \text{ C}$ . 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 radio-inmunoensayo (RIA) para su contenido de testosterona (Tierney y Hallford, 1985) considerando los tiempos 0, 60, 90, 120 y 180 minutos, observando un CV de 4.7%, y un límite de detección de

$0.05 \text{ ng mL}^{-1}$ . 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 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 MEANS del 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 la hormona Testosterona (TESTO), 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. Los niveles de testosterona, difirieron  $0.74 \text{ ng mL}^{-1}$  al comparar el grupo tratado y el grupo control. El error estándar de la media fue de 0.09. Por su parte, las variables PV, CC, y CE, no difirieron entre grupos experimentales.

### Discusión

La hipótesis planteada al inicio del estudio proponía un efecto positivo de la infusión de glutamato sobre la actividad hipotálamo-hipofisaria, promoviendo la liberación de hormonas LH y FSH, que a su vez desencadenarían un incremento en la actividad en las células testiculares de Leydig, para dar como resultado un incremento en los niveles séricos de testosterona. (Figura 1). Machos Alpinos caprinos, tratados con glutamato mostraron un incremento ( $P < 0.05$ ) en los niveles séricos promedio así como un aumento en el patrón de secreción de testosterona respecto al grupo control, por lo que la hipótesis planteada al inicio del experimento es aceptada. El patrón de secreción de testosterona con respecto al tiempo, sugiere que glutamato no promueve un efecto de corto plazo (minutos) en dicho patrón de secreción, y que el efecto tiende a ser de mediano plazo (días) dado que después de un proceso de suplementación de glutamato cada tercer día promovió incrementos en los tres primeros tiempos de muestreo con respecto al grupo control. Se propone un efecto modulador por parte del glutamato sobre los neurones de GnRH, de mediano plazo (días) más no a corto plazo (minutos).

**Cuadro 1.** Concentración sérica de testosterona (TESTO) en un muestro intensivo, peso vivo (kg), condición corporal (unidades) y circunferencia escrotal en machos caprinos suplementados (GLUT) y no suplementados (CONT) con L-glutamato, bajo un fotoperiodo creciente en la Comarca Lagunera

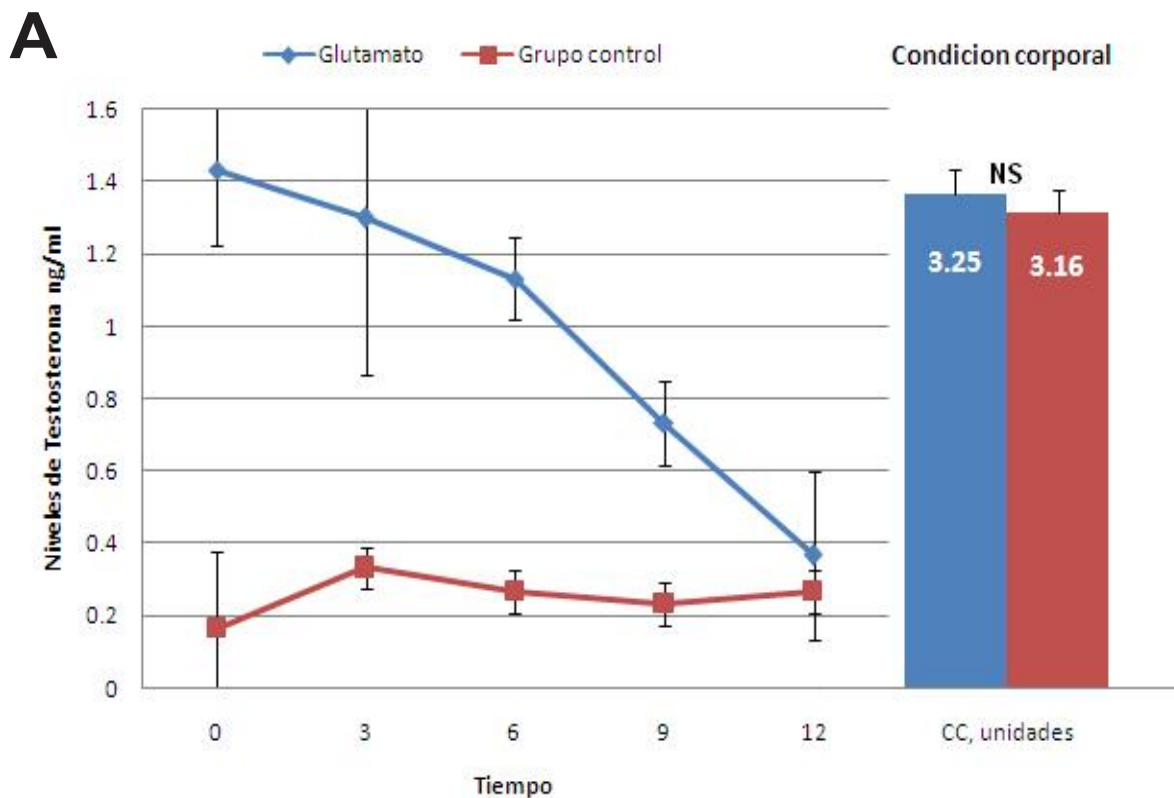
Variable	Tratamientos				NSO <sup>1</sup>
	GLUT		CONT		
	MMC	EEM	MMC	EEM	
Testosterona (ng/ml)	.9933 <sup>a</sup>	.09368	.2533 <sup>b</sup>	.09368	.005
PV, kg	50.33a	0.33	49.33 <sup>a</sup>	0.33	0.10
CC, unidades	3.25a	0.11	3.16 <sup>a</sup>	0.11	0.64
CE, cm	23.63	.77	24.80	.77	.34

