

11674



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA
PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL

**EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE L-ARGININA CRISTALINA EN
DIETAS SOBRE EL CRECIMIENTO DEL CERDO LACTANTE Y
RECIÉN DESTETADO**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
PRESENTA

HOMERO ALCÁNTARA PAZ

TUTOR:

GERMÁN BORBOLLA SOSA

COMITE TUTORAL:

**GERARDO MARISCAL LANDÍN
TERCIA CESARIA REIS DE SOUZA**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS

Este trabajo lo dedico con todo cariño para:

- Mi esposa: Lupita.
- Mis hijos: Brenda, Denisse y Edgar.
- Mis padres: Emma y Medardo.
- Mis hermanos: Emma, Maricruz, José Cruz, Medardo, Job y Kilo†
- Mis sobrinos.
- Mis compañeros de la maestría: Gaby, Angelina, Jaime, Héctor, Edgar, Eduardo, Juan.

AGRADECIMIENTOS

Las grandes empresas solamente se realizan con trabajo en equipo, en esta ocasión recibí ayuda muy valiosa de un gran cantidad de personas, con quienes siempre estaré agradecido:

- PhD Germán Borbolla Sosa
- PhD Tercia Cesaria Reis de Souza
- PhD Gerardo Mariscal Landín
- M.C. Francisco Castrejón Pineda
- PhD José Luis Figueroa Velasco
- M. C. Marco Antonio Herradora Lozano
- M.C. Rafael Olea Pérez

Mi agradecimiento también para todo el personal de la granja "La Vigüeta" y del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM.

RESUMEN

Estudios demuestran la esencialidad de L-arginina (Arg) en cerdos jóvenes. La dosis del NRC (1998) para <20 Kg es obtenida con relación a lisina. Las dietas de edades tempranas satisfacen el requerimiento, pero la biodisponibilidad de Arg puede ser limitada, entonces sería necesario incluirla. El objetivo fue evaluar el efecto de la adición de Arg en dietas del cerdo lactante y recién destetado, realizando tres experimentos. En el primero, se administró Arg a 36 lechones (1-21 d) repartidos en tres tratamientos: 0, 1, y 2%. El segundo se realizó con 36 cerdos destetados (14-49 d) y los mismos tratamientos. El tercero, nuevamente en lactantes (1-14 d), con diferentes dosis: 0, 0.25 y 0.5% de Arg. Bajo un diseño completamente al azar; variables: consumo diario de alimento (CDA), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA) y concentración de urea plasmática (CUP). Los resultados fueron analizados por ANOVA y Duncan. En el experimento 1, el peso final de los lechones control fue de 8.525 Kg; los de 1%, 6.646 Kg y los de 2%, 5.814 Kg, ($P<0001$). En la semana tres del segundo experimento ($P<0.024$), los lechones con 1% de Arg ganaron más peso (140 g/d) que los de 2% (72 g/d); los control ganaron 113 g/d. En el tercer experimento, durante la segunda semana de edad, el grupo control (203 g) obtuvo GDP menor ($P<0.039$) que el de 0.5% (268 g), el cual ganó más que el de 0.25% (214 g). En cuanto a CUP, sólo se observó tendencia el día 14, donde la menor concentración de urea (3.17 mmol/L) correspondió al grupo con 0.5%, y la mayor (5.86 mmol/L) la presentó el control. El uso de Arg en dietas preiniciadoras mejora GDP y disminuye CUP durante la segunda semana de edad. Son necesarios estudios con diferentes porcentajes de inclusión.

Palabras clave: **arginina, lechón, destete, lactancia.**

ABSTRACT

Recent studies show that L-arginine (Arg) in young pigs is an essential amino acid. Prestarter diets used in young pigs supplement enough amino acid to satisfy the requirements suggested by the NRC (1998), however, bioavailability of the amino acid in the diet may be limited. The objective of this study was to evaluate the addition of crystalline Arg on productive parameters of suckling and weaned pigs, in 3 experiments. In Exp. 1, 36 suckling piglets (1-21 d), were randomly assigned to one of three treatments consisted in the addition of 0, 1 and 2 % of Arg. In Exp. 2, 36 weaned piglets (14-49 d) received the same treatments. And in Exp. 3, suckling piglets were fed 0, 0.25% and 0.5% of Arg additions. Daily feed intake (DFI), advantage daily gain (ADG), feed conversion (FC) and plasma urea concentration (PUC) were the variables evaluated. In Exp. 1, the final weight of control piglets was 8.525 Kg; piglets with 1% Arg, 6.646 Kg; and with 2% Arg, 5.814 Kg ($P<0001$). In Exp. 2, at third week, ADG in piglets with 1% Arg was better (140 g/d) than 2% (72 g/d); control piglets: 113 g/d ($P<0.024$). In Exp. 3, at week two of age, control group had minor (203 g) ADG ($P<0.039$) than 0.5% group (268 g), and this group was better than 0.25% group (214 g). There was a tendency at day 14, to have lower PUC (3.17 mmol/L) in 0.5% group, and higher (5.86 mmol/L) in control group. These results suggest that Arg improves ADG in the second week of age pigs, however more studies are needed to further evaluated the role of this amino acid in the growth of young pigs.

