

L-GLUTAMINA Y SU EFECTO EN LA REPRODUCCIÓN DE OVEJAS PELIBUEY

J. M. Rodríguez-Martínez^{1*}; C. Sánchez del Real¹; E. López-López¹; C. German-Alarcón¹; G. Ramirez-Valverde²; J. Gallegos-Sánchez²

¹ Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Edo. De México.

² Colegio de Posgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Edo. De México.

^{1*} iaz_martin@hotmail.com

Resumen

La finalidad del presente trabajo fue evaluar el efecto de L-glutamina y la gonadotropina corionica equina (eCG), en la sincronización del estro en ovejas de la raza Pelibuey. Se utilizaron 115 ovejas con un peso promedio de 44.16 ± 7.5 kg de peso vivo. Las ovejas se distribuyeron aleatoriamente a uno de cuatro tratamientos, (T1)= CIDR (n=25), tratamiento dos (T2)= CIDR + L-GLU (n=30), tratamiento tres (T3)= CIDR + eCG (n=31), para tratamiento cuatro (T4) = CIDR + eCG + L-GLU (n=29). Los tratamientos fueron adicionados con L-glutamina (L-GLU) en

la dieta al 3% y la aplicación de eCG. Los tratamientos consistieron, en la combinación del aminoácido y la eCG. Las variables estudiadas fueron: tiempo a inicio del estro, % de gestación y fecundidad. Los resultados se analizaron mediante el programa SAS, utilizando el análisis de Weibull para estimar el tiempo de respuesta para inicio del estro después de retirado el dispositivo intravaginal de liberación de progesterona (CIDR). Únicamente se encontró diferencia ($p < 0.05$) en el tratamiento cuatro (T4) para el tiempo de respuesta al estro. Se concluye que es factible la utilización de L-glutamina

para la reducción del tiempo respuesta al estro dentro de un protocolo de sincronización.

Palabras clave: L-Glutamina, eCG, sincronización, CIDR.

Summary

The purpose of this study was to evaluate the effect of L-glutamine and equine chorionic gonadotropin (eCG) in the synchronization of estrus in ewes Pelibuey. Were used 115 sheep with an average of 44.16 + 7.5 kg live weight. The sheep were randomly assigned to one of four treatments (T1) = CIDR (n = 25), treatment two (T2) = CIDR + L-GLU (n=30), treatment three (T3) = CIDR + eCG (n=31), for treatment four (T4) = CIDR + eCG + L-GLU (n=29). Treatments were added with L-glutamine (L-GLU) in the diet at 3% and the application of eCG. Treatments

consisted in a combination of amino and eCG. The variables studied were: time to onset of estrus, fertility and fecundity. The results were analyzed using the SAS program, using Weibull analysis to estimate the response time after removal of the CIDR device. Only difference was found ($p < 0.05$) in the treatment four (T4). We conclude that it is feasible to use L-glutamine to reduce response time in estrus synchronization protocol.

Key words: L-Glutamine, eCG, synchronization, CIDR.

Introducción

En la actualidad la industria de la carne basa su eficiencia en buenos resultados productivos, sin embargo, para llegar a los niveles máximos de eficiencia es necesaria la aplicación de técnicas innovadoras en la producción animal.

Para tal caso, es necesario, aumentar la eficiencia reproductiva para disponer de mayor cantidad de cabezas de ganado, las cuales se someterán a procesos de engorda intensivos para abastecer la demanda del mercado. El bienestar animal es una de las principales preocupaciones para toda la industria que está trabajando en los mercados más demandantes en cuestión de calidad, donde el consumidor espera que sus productos sean derivados de animales que han sido manejados adecuadamente. Es por eso que en el presente trabajo se pretende aplicar una técnica innovadora en el área de nutrición animal, buscando hacer más eficiente el proceso reproductivo de la especie ovina.

Se ha estudiado el papel de las señales metabólicas entre la nutrición y la estimulación del generador de pulso de GnRH, midiendo la concentración de

glucosa, aminoácidos y ácidos grasos libres, de insulina, como el factor de crecimiento (IGF-I), la GH, prolactina, cortisol y las hormonas tiroideas (Miller *et al.* 1998).