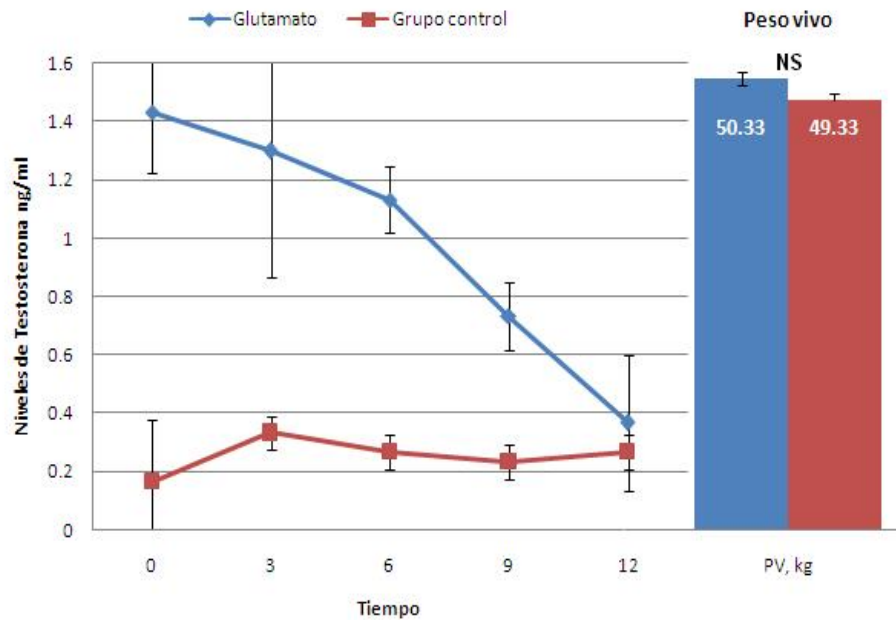
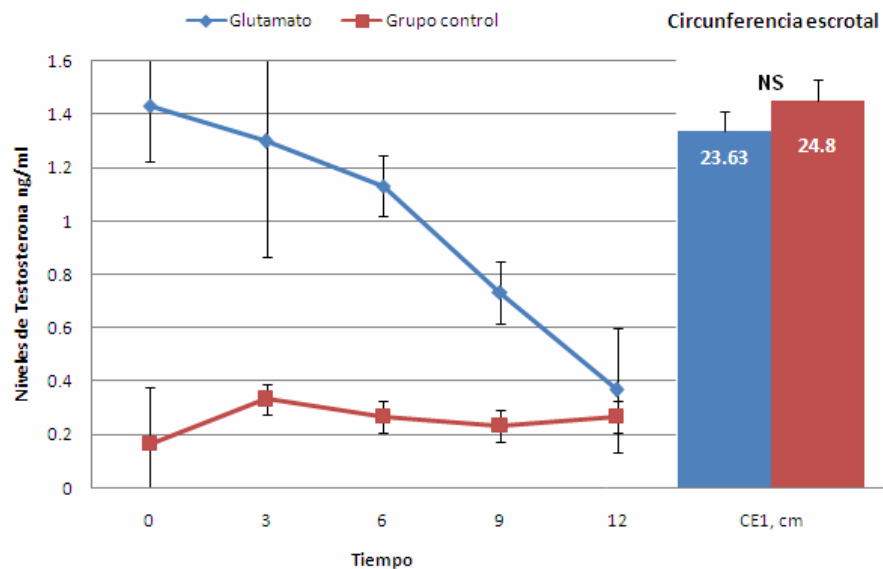
<sup>A,B</sup> Literales diferentes en el mismo renglón indican significancia (P<.05)