Key words: **arginine, piglet, wean, suckling.**

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
Crecimiento del lechón	3
Fisiología del crecimiento	6
Alimentación del lechón	6
Aminoácidos en dietas para lechones	8
Arginina	9
Requerimiento de arginina en lechones	11
OBJETIVO	13
HIPÓTESIS	14
MATERIAL Y MÉTODOS	15
Experimento 1	16
Experimento 2	20
Experimento 3	23
RESULTADOS	27
Experimento 1	27
Experimento 2	28
Experimento 3	29
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	30
REFERENCIAS	33
ANEXOS	41
Anexo A	41
Anexo B	44
Anexo C	52

LISTA DE CUADROS

- CUADRO 1. Efecto de la administración de L-Arg sobre el **peso** de lechones (0 a 21 días de edad).
- CUADRO 2. Efecto de la administración de L-Arg sobre la **ganancia diaria de peso** de lechones (0 a 21 días de edad).
- CUADRO 3. Efecto de la inclusión de L-Arg en la dieta sobre el **peso** de cerdos recién destetados (14 a 49 días de edad).
- CUADRO 4. Efecto de la inclusión de L-Arg en la dieta sobre la **ganancia diaria de peso** en cerdos recién destetados (14 a 49 días de edad).
- CUADRO 5. Efecto de la inclusión de L-Arg en la dieta sobre el **consumo diario de alimento** en cerdos recién destetados (14 a 49 días de edad).
- CUADRO 6. Efecto de la inclusión de L-Arg en la dieta sobre la **conversión alimenticia** en cerdos recién destetados (14 a 49 días de edad).
- CUADRO 7. Efecto de la inclusión de L-Arg en la dieta sobre el **peso** de lechones (0 a 14 días de edad).
- CUADRO 8. Efecto de la inclusión de L-Arg en la dieta sobre la **ganancia diaria de peso** de lechones (0 a 14 días de edad).
- CUADRO 9. Efecto de la inclusión de L-Arg en la dieta sobre la **concentración de urea en plasma** de lechones (0 a 14 días de edad).

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1. Efecto de la administración de L-Arg sobre el **peso** de lechones (0 a 21 días de edad).
- FIGURA 2. Efecto de la administración de L-Arg sobre la **ganancia diaria de peso** de lechones (0 a 21 días de edad).
- FIGURA 3. Efecto de la inclusión de L-Arg en la dieta sobre el **peso** de cerdos recién destetados (14 a 49 días de edad).
- FIGURA 4. Efecto de la inclusión de L-Arg en la dieta sobre la **ganancia diaria de peso** en cerdos recién destetados (14 a 49 días de edad).
- FIGURA 5. Efecto de la inclusión de L-Arg en la dieta sobre el **consumo diario de alimento** en cerdos recién destetados (14 a 49 días de edad).
- FIGURA 6. Efecto de la inclusión de L-Arg en la dieta sobre la **conversión alimenticia** en cerdos recién destetados (14 a 49 días de edad).
- FIGURA 7. Efecto de la inclusión de L-Arg en la dieta sobre el **peso** de lechones (0 a 14 días de edad).
- FIGURA 8. Efecto de la inclusión de L-Arg en la dieta sobre la **ganancia diaria de peso** de lechones (0 a 14 días de edad).
- FIGURA 9. Efecto de la inclusión de L-Arg en la dieta sobre la **concentración de urea en plasma** de lechones (0 a 14 días de edad).

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la industria pecuaria tiene el compromiso de elevar su producción con mayor eficiencia, ya que la alimentación es la primera necesidad que debe satisfacer diariamente el ser humano. Una dieta adecuada combina varias fuentes de nutrientes; entre ellos, las proteínas de origen vegetal tienden a ser deficientes en uno o más aminoácidos esenciales y son llamadas “proteínas incompletas”; de manera contraria, las de origen animal (carnes, pescado, huevo, leche y sus derivados) proveen los aminoácidos esenciales en cantidades adecuadas y por esta razón son consideradas “completas”.