En la actualidad se ha demostrado la existencia de aminoácidos que funcionan como neurotransmisores, capaces de actuar a nivel neural para la activación del sistema reproductivo, donde la comunicación existente entre los sistemas neural y endócrino involucra el reconocer la función que ejercen dichos aminoácidos (Glutamato y Aspartato), también denominados aminoácidos neuroexcitadores (AAE) (Mahesh y Brann, 2005).

Dichos AAE han sido localizados en una gran variedad de núcleos hipotalámicos que controlan la función reproductiva y neuroendocrina, y se ha sugerido que pueden ejercer una función preponderante en el control de procesos

reproductivos tales como el inicio de la pubertad, en el control de la secreción pulsátil de GnRH y el pico preovulatorio de las gonadotropinas (Van de Pol, 1990; Zamorano *et al.*, 1998; Dhandapani y Brann, 2000).

Las evidencias acumuladas a la fecha sugieren que el glutamato es uno de los transmisores excitadores dominantes en el hipotálamo y las funciones descritas como un mediador central en las señales endocrinas y en la regulación neuroendocrina (Brann y Mahesh, 1997). El objetivo del presente estudio fue probar si el suministro de L-glutamina vía dieta combinado con un protocolo de sincronización con progesterona y gonadotropina coriónica equina (eCG) en ovejas Pelibuey mejora la respuesta reproductiva (tiempo de inicio del estro, % de gestación y fecundidad).

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos (LaROCa) del Colegio de Posgraduados, campus Montecillo, localizado en el municipio de Texcoco en el Estado de México ubicado en 19° 29" Latitud Norte y 98°53" Longitud Oeste, a 2248 msnm. El clima es templado semihúmedo con lluvias en verano clasificación C(wo)(w)b(i)g, temperatura media anual de 15 °C, heladas poco frecuentes precipitación pluvial media anual de 686.0 mm y vientos dominantes del sur (INAFED, 2009).

Se utilizaron 115 ovejas Pelibuey con un peso promedio de 44.16 ± 7.5 kg. Las cuales fueron asignadas a uno de cuatro tratamientos (Cuadro 1), que a continuación se describen.

Cuadro1. Tratamientos y ovejas por tratamiento.

Tratamientos	Ovejas por tratamiento
T1 – CIDR	25
T2– CIDR + L-GLU	30
T3– CIDR + eCG	31
T4– CIDR + eCG + L-GLU	29

(T1)= Dispositivo Intravaginal de liberación de progesterona (CIDR).

(T2)= CIDR + L-Glutamina.

(T3)= CIDR + eCG

(T4)= CIDR + eCG + L-Glutamina.

Todas las ovejas se sincronizaron con prostaglandinas y dispositivos intravaginales de liberación de progesterona (CIDR) por nueve días.

El grupo de ovejas dentro del tratamiento con gonadotropina coriónica equina (eCG) recibieron el fármaco 48 h antes de retirar el CIDR, la dosis consistió en 300 UI para ovejas con peso menor a 45 kg y de 400 UI para ovejas mayores de 45 kg. La dosis de L-glutamina fue a razón de 3% en la dieta, correspondiendo en promedio a 48 gramos del aminoácido, por animal por día. El dispositivo intravaginal se

removió el día 9 de inicio del experimento, la detección de celos se realizó 12 h posteriores a la retirada del dispositivo intravaginal. Las variables de respuesta evaluadas fueron: tiempo a inicio del estro después

de retirado el CIDR, % de gestación y fecundidad.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos, se analizaron con una regresión Waybull para el intervalo del fin del tratamiento al inicio del estro, para el porcentaje de gestación se utilizó una regresión logística binomial, para el número de crías se utilizó la regresión de Poisson, con modelos generalizados Genmond del programa SAS (versión 9.1, 2002-2003).

Resultados y Discusión

En el Cuadro 2 se muestran las medias para las variables de respuesta, en el

tiempo de inicio del estro se encontraron diferencias (T4) en entre los tratamientos ($p < 0.05$).

Cuadro 2. Respuesta a los tratamientos con L-Glutamina (L-GLU) y eCG en ovejas Pelibuey.