<sup>1</sup> Nivel de significancia observado.

MMC= Media de mínimos cuadrados.

EEM=Error estándar de la media.



**B****C**

**Grafica 1.** Concentraciones séricas de testosterona ( $\text{ng mL}^{-1}$ ) en machos caprinos tratados con glutamato (GLUT,  $n=3$ ) y grupo control (CONT,  $n=3$ ), durante fotoperiodos crecientes (marzo) en el norte de México. Los histogramas de la derecha muestran las medias de mínimos cuadrados para condición corporal (A), peso vivo (B) y circunferencia escrotal (C). NS=No significativo ( $P>.05$ ).

Las propiedades del glutamato como neurotransmisor y excitador de la producción de hormonas como LH y FSH en pituitaria han sido previamente evaluadas. Sin embargo, la totalidad de acciones de glutamato tanto en el cerebro como en el SNC permanecen desconocidas. Gazal (2002) estudió los efectos estimuladores de N-metil-aspartato (NMA), un análogo de glutamato, sobre las concentraciones plasmáticas de LH, encontrando que las secreciones tónicas de LH pueden ser reguladas en gran parte por éste aminoácido excitador reportando un efecto de la época en que se realiza en experimento. La respuesta a las infusiones de NMA durante una época del año fotoinhibitoria se vio disminuida en comparación con una época fotoestimuladora.

Otros estudios sugieren la participación de los receptores a glutamato como reguladores de las acciones de Prostaglandina E2 (PGE2), teniendo un rol crítico en la masculinización del cerebro y desarrollo del comportamiento del macho en ratones (Wright 2009). Se ha sugerido que glutamato es liberado en el área pre-óptica y activa los receptores NMDA durante el comportamiento sexual del macho (Domínguez, 2006). La PGE2 activa la proteína Kinasa-A y activa los receptores glutamatérgicos e inician la formación de la espina dendrítica pre-óptica para posteriormente organizar la neuro-arquitectura que controla el comportamiento sexual en ratas (Wright 2009). Recientes estudios sugieren evidencia de nuevos inhibidores de glutamato y sus efectos a nivel hipotalámico. Cardozo et al. (2010) reportaron que las secreciones de GnRH, glutamato, LH, FSH y testosterona, decrecieron cuando ratas de laboratorio fueron expuestas al compuesto orgánico bisfenol-A, lo que sugiere que este compuesto puede modificar la secreción de GnRH y a su vez alterar el funcionamiento normal del eje hipotálamo-pituitaria.