La producción de carne de cerdo, la de mayor consumo en el mundo, depende de una industria global que ha evolucionado hacia una actividad empresarial, donde se han modificado los sistemas de manejo y alimentación, aplicados en granjas donde se tienen cerdos mejorados genéticamente, criados de manera intensiva para aumentar la producción de carne magra y disminuir el porcentaje de grasa en la canal. Actualmente, la actividad porcina está presionada por el cumplimiento de metas productivas en determinado tiempo, de esta manera, se le exige a una cerda, tener un parto cada 20 semanas, y destetar un promedio de 10 a 11 lechones por ciclo reproductivo, al mismo tiempo hoy es posible llevar al rastro a un cerdo de 150 días de edad con un peso vivo aproximado de 100 Kg. El cumplimiento eficiente de este último parámetro depende en gran medida de un rápido crecimiento del animal, dado por una reducción en el número de días necesarios para alcanzar el mercado, disminuyendo así, los costos asociados con su producción. Es decir, si un lechón incrementa su productividad desde una edad temprana, mayor será la velocidad de desarrollo del animal.

El gran reto de la nutrición, es ofrecer al cerdito los nutrientes biodisponibles necesarios para lograr un adecuado crecimiento durante estas primeras semanas, que son cruciales para su futuro desempeño. Una dieta preiniciadora de alta calidad es importante para permitir la transición de la leche de cerda altamente

digestible a un alimento sólido basado en granos de baja digestibilidad. El método actual para mejorar el crecimiento de cerdos recién destetados consiste en ofrecerles fórmulas caras, con buena biodisponibilidad de nutrientes, que contienen leche y proteínas plasmáticas. Una dieta que ayude a acortar el tiempo requerido para que el cerdo se adapte a los alimentos posdestete será benéfica para el animal y para el poricultor. Un tracto digestivo mejor desarrollado durante el destete podría reducir los problemas de salud y crecimiento para el cerdo. Para lograr este objetivo, las investigaciones actuales están enfocadas al uso de estrategias de alimentación por fases, dietas líquidas, ingredientes lácteos, proteína de plasma animal, aminoácidos cristalinos, etc. Dentro de estos últimos, en el pasado inmediato los únicos disponibles en el mercado para la alimentación animal, eran la lisina, metionina, triptófano y treonina.

Recientemente, la introducción de la L-arginina cristalina plantea un uso eficiente en la forma de nutrir a cerdos (y otros monogástricos), incrementando así, la ganancia de peso y la velocidad de crecimiento. Si los ingredientes del alimento ofrecido a los lechones (preiniciador) contienen arginina, pero no se producen suficientes enzimas para el proceso de digestión durante los primeros días de vida o después del destete, entonces su absorción es limitada, por esto es necesario suplementar L-arginina sintética para que exista la posibilidad de que el intestino delgado se recupere en forma más rápida que lo normal. Actualmente, no existen datos definitivos sobre el requerimiento de L-arginina en las primeras etapas de vida. Los estudios llevados a cabo sobre el tema coinciden en la mayoría de los casos, en la importancia de este aminoácido en diversas funciones metabólicas y productivas, sin embargo, es necesaria una evaluación directa de dicho efecto. La finalidad del presente trabajo es, por lo tanto, determinar el papel de la L-arginina sobre los parámetros productivos del cerdo durante sus primeras etapas de vida, lactancia y destete, y establecer evidencias sobre el requerimiento de este aminoácido durante dichas etapas.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Crecimiento del lechón