Tratamiento	N	Tiempo al estro	(n) Gestación (%)	Fecundidad
T1- CIDR	25	37.140 \pm 4.42 ^a	(21) 84 \pm 0.075 ^a	1.32 \pm 0.170 ^a
T2- CIDR + L-GLU	30	49.391 \pm 5.08 ^a	(26) 87 \pm 0.063 ^a	1.33 \pm 0.138 ^a
T3- CIDR + eCG	31	40.789 \pm 6.42 ^a	(24) 77 \pm 0.076 ^a	1.09 \pm 0.134 ^a
T4- CIDR + eCG + L-GLU	29	33.398 \pm 5.40 ^b	(27) 93 \pm 0.048 ^a	1.37 \pm 0.126 ^a

Medias con diferente literal presentan diferencias ($p < 0.05$)
 (T1)= Dispositivo Intravaginal de liberación de progesterona (CIDR).
 (T2)= CIDR + L-Glutamina.
 (T3)= CIDR + eCG
 (T4)= CIDR + eCG + L-Glutamina.

Los resultados concuerdan con otros autores (Catalano *et al.*, 2007) donde la aplicación de eCG no aceleró la respuesta a inicio del estro si se compara con los tratamientos sin eCG, sin embargo, indujeron y sincronizaron la aparición de estros, estos resultados concuerdan con los reportados por Izquierdo *et al.* (1999) donde afirmaron que la aplicación de eCG (500 UI) es adecuada para optimizar la inducción y sincronización de estros en los rebaños, así como, Fraire (2010) quien concluyó

que la aplicación de eCG sincroniza y homogeniza las manifestaciones externas de estro. El resultado del presente trabajo coincide con los estudios realizados por Catalano *et al.* (2007) quienes indicaron que no hubo diferencias en el intervalo entre el término del tratamiento e inicio del estro aplicando dos dosis de 300 y 500 UI de eCG. Sin embargo, contrasta con los resultados de Romano (1998) que encontraron que la exposición continua al macho junto con la sincronización de

estros con esponjas intravaginales redujo ($p < 0.05$) el intervalo entre estros de 48 a 38 h en cabras, de igual manera Bautista (2002) demostró que en ovejas púberes el estro ocurrió a las 28.4 ± 10.4 h, mientras que a las que no se les aplicó el fármaco, el estro apareció en ovejas prepúberes hasta las 33.2 ± 6.0 h. En el presente estudio únicamente el tratamiento cuatro manifestó diferencias ($p < 0.05$) para el tiempo en el inicio del estro, respecto a otros tratamientos que no incluían el aminoácido, esto concuerda con los resultados de Tinajero (2008) al concluir que hubo un inicio más temprano de la actividad reproductiva en cabras tratadas con una

infusión endovenosa de L-glutamato, así como también con López (2006), quien concluyó que la suplementación con L-glutamato aumentó el número de pulsos de LH, lo que a su vez podría indicar una respuesta más temprana en el inicio del estro.

En la figura 1 se muestra el comportamiento de los diferentes tratamientos para la respuesta del tiempo en la aparición del estro, mostrando claramente que el tratamiento número cuatro es el que presenta mejor comportamiento, acelerando la aparición de las manifestaciones del estro en las ovejas Pelibuey.