Se ha reportado que el principal factor regulador de los niveles plasmáticos de testosterona en machos caprinos es el fotoperiodo, siendo éste el principal agente capaz de influenciar el cambio en el patrón de secreción de esta hormona con respecto a otros factores ambientales como la temperatura y la disponibilidad de alimento (Delgadillo *et al.*, 2004). 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) sobre la calidad espermática, peso testicular y circunferencia escrotal (Carrillo *et al.*, 2010). Dado que el presente experimento se llevó a cabo bajo un fotoperiodo inhibitorio (marzo), se sugiere que la acción L-glutamato abolió los efectos negativos de un fotoperiodo creciente, inhibitorio de la función reproductiva.

## 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 (26° LN), afectó positivamente tanto las concentraciones séricas de testosterona 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. Se sugiere que la administración exógena de L-glutamato en machos caprinos bajo un régimen de días largos generó un efecto a nivel hipotalámico promoviendo la secreción de GnRH y afectó positivamente el perfil de secreción de LH por parte de los gonadotrofos en la pituitaria anterior, lo cual en turno, afectó positivamente la función de las células testiculares de Leydig, incrementando la síntesis y liberación de testosterona. Los resultados también sugieren que el arresto de la actividad reproductiva en machos caprinos de la raza Alpina producido por fotoperiodos de días largos, fue abolido por la administración de L-glutamato en los niveles utilizados en el presente estudio.

## LITERATURA CITADA

- Aman R.P. & Schanbacher, B.D. 1983. Physiology of male reproduction. *Journal of Animal Science*, 57: 380-403.
- Brann, W.D. and 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.
- Cardoso N, Pandolfi M, Ponzo O, Carbone S, Szwarzfarb B, Scacchi P, Reynoso R., 2010. Evidence to suggest glutamic acid involvement in Bisphenol A effect at the hypothalamic level in prepubertal male rats. *Neuro Endocrinol Lett.* Aug 30;31(4).
- Carrillo, E., C. A. Meza-Herrera, F.G. Veliz-Deras. 2010. Reproductive seasonality of young French-Alpine goat bucks adapted to subtropical conditions in Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias.* 1(2):169-178.
- Engelhardt, W.V. and Breves, G. 2005. *Fisiología Veterinaria.* (1a ed.). Zaragoza, España. Acribia.
- Flores-Najera M.J., C.A. Meza-Herrera, F.G. Echavarría, E. Villagomez, L. Iñiguez, H. Salinas, and A. Gonzalez-Bulnes. 2010. Influence of nutritional and socio-sexual cues upon reproductive efficiency of goats exposed to the male effect under extensive conditions. *Animal Production Science.* In press. 50(9): 897-901.
- Gallegos, G. G. Alarcón y Camacho. 2005. La cabra. Manual del participante, Secretaría de la Reforma Agraria, Colegio de Posgraduados, Mexico. IV: 4.1-4.3.
- Gamez-Vazquez, H.G., C.A. Rosales-Nieto, R. Bañuelos-Valenzuela, J. Urrutia-Morales, M.O. Diaz-Gomez,