Durante las primeras semanas de vida del cerdo, su crecimiento se ve afectado por un sistema de manejo que es el destete precoz, cuya instrumentación ha sido uno de los adelantos que ha experimentado la porcicultura; que consiste en la separación de la madre a edades tempranas del lechón (Clark, 1997). Este manejo, en teoría, debería subsanar rápidamente el aporte de nutrimentos que no satisface la leche materna (Wu y Knabe, 1994), por esta razón en el destete, los cerdos son alimentados con dietas que contienen una elevada concentración de nutrimentos (alimentos preiniciadores). En este momento tan delicado en la etapa productiva del cerdo, se debe poner especial atención y cuidado en algunos puntos de gran trascendencia en el manejo, involucrados en amortiguar los factores estresantes que se presentan con el destete temprano como falta de leche materna y contacto con la cerda, cambio de hábitat, establecimiento de nuevas jerarquías, y cambio de una dieta líquida a una sólida (Worobeck, 1999). El cerdo, a diferencia de otras especies domésticas, carece de un mecanismo de crecimiento compensatorio (ganancia de peso acelerada hasta alcanzar el peso normal, después de periodos prolongados de desnutrición), por lo que una desaceleración en la ganancia de peso por cualquier causa (mala nutrición, enfermedad etc.), y en cualquier etapa, no será compensada por una ganancia mayor en etapas posteriores (Chiba *et al.*, 1999; Whang *et al.*, 2000; Kim *et al.*, 2001). Una gran cantidad de investigaciones se han enfocado al área nutricional, con el propósito de evitar o disminuir la caída en el crecimiento al inicio del destete, logrando así, expresar el potencial de las modernas líneas genéticas (Thacker, 1999). A este respecto, se ha demostrado que el peso de lechones al destete tiene un efecto significativo en el desempeño productivo subsecuente. Por ejemplo, Mahan *et al.* (1998) y Drum *et al.* (1998) demostraron que comparados con lechones pesados, lechones ligeros al destete tuvieron menor tasa de

crecimiento después del destete y requirieron mayor número de días para alcanzar el mismo peso al sacrificio.

Las mejoras a través de selección, prácticas de manejo y nutrición han resultado en parámetros altos en el desempeño posdestete, pero las tasas de crecimiento no han sido del todo aumentadas durante la fase de lactancia. El desarrollo durante la fase lactante de dos factores: la cantidad y el perfil de nutrientes secretados en leche por la cerda (Boyd *et al.*, 1995). Se sabe que el peso al destete está estrechamente relacionado con el peso al nacimiento (Wolter y Ellis, 2001) y la cantidad de leche de cerda consumida por el lechón durante la lactancia (Lewis *et al.*, 1978). Lo anterior reviste importancia ya que la variación de peso de lechones dentro de un grupo al destete puede afectar la productividad de sistemas de producción comercial de cerdo, particularmente los que implementan manejo todo dentro – todo fuera. Hoy es posible lograr en las primeras semanas después del destete, (normalmente <21 días de vida), ganancias de peso similares a las obtenidas durante la lactancia ($\approx 220\text{g/día}$); sin embargo, el potencial genético de crecimiento (medido a través de alimentación forzada), puede alcanzar hasta los 400 g/día (Dunshea *et al.*, 2000).

Los resultados observados de estudios de crianza artificial (Harrell *et al.*, 1993) demuestran el potencial de los cerdos neonatos. Debido a las bajas propiedades de manejo de las grasas, las dietas líquidas fabricadas no contienen la alta proporción de calorías provenientes de grasa como en la leche de cerda. Esto sugiere que el perfil de nutrientes secretados en la leche no es adecuado para alcanzar el potencial máximo de crecimiento. Esta hipótesis es sostenida en experimentos de ganancia de peso (Auldist *et al.*, 1997) elaborados con lechoncitos donde las máximas ganancias de peso se dieron cuando la proporción lisina:energía fue mayor que la presente en la leche de cerda. Estos datos sugieren que alterar la composición de la secreción láctea incrementando los aminoácidos relacionados con la concentración de energía podría mejorar el desempeño en el crecimiento de los lechones.

En estudios realizados por Wu *et al.* (2000) observaron que la leche materna empieza a ser nutricionalmente deficiente, para satisfacer los requerimientos del lechón, a partir de los 7 días de edad. Sin embargo en explotaciones comerciales, la velocidad de crecimiento durante este periodo, en el mejor de los casos, apenas igualan las obtenidas a través de la leche materna, y en la mayoría de las veces se observan ganancias de alrededor de 80 a 100 g/día, en los primeros 14 días posdestete (Ball, 2000). Este periodo de crecimiento reducido, como se mencionó anteriormente, no puede ser recuperado, y existen evidencias que indican que hasta 6 días adicionales en el caso de machos, y de 10 a 12 en el de hembras son requeridos para alcanzar su peso de venta a mercado (Kim *et al.*, 2001).

Existen otros factores relacionados con la endocrinología de la cerda, que influyen en su metabolismo, en el comportamiento materno y en el crecimiento del lechón. Un alto nivel basal de oxitocina en la sangre de la hembra está relacionada a un crecimiento elevado del cerdito; entonces, esta hormona no sólo actúa como un detonante de la eyección de leche, también participa en el aumento de la movilización de reservas corporales y producción de leche, implicando una tasa más alta de crecimiento del lactante (Valros *et al.*, 2004). En cuanto al comportamiento materno, una frecuencia alta de amamantamiento está relacionada a una tasa elevada de crecimiento del cerdito (Valros *et al.*, 2003). También se toma en cuenta que el factor intercambio de lechones entre camadas, influye en el crecimiento, datos observados por Whelan y Willis (2002) sugieren que los neonatos pueden ser donados a otra camada hasta 48 horas de edad sin efectos que afecten negativamente el desarrollo de los mismos; los resultados demuestran que los lactantes donados se desempeñan igual o mejor que los de sus camadas originales; no hay diferencia significativa en peso al destete o tasa de crecimiento entre lechones donados y los de su camada.