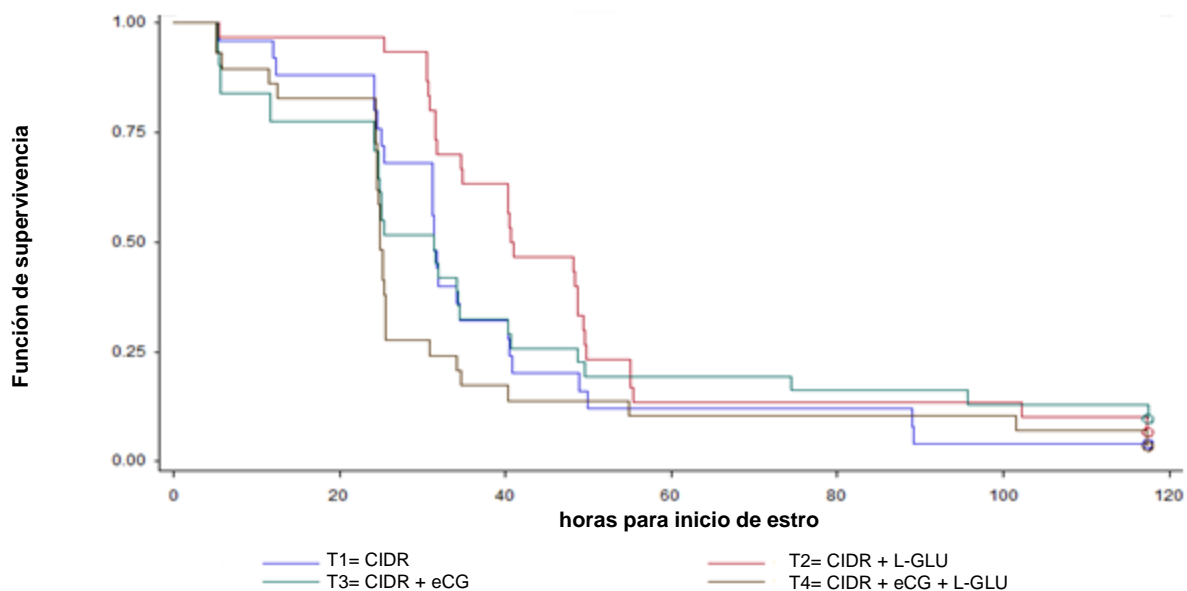


Figura 1. Respuesta de los diferentes tratamientos con L-GLU y eCG para el tiempo de la aparición del estro, después de retirado el CIDR. (T1)= Dispositivo Intravaginal de liberación de progesterona (CIDR). (T2)= CIDR + L-Glutamina. (T3)= CIDR + eCG. (T4)= CIDR + eCG + L-Glutamina.

En dicha figura, se aprecia, que cerca de las 25 h después de retirado el dispositivo, prácticamente el 75% de las hembras del tratamiento cuatro (T4) habían manifestado el estro, cosa que no ocurrió para el tratamiento dos, el cual solo incluía eCG y transcurrieron más de 50 h para que el 75% de las hembras manifestaran el estro.

Los animales que no recibieron la L-glutamina mostraron una respuesta más tardía en la manifestación del estro.

Este resultado hace evidente el efecto de la aplicación de dicho aminoácido, mostrando en la gráfica anterior que en combinación con la hormona se acentúa una disminución a la respuesta de la sincronización para minimizar los tiempos de detección de estros.