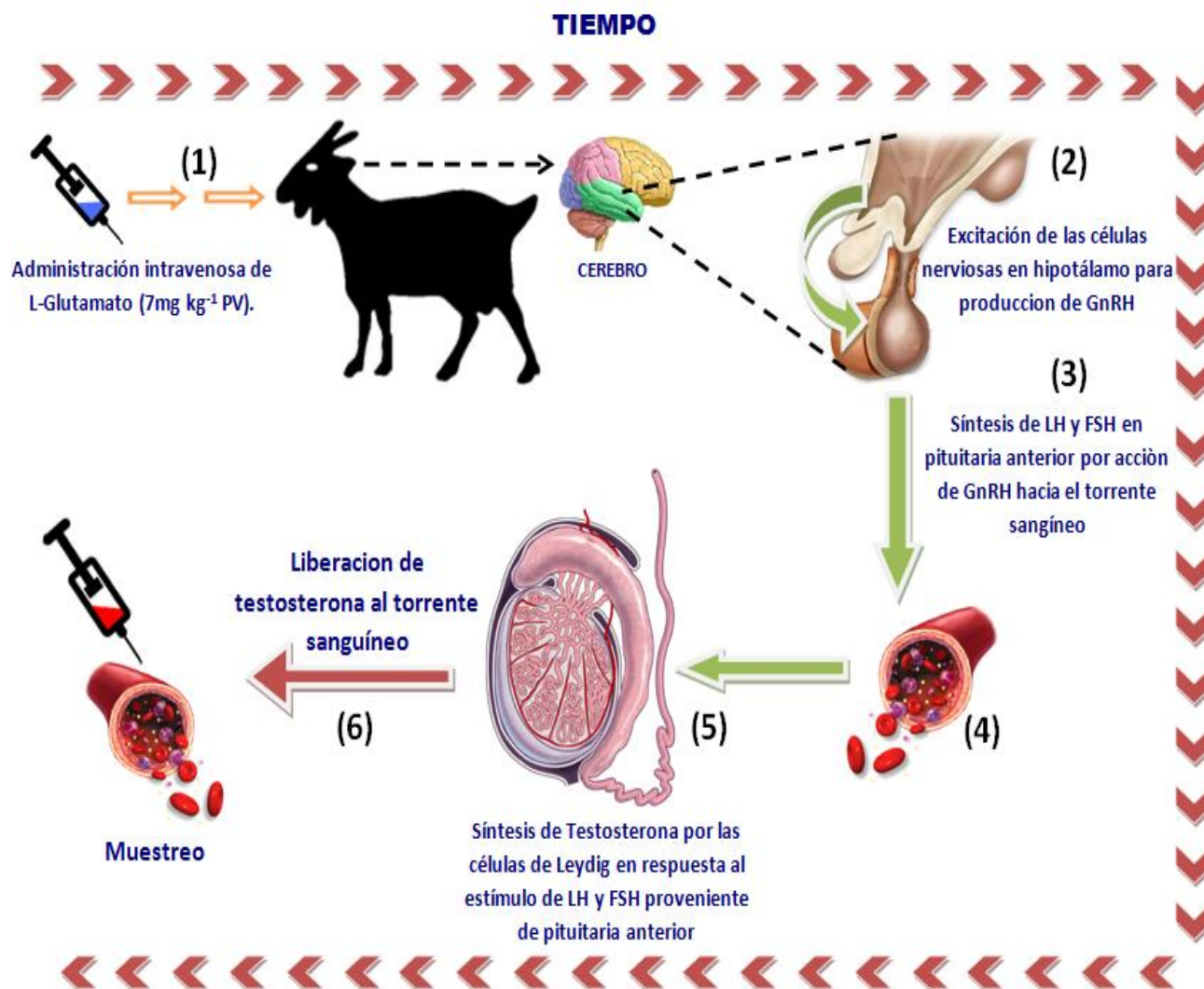


Figura 4. Diagrama que plantea una posible ruta de acción de la infusión de l-glutamato sobre el desencadenamiento hormonal y síntesis de testosterona en los testículos de machos caprinos. Se propone una ruta de acción dependiente de glutamato (1), la cuál actúa directamente sobre los gonadotrofos del hipotálamo (2) para estimular la producción de GnRH la cual, en turno, desencadena en pituitaria anterior la síntesis de LH y FSH (3) que al viajar por el torrente sanguíneo hacia las gónadas (4) se une a receptores en las células de Leydig dentro de los túbulos seminíferos (5) donde se lleva a cabo la síntesis y liberación de testosterona (6).

- J.M. Silva-Ramos and C.A. Meza-Herrera. 2008. Body condition score positively influence plasma leptin concentrations in criollo goats. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 7(10):1237-1240.
- Gazal S., B. Kouakou, E. A. Amoah, C. R. Barb, J. B. Barrett and S. Gelaye (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., C.A. Meza-Herrera, M. Rekik, H. Ben Salem, R.T. Kridli. 2010. Limiting factors and strategies for improving reproductive outputs of 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.
- Guerra-García, M., C.A. Meza-Herrera, M.T. Sanchez-Torres-Esqueda, J. Gallegos-Sanchez, G. Torres-Hernandez and A. Pro-Martinez. 2009. IGF-1 and ovarian activity of goats in divergent body condition and supplemented with non-degradable ruminal protein. *Agrociencia*. 43(3): 241-247.
- Leite-Browning M.L., 2009. *Biology of Reproduction of Goats DVM*, Extension Animal Scientist, Alabama A&M University.
- Lopez-Medrano, J.I., C.A. Meza-Herrera, A. Gonzalez-Bulnes, M. Torres-Moreno, M. Mellado-Bosque, M.