Fisiología del crecimiento

El crecimiento de un lechón está regulado por factores genéticos, hormonales, nutricionales, entre otros. El factor genético en las últimas décadas ha mejorado notablemente, de manera que en la actualidad se tienen cerdos con una mayor velocidad de crecimiento, mejor conversión alimenticia y mayor porcentaje de tejido magro. En cuanto a los factores hormonales relacionados con el crecimiento, la somatotropina (hormona del crecimiento) tiene el rol más importante relacionado con este aspecto, su secreción se da por la adenohipófisis que a su vez está regulada por el hipotálamo. Esta hormona está involucrada en la síntesis protéica, crecimiento tisular e incremento de la lipólisis, entre otras funciones. (Flint, *et al.*, 1996). Dentro de las hormonas tiroideas, la tiroxina incrementa la tasa metabólica, el crecimiento y desarrollo de la mayoría de las células del organismo. Además de éstas, el factor de crecimiento similar a insulina (somatomedina) estimula la proliferación de cartilago y tiene efecto sobre el crecimiento de los huesos largos. Esta hormona a su vez requiere de otra (insulina) y de un consumo adecuado de energía (Le Roith, 1997).

Sin duda, el aporte de nutrientes en cantidades adecuadas al organismo, es el factor más importante para el crecimiento y desarrollo de los organismos vivos. La nutrición en el cerdo, también ha mostrado interesantes avances, y en el lechón en la actualidad se cuenta con ingredientes altamente digestibles y adaptados al perfil enzimático del tracto gastrointestinal del animal. Estos ingredientes, combinados con un buen manejo alimenticio, promueven el crecimiento del cerdo de corta edad.

Alimentación del lechón

Los primeros días posteriores al destete están asociados a una baja o nula ganancia de peso y presencia de diarreas, por lo que es importante ofrecer a los animales una dieta que se adecue al perfil enzimático de su tracto gastrointestinal, que permita lograr la máxima ganancia diaria de peso. Las dietas utilizadas llamadas preiniciadoras, empleadas ampliamente en los destetes precoces, tienen

por característica utilizar una mayor variedad de ingredientes, por lo que también reciben el nombre de dietas complejas. Éstas utilizan ingredientes que regularmente son de alta digestibilidad y alto costo, pero que favorecen mejores ganancias de peso, consumos de alimento y eficiencia alimenticia, principalmente en el periodo inmediato al destete, pudiendo alterar o no la composición corporal al finalizar la engorda de los animales (Tokach, 1995; Dritz, 1996). El bajo rendimiento posdestete puede ser resultado del bajo consumo del cerdo recién destetado (Ball, 2000), y muy posiblemente, de una baja digestibilidad de los principales aminoácidos contenidos en la dieta (Jiang *et al.*, 2000). En este sentido, además de los aminoácidos (lisina, metionina, treonina y triptófano) que limitan el crecimiento del cerdo (Baker 1994), recientemente, se ha determinado que en cerdos jóvenes (< 70 días de edad) (Wu *et al.* 1997), la L-arginina (arginina), representa un aminoácido esencial para el desarrollo óptimo del animal durante esta etapa. La arginina es considerada un aminoácido no esencial en el cerdo. Sin embargo, estudios más detallados han revelado un marcado periodo de esencialidad (demanda superior a la producción), en varias especies. Guilhermet, (1996), observó que la inclusión de arginina en las dietas de la mayoría de los mamíferos domésticos en crecimiento, incrementaba la retención de nitrógeno; indicador consistente con crecimiento corporal. En especies no mamíferas (pollo de engorda), se ha reportado que una dieta deficiente en arginina en las etapas iniciales, reduce la ganancia de peso corporal así como de los órganos linfoides (timo, bazo y bolsa de Fabricio), sugiriendo también una relación entre la arginina y el sistema inmunológico (Kwak *et al.*, 1999). Similarmente, en cerdos destetados precozmente (14 días de edad), y suplementados con plasma porcino (elevada concentración y disponibilidad de arginina), se observaron ganancias del 16% en masa muscular y de 23% en ganancia diaria de peso, respecto a sus contrapartes alimentados con una dieta carente de este ingrediente (Jiang *et al.*, 2000). Estos mismos investigadores reportaron que al adicionar arginina a las dietas del grupo control (no plasma porcino), la ganancia y deposición muscular fueron similares que con este subproducto animal.