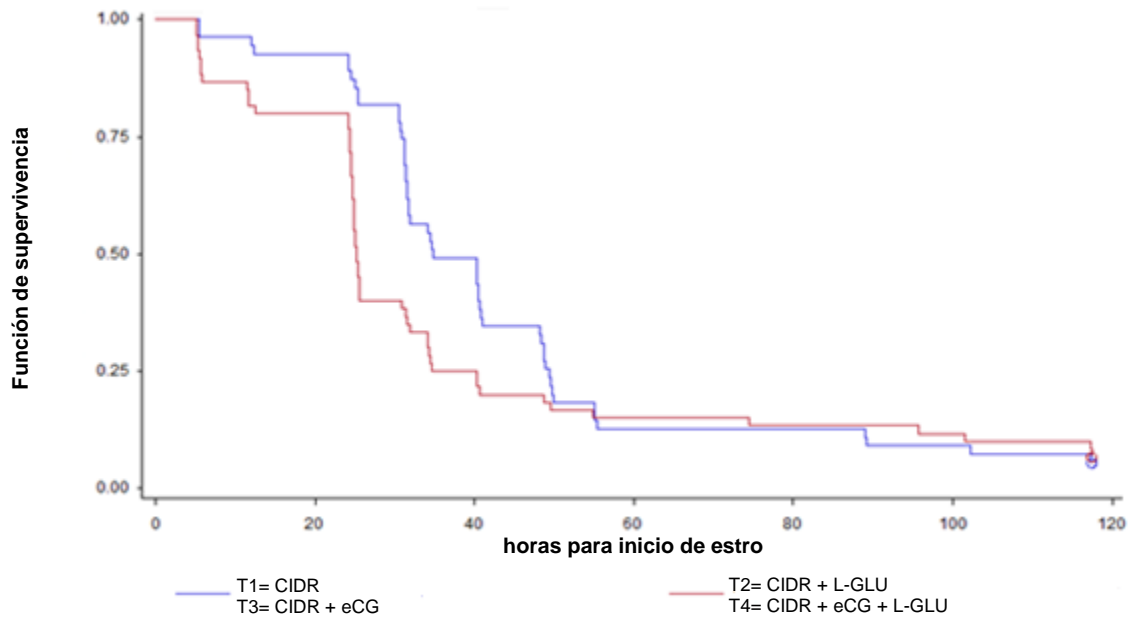


Figura 2. Comportamiento de los tratamientos con L-Glutamina para el tiempo de la aparición del estro después de retirado el CIDR. (T1)= Dispositivo Intravaginal de liberación de progesterona (CIDR). (T2)= CIDR + L-Glutamina. (T3)= CIDR + eCG. (T4)= CIDR + eCG + L-Glutamina.

No se encontró efecto de la aplicación de eCG, excepto cuando fue combinado

con la

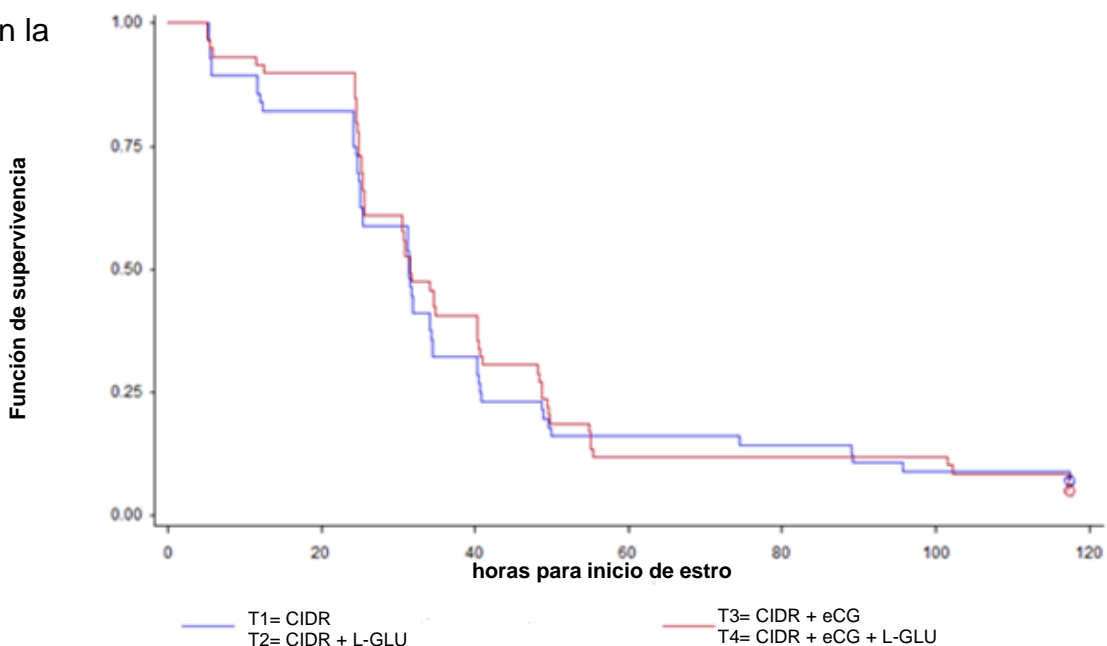


Figura 3. Comportamiento de los tratamientos con eCG para el tiempo de manifestación del estro, después de retirado el CIDR. (T1)= Dispositivo Intravaginal de liberación de progesterona (CIDR). (T2)= CIDR + L-Glutamina. (T3)= CIDR + eCG. (T4)= CIDR + eCG + L-Glutamina.

Fraire (2010) indicó que no hubo diferencias en el porcentaje de fertilidad en los grupos tratados con eCG. Catalano *et al.* (2007) indicaron que el porcentaje de gestación incluso fue inferior en las hembras tratadas con 300 UI de eCG, respecto a las tratadas con 500 UI de eCG. Sin embargo Calvo *et al.* (2008) concluyeron lo contrario cuando a dos grupos de ovejas Ojalada Soriana, se les aplicaron dos diferentes dosis de eCG, 400 y 600 UI. La fertilidad del tratamiento con las dosis de 400UI fue más elevada que aquel al que se le suministraron 600UI de la hormona con 95.44 y 88.74% de fertilidad.