- Wurzinger and R. Trejo-Calzada. 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., J. M. Sanchez S., J. G. Chavez-Perches, H. Salinas, and M. Mellado. 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., T. Ross, D. Hawkins and D. Hallford. 2006. Interactions between metabolic status, pre-breeding protein supplementation, uterine pH, and embryonic mortality in ewes: Preliminary observations. *Tropical Animal Health and Production*. 38(5):407-413.
- Meza-Herrera, C.A., T. Ross, D. Hallford, D. Hawkins, and A. Gonzalez-Bulnes. 2007. Effects of body condition and protein supplementation on LH secretion and luteal function in sheep. *Reproduction in Domestic Animals*. 42(5):461-465.
- Meza-Herrera, C.A. 2008. Regulatory mechanisms of puberty in female goats: Recent concepts. *Journal of Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 9:29-38.
- Meza-Herrera, C.A., D. M. Hallford, J.A. Ortiz, R.A. Cuevas, J.M. Sanchez, H. Salinas, M. Mellado and A. Gonzalez-Bulnes. 2008. Body condition and protein supplementation positively affect periovulatory ovarian activity by non-LH mediated pathways in goats. *Animal Reproduction Science*. 106:412-420.
- Meza-Herrera, C.A., F.G. Veliz-Deras, M. Wurzinger, B. Lopez-Ariza, G. Arellano-Rodriguez, and R. Rodriguez-Martinez. 2010a. 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., T. Ross, D. Hallford, D. Hawkins, and A. Gonzalez-Bulnes. 2010b. High periconceptional protein intake modifies uterine and embryonic relationships increasing early pregnancy losses and embryo growth retardation in sheep. *Reproduction in Domestic Animals*. 45(4):723-728.
- Meza-Herrera, C.A., A. Gonzalez-Bulnes, R. Kridli, M. Mellado, C.F. Arechiga-Flores, H. Salinas, and J.M. Luginbuhl. 2010c. 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
- Morales G., 2010. Estrategias del manejo del anestro postparto en ovejas Pelibuey. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados,
- Musi D., 2008. Genética y Producción. Estudio ganadero pergamino, XI congreso nacional de lechería. Argentina. Pág. 32.
- Ruckebush, Y.; Phaneuf, L.P. and Dunlop, R. 1994. *Fisiología de pequeñas y grandes especies*. Ed. El Manual Moderno, México, D.F. pp. 571.
- Torres-Moreno, M., C.A. Meza-Herrera, A. Gonzalez-Bulnes, J.I. Lopez-Medrano. M. Mellado-Bosque, M. Wurzinger and R. Trejo-Calzada. 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.
- Urrutia-Morales, J., C.A. Meza-Herrera, F.J. Escobar-Medina, H.G. Gamez-Vazquez, B.M. Ramirez-Andrade, M.O. Diaz-Gomez, and A. Gonzalez-Bulnes. 2009. Relative roles of photoperiodic and nutritional cues in modulating ovarian activity in goats. *Reproductive Biology*. 9(3):283-294.
- Veliz, F.G., M. Mellado, E. Carrillo, C.A. Meza-Herrera, and R. Rivas-Muñoz. 2009. Effects of a long day photoperiod on milk yield and ovarian activity of Saanen goats in northern Mexico. *Journal of Applied Animal Research*. 36(4):287-290.
- Wright C.L. & McCarthy M. (2009). Prostaglandin E2-Induced Masculinization of Brain and Behavior Requires Protein Kinase A, AMPA/Kainate, and Metabotropic Glutamate Receptor Signaling. *The Journal of Neuroscience*, October 21, 2009• 29(42):13274 – 13282.