Similarmente, durante la lactancia, la ineficiencia de la leche materna para generar tasas óptimas de crecimiento en el lechón, parece deberse a la baja concentración de arginina en relación a la cantidad requerida por el lechón. No obstante que la leche de la cerda es un excelente alimento para el cerdo recién nacido, por estar perfectamente adaptado el sistema digestivo para digerir y absorber todos los nutrientes que ésta aporta, es a partir del día 10 de lactancia en promedio, que la cantidad de nutrientes en la leche son insuficientes (Cranwell, 1995) para expresar todo el potencial de crecimiento magro de las nuevas líneas genéticas, a causa de la baja cantidad de materia seca (cerca de 20 %). El contenido de este aminoácido en la leche de la cerda es de $\approx 1.37\%$ en materia seca, con una digestibilidad que oscila entre el 90 y 92 % (Mavromichalis *et al.* 2001). Sin embargo, cuando la concentración de aminoácidos digestibles en la leche de cerda se expresa en proporción de lisina digestible, los niveles de treonina, triptófano y arginina fueron menores que los considerados óptimos para la máxima deposición de proteína (NRC, 1998). En concordancia con estos autores, Wu *et al.* (2000), concluyó que en el cerdo, la leche materna provee menos del 40 % del requerimiento diario de arginina a partir del séptimo día de edad, sugiriendo que al menos durante esta etapa, la arginina es el principal aminoácido limitante en la leche de cerda. O'Quinn *et al.* (2002), concluyeron que un incremento de L-Arg en la dieta de la cerda lactante no aumentó la concentración del aminoácido en leche.

Aminoácidos en dietas para lechones

El uso aminoácidos cristalinos, en la actualidad, representa una sección de suma importancia en la elaboración de dietas que permiten un mejor crecimiento de los cerdos, entre aquellos que limitan dicho crecimiento si no se aportan en cantidades adecuadas a los cerdos (aminoácidos esenciales) se encuentran: lisina, treonina, metionina, triptofano, arginina, fenilalanina, isoleucina, leucina, valina e histidina; algunos se tienen disponibles en el mercado y se deben incluir en la ración con el fin de proveer la cantidad diaria requerida por el animal para mantenimiento y producción. Otros aminoácidos pueden ser sintetizados en el

organismo a partir de los carbonos y grupos amino de algunos, y son considerados no esenciales, como prolina (Chung y Baker, 1993), citrulina, cisteína, la cual puede ser sintetizada a partir de metionina (Chung y Baker, 1992); entre otros. Sin embargo, también existen aminoácidos que se consideran esenciales sólo en ciertas etapas de producción del cerdo, como valina durante la lactancia, glutamina en estados de estrés o arginina en animales jóvenes.

Arginina

En diversos estudios se ha observado que dentro de las funciones que la L-Arg desempeña en el organismo están: participación en la síntesis de proteína, excreción de nitrógeno a través del ciclo de la urea, estimula varias hormonas involucradas en el crecimiento, soporte de la función del intestino (Cynober *et al.*, 1995) y sustrato para la síntesis de óxido nítrico (Moncada y Higgs, 1993; Wu y Morris, 1998).

Se ha demostrado que el intestino delgado es un sitio importante de síntesis de arginina (Stoll *et al.* 1998, Wu *et al.* 1994), a partir de prolina, ornitina y/o citrulina que provienen del ciclo de la urea (Wu, *et al.*, 1994; Wu, 1997; Brunton, *et al.* 1999), aunque la cantidad sintetizada no es la adecuada para alcanzar los requerimientos durante las primeras etapas de crecimiento.