La fecundidad no fue diferente ($p>0.05$) entre ninguno de los tratamientos. Gibbons *et al.* (2001) reportaron que hubo un incremento del 12.8% para el número de corderos nacidos de un grupo de hembras tratadas con 400 UI de eCG. Los resultados del presente experimento no concuerdan con lo

indicado por otros autores, ya que no mostraron diferencias, resultados que coinciden con los de Bautista (2002) donde indicó que no hubo diferencias en cuanto a prolificidad entre hembras adultas y primaras tratadas con dosis de 400 UI de PMSG.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La aplicación de L-glutamina redujo el tiempo en la aparición del estro después de retirado el dispositivo (CIDR) en combinación con la eCG, por lo cual, es factible que la aplicación de la L-Glutamina disminuya el tiempo para la manifestación del estro y con ello permita programar mejor los tiempo de inseminación artificial.

Se sugiere que en futuros estudios se investiguen las dosis óptimas y la protección de L-Glutamina para obtener mejores resultados en las respuestas reproductivas.

LITERATURA CITADA

Acero, Ch. M. 2005. Papel de México y América Latina en el comercio mundial de la carne ovina. XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal A.C. y XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción animal A. C. Consultado en: <http://rural-trader.tripod.com>. 26 de Noviembre 2010.

Anne-Simone, P., Alérie, M. and Bourguignon, J. P. 2005. Control of puberty by excitatory amino acid neurotransmitters and its clinical implications. Division of Neuroscience, Oregon National Primate Research Center/Oregon Health & Science University, Beaverton, Oregon 97006, USA. Pp. 1-2.

Baril, G., Brebion, P. y Chesné P. 1995. Manual de Formación Práctica para el Trasplante de Embriones en Ovejas y Cabras. Estudio FAO producción y sanidad animal 115. Ed. FAO, Roma. Pp. 3-6.

Bautista, T. M. 2002. Inducción y sincronización del estro en ovejas Pelibuey prepuberes y púberes. Tesis profesional, Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, México. Pp. 27-34.

Brann, D. W. and Mahesh, V. B. 1997. Excitatory amino acids: evidence for a role in the control of reproduction and anterior pituitary hormone secretion. *Endocrine Reviews* 18: 678–700.

Calvo, R. J., Asenjo, M. B., Miguel, R. J. y Ciria, C. J. 2008. Efecto de la dosis de eCG utilizada sobre los parámetros reproductivos de ovejas Ojaladas en época de anestro. Área de Producción Animal. E.U. de Ingenierías Agrarias de Soria. Universidad de Valladolid. Campus Duques de Soria s/n 42004. Soria (España). Pp.6.

Catalano, R., Teruel, M., Cabodevila, J. y Callejas, S. 2007. Efecto de diferentes dosis de gonadotrofina coriónica equina sobre la respuesta reproductiva de hembras ovinas con un tratamiento para inducción de celos. Área de Reproducción, FISFARVET. Facultad de Ciencias Veterinarias, UNCPBA. InVet. 9(1): 11-17

Conn, J. P. 1999. Metabotropic Glutamate Receptors. Science and Medicine 6 (1): 28-37.

Córdova, I. A., Ruiz, L. G., Saltijeral, O. J., Pérez, G. J. y Degefa, D. T. 1999. Inducción y sincronización de celos en ovejas Criollas anéstricas estacionales con esponjas vaginales impregnadas en FGA y PMSG inyectable. Archivos de zootecnia 48: 437-440. Consultado en: http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/az.php?idioma_global=0&revista=21&codigo=296. 30 de Noviembre.

Costa, B. R. Botelho, G. S., Cavalcante, V. P., Rolim, Ch. C. e Leitao, V. P. 2003. Efeitos metabólicos da glutamina em ratos submetidos à queimadura por agua fervente (escaldadura). Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Cirurgia, Faculdade de Medicina, Departamento de Cirurgia da Univesidade Federal do Ceará (UFC).

Ebling, P. F. 2005. The neuroendocrine timing of puberty. School of biomedical Science and Institute of Neuroscience, University of Nottingham Medical School, Queen's Medical Centre, Nottingham, NG7 2UH, UK. Pp. 1-9.

FIA, 2007. Manuales FIA de Apoyo a la Formación de Recursos Humanos para la Innovación Agraria. Gobierno de Chile, Fundación para la Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura. Pp. 61.

Fisher, J. S. 2004. Environmental anti-androgens and male reproductive health: focus on phthalates and testicular dysgenesis syndrome. *Reproduction* 127: 305–315.

FUNDACIÓN PRODUCE A. C. 2010. Análisis estratégico de transferencia de tecnología e innovación en las cadenas prioritarias para el Estado de Puebla. Agenda de innovación tecnológica. Puebla, México.

Gibbons, A., Cueto, M., Bidinots, F. y Giraudo, C. 2001. Tratamiento hormonal en ovejas Merino y parición en cobertizo para la producción de corderos. Bariloche. Consultado en: <http://www.inta.gob.ar/bariloche/info/documentos/animal/reproduc/pa403.pdf>. 30 de Noviembre de 2010.

González, J. 1994. Formulación de raciones para rumiantes en base a aminoácidos digestibles: interés práctico. X curso de especialización FEDNA. Departamento de Producción Animal, Universidad Politécnica de Madrid.

Gutiérrez, R. J. 2008. Efecto de la suplementación con L- Glutamato en cabras sobre el desarrollo de folículos antrales y niveles séricos de insulina. Tesis profesional, Ingeniero Agrónomo en Sistemas Pecuarios de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo, México. Pp. 41-42.

Hafez, B. y Hafez, E. S. 2000. Ciclos reproductivos. En: Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. 7a edición. Ed. Mc Graw-Hill Interamericana. México. Pp: 177-182.

Kasuya, E., Nyberg, Ch. L., Mogi, K. and Terasawa, E. 1999. A role of Y-Amino butyric acid (GABA) and glutamate in control of puberty in female rhesus monkeys: Effect of an Antisense Oligodeoxynucleotide for GAD67 Messenger Ribonucleic Acid and MK801 on Luteinizing Hormone-Releasing Hormone Release. *Endocrinology*, 140: 705-712.

Leandro, C. G., Nascimento, E., Azevedo, M. M., Viegas, A., Albuquerque, C., Cavalcanti, C. B., Manhães, R. and Castro, C. M. 2006. Efeito da L-Glutamina sobre o perfil leucocitário e a função fagocítica de macrófagos de ratos estressados. Escola Superior de Educação Física, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil.

Lobley, G. E., Hoskin, O. and McNeil, J. 2009. Glutamine Metabolism: Nutritional and Clinical Significance. Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen, AB21 9SB, United Kingdom. Pp. 1-11.

López, M. J. 2006. Aminoácidos neuroexcitadores, función ovárica y patrón de secreción de la hormona luteinizante en cabras bajo fotoperiodo creciente. Tesis profesional, Ingeniero Agrónomo en Sistemas Pecuarios de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo, México. Pp. 48-50.

Maiorka, A., Silva, A. V., Santin, E., Borges, S. A., Boleli, I. C. e Macari, M. 2000. Influência da suplementação de glutamina sobre o desempenho e o desenvolvimento de vilos e criptas do intestino delgado de frangos. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de UNESP. Jaboticabal, São Paulo.

Martin, G. B. and Kadoka, H. 2006. “Clean, Green and Ethical” Animal Production. Case study: reproductive efficiency in Small Ruminant. Journal of Reproduction and Development 52 (1):145-153.

Martin, G.B., Milton, J.T., Davidson, R.H., Banchemo, G.E., Lindsay, D.R. and Blache, D. 2004. Natural methods for increasing reproductive efficiency in small ruminants. Animal Reproduction Science 82-83: 231-245.

Miller, W. D., Blache, D., Boukhliq, R., Curlewis, D. J. and Martin, G. B. 1998. Central metabolic messengers and the effects of nutrition on gonadotrophin secretion in sheep. Journal of Reproduction and Fertility 112: 347-357.