En el cerdo adulto, la homeostasia de la arginina se logra a través de la dieta y la síntesis endógena, en el aparato digestivo, hígado y riñón, a partir de la glutamina, la cual es convertida en los precursores principales de la arginina: citrulina, ornitina, prolina, y glutamina/glutamato (Wu *et al.*, 1997; Wu, 1998). Sin embargo, en el cerdo neonato, lactante y recién destetado, así como en cerdos de todas las edades, enfermos y/o estresados, la síntesis endógena esta muy limitada, ya que o no se cuenta con la maquinaria enzimática necesaria para metabolizar a la glutamina, o esta no puede satisfacer las demandas del animal en cualquiera de estas etapas no ordinarias (Visek, 1985; Wu *et al.* 2000). Las enzimas necesarias para la síntesis de arginina son: glutaminasa, pirrolin-5-carboxilato (P5C) sintasa, ornitina aminotransferasa (OAT), carbamoil fosfato sintasa I (CPS-I), ornitina

carbamoiltransferasa (OCT), arginosuccinato sintasa (ASS) y arginosuccinato liasa (ASL). La P5C sintetasa se encuentra casi exclusivamente en enterocitos, por lo cual, el intestino delgado es el principal órgano productor de arginina a partir de glutamina arterial y glutamato o glutamina de la dieta (Wu *et al.*, 1997), sin embargo, el hígado y riñón también son capaces de sintetizar el multicitado aminoácido (Wu, 1997; Cynober *et al.*, 1995). En el riñón e hígado, la arginina se sintetiza a partir de citrulina mediante la ASS teniendo como producto intermediario a la argininasuccinato (Dhanakoti *et al.* 1990, Wu, 1997).

La presencia de arginina en las proteínas representa aproximadamente un 4.7 % del total de aminoácidos; en su estructura tiene un grupo guanidino cargado positivamente. En el ciclo de la urea es formada a partir de la adición de un grupo amino a la citrulina (Blachier *et al.*, 1991), posteriormente es hidrolizada dando urea y ornitina con la participación de la enzima arginasa. En el periodo de lactancia la actividad de ésta es muy baja, esto limita la degradación de arginina, pero en el momento del destete hay un aumento de la actividad de la enzima. (Wu y Knabe, 1995).

El esqueleto carbonado de la arginina entra al ciclo de Krebs vía α -cetoglutarato, ya que contiene cinco carbonos adyacentes y un sexto carbono unido a través de un átomo de nitrógeno; entonces se convierte en el esqueleto pentacarbonado de la ornitina en el ciclo de la urea, mientras que ésta se transamina a glutamato semialdehído. La síntesis se da a partir del glutamato a través de la ornitina y el ciclo de la urea. La mayor parte de la arginina que se forma en los mamíferos se rompe para formar urea, un proceso que reduce la arginina disponible y la convierte en un aminoácido esencial para los animales jóvenes, que precisan cantidades elevadas de aminoácidos para el crecimiento.

En enterocitos de cerdo, el metabolismo de glutamina provee glutamato, amonio, aspartato, y ATP para la conversión de prolina a citrulina y arginina (Wu, *et al.*, 1994; Wu, *et al.*, 1996; Wu, 1998). Se cree que la conversión de glutamato a L- Δ^1 -pirrolina-5-carboxilato (P-5-C) está limitada al intestino delgado y el timo, porque la P-5-C sintasa se encontró exclusivamente en estos tejidos; además su actividad

es baja durante el periodo de lactancia. (Blachier, *et al.*, 1993; Wu y Knabe, 1995; Flynn, *et al.*, 1996; Dillon, *et al.*, 1999).

Por otro lado, es importante la capacidad de desarrollo posdestete del intestino delgado, específicamente del enterocito, para llegar a realizar su función. En un estudio, Ewtushik *et al.* (2000) indicaron que la suplementación de glutamato y arginina puede mejorar el desarrollo intestinal del lechón en destete temprano, porque encontraron vellosidades más largas en el duodeno comparadas con la dieta control.

Requerimiento de arginina en lechones

Hay controversia en cuanto a la dosis a utilizar, el NRC recomienda 0.59 % (1.5 g/día) y 0.54 % (2.7 g/día) de arginina en base al total de la dieta para lechones de 3 a 5 Kg y de 5 a 10 Kg respectivamente, pero Ball (2000), menciona que al dar el doble de lo recomendado por NRC, el lechón sintetiza la misma cantidad de arginina, por lo cual sugiere que la dosis recomendada sea de cuatro veces lo mencionado por el NRC.

Flynn *et al.* (2000) indican la importancia de L-Arg como un aminoácido esencial para lechones y su gran potencial para aumentar el crecimiento del neonato. Trabajos de la Universidad de Texas A&M (Wu *et al.*, 2000; Flynn *et al.*, 2000) han sugerido que la arginina puede ser el principal aminoácido limitante en la leche de cerda. El contenido de arginina con respecto a lisina es de 64.3 %, con esta relación arginina:lisina, la duda es si los lechones pueden sintetizar suficiente arginina en el riñón para reparar la deficiencia aparente de la misma en la leche de cerda.

Liebold (1982) reportó incrementos en la ganancia de peso en lechones destetados a 3 – 4 días de edad, alimentados con una dieta de leche deshidratada que contenía 0.75% de arginina y fue suplementada con 0.2 y 0.4 % de L-arginina. Los resultados sugieren que un incremento en la provisión de arginina puede ayudar a aumentar el crecimiento del lechón. En 1983, Southern y Baker

concluyeron que el requerimiento de L-Arg para cerdos recién destetados era de 0.48 %.

Dentro de los aminoácidos, comúnmente se utiliza lisina, metionina, y treonina en la elaboración de dietas preiniciadoras, y se ha estudiado la participación de otros como glutamina, prolina, citrulina y arginina (Ewtushik *et al.*, 2000; Wu *et al.*, 1996), la última es considerada un aminoácido esencial en el lechón debido a una biosíntesis inadecuada (Ball *et al.*, 1986; Wu *et al.*, 1994) y no esencial en el cerdo adulto.

Flynn *et al.*, (2000), encontraron una disminución de arginina en plasma con el incremento de la edad en lechones de 7 a 21 días de edad, esto lo explican por la baja en la síntesis en intestino a partir de glutamina y prolina (Wu y Knabe, 1995; Wu, 1997), basándose en el concepto actual de que el intestino delgado es la mayor fuente de citrulina para la síntesis endógena de arginina (Wu y Morris, 1995).

Este cúmulo de evidencias sobre la esencialidad de la arginina en etapas y condiciones específicas del cerdo y otras especies (incluyendo seres humanos), han resultado en la necesidad de acuñar un nuevo término para la clasificación de los aminoácidos que abarque a aquellos que aunque no esenciales en la mayor parte de la vida del animal, son indispensables en condiciones muy específicas. Dicha clasificación se propone como aminoácidos condicionalmente esenciales. Actualmente, no existen datos definitivos sobre el requerimiento de L-arginina en las primeras etapas de vida. Los estudios llevados a cabo sobre el tema coinciden en la mayoría de los casos, en la importancia de este aminoácido en diversas funciones metabólicas y productivas, sin embargo, es necesaria una evaluación directa de dicho efecto.

OBJETIVO

Determinar el efecto de la adición de L-arginina sintética a las dietas preiniciadoras sobre la ganancia diaria de peso, consumo diario de alimento, conversión alimenticia y concentración de urea en plasma; en lechones lactantes y recién destetados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Determinar el efecto de la administración de 1 y 2% de L-Arg cristalina sobre el peso y la ganancia diaria de peso de cerdos lactantes de 1 a 21 d de edad.
2. Determinar el efecto de la administración de 1 y 2% de L-Arg cristalina sobre el peso, la ganancia diaria de peso, el consumo diario de alimento y la conversión alimenticia de cerdos recién destetados de 14 a 49 d de edad.
3. Determinar el efecto de la administración de 0.25 y 0.5 % de L-Arg cristalina sobre el peso, la ganancia diaria de peso y la concentración de urea en plasma de cerdos lactantes de 1 a 14 d de edad.

HIPÓTESIS

La suplementación de la dieta preiniciadora con L-Arginina cristalina mejorará los parámetros productivos de los lechones comparada con animales que reciban una dieta preiniciadora sin suplementar, así mismo, los lechones que reciban el doble del requerimiento del aminoácido recomendado por el NRC (1998), tendrán mejores parámetros productivos que los animales que reciban dosis por abajo de lo recomendado. Al mismo tiempo, la concentración de urea en plasma de los lechones que reciban el aminoácido, será menor comparada con los lechones que no lo reciban.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo consistió en tres experimentos:

Sobre la base de la información obtenida en la revisión bibliográfica, se tomó la decisión de llevar a cabo un primer experimento en la etapa de lactancia, aplicando dosis de L-Arginina mayores a las recomendadas por el NRC, en este caso 1 y 2 %, más un grupo control, al que no se le administró el aminoácido.

El segundo experimento consistió en la inclusión de diferentes niveles de L-Arginina cristalina en las dietas preiniciadoras de lechones recién destetados, con una edad de 14 días al destete.

Al analizar los resultados obtenidos en los experimentos anteriores, se decidió realizar un tercer experimento en la etapa de lactancia, aplicando dosis de L-Arginina de 0.25 y 0.5 %, más un grupo control, al que no se le administró el aminoácido. En el cual, además de las variables analizadas en el experimento 1, se incluyó la medición de la concentración de urea en plasma.

EXPERIMENTO 1

Localización

El presente estudio se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM., ubicado en Jilotepec, Estado de México.

Alojamiento

El experimento se