Mitsushima, D., Hei, D. L. and Terasawa, E. 1994. Y-Aminobutyric acid is an inhibitory neurotransmitter restricting the release of luteinizing hormone-releasing hormone before the onset of puberty. Proc. Natl. Acad. Sci. 91: 395-399.

Neira, J. y Ortega, J. L. 2004. Antagonistas de los receptores glutamatérgicos NMDA en el tratamiento del dolor crónico. Servicio de Anestesiología, Reanimación y Tratamiento del Dolor. Hospital Universitario de Puerto Real. Cádiz. Rev. Soc. Esp. Dolor 11: 210-222.

Partida de la P., J., Brañada, V., D. y Martínez, R. L. 2009. Desempeño productivo y propiedades de la canal en ovinos Pelibuey y sus cruzas con Suffolk o Dorset Técnica Pecuaria en México 47 (3):313-322.

Palmert, M. R. and Hirschhorn, J. N. 2003. Genetic approaches to stature, pubertal timing, and other complex traits. Molecular Genetics and Metabolism 80: 1–10.

Perea, G. y Araque, A. 2003. Nuevas vías de información en el sistema nervioso: comunicación entre astrocitos y neurona. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España. Rev. Neurol 36: 137-44.

Prieto, G. B. y Velázquez, P. M. 2002. Fisiología de la reproducción: hormona liberadora de gonadotropinas. Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, UNAM. Rev. Fac. Med. UNAM, 45(6).

Rodríguez, A. y López, A. 1997. Características farmacológicas de las subunidades de los receptores de glutamato del tipo N-metil-D-aspartato (NMDA). Departamento de Neurociencias, Instituto de Fisiología Celular, Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. México. Salud mental Pp. 10:1-10

Romano, J. E. 1994. Effects of different stimuli of service on estrus duration in dairy goats. *Theriogenology* 42: 875-879.

SEDER, SAGARPA, 2008. Estudio de mercado del sistema producto ovino. Tepic, Nayarit, Junio de 2008. Consultado en: http://cspovinosnayarit.org/docs_comite/proyecto_ESTUDIO_DE_MERCADO_DEL_SISTEMA_PRODUCTO.pdf. 28 de Noviembre de 2010

Sisk, Ch., L. and Foster, D. 2004. The neural basis of bases puberty and adolescence. *The sexual Brain. Nature Neuroscience* (10): 1040-1043.

Terasawa, E. and Fernandez, D. L. 2001. Neurobiological mechanisms of the onset of puberty in primates. *Endocrine Reviews* 22: 111–151.

Timmerman M., Wilkening R. B. and Regnault T.R.H., 2002. Induction of glutamate dehydrogenase in the ovine fetal liver by dexamethasone infusion during late gestation. Department of Obstetrics and Gynecology, Erasmus University, Rotterdam, The Netherlands; and Perinatal Research Center, Department of Pediatrics, Division of Perinatal Medicine, University of Colorado Health Sciences Center, Aurora, 2002. Consultado en: <http://ebm.rsmjournals.com/content/228/1/100.short>. 16 de enero de 2011.

Tinajero, P. K. H. 2008. L-Glutamato y la activación del eje hipotalámico-Hipofisario-Gonadal en cabras. Tesis profesional, Ingeniero Agrónomo en Sistemas Pecuarios de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo, México. Pp. 43-44.

Tirapegui, J., Fernández C. V. y Petry, E. R. 2008. Glutamina: aspectos bioquímicos, metabólicos, moleculares e suplementação. Departamento de Alimentos e nutrição Experimental, Faculdade de Ciências Farmaceuticas, Universidad de Sao Paulo, Sao Paulo, Brasil. Rev. Bras. Med. Esporte 15(5): 392-397.

Uribe, V. L., Oba, E. y Lenz, S. M. 2007. Respuesta endocrina y ovárica a la sincronización del estro y de la ovulación utilizando CIDR y eCG en ovejas. Revista de Veterinaria y Zootecnia. Pp. 9(17).

Urbański, H. F., Kohama, S. G. and Garyfallou, V. T. 1996. Mechanisms mediating the response of GnRH neurones to excitatory amino acids. Reviews of Reproduction 1: 173-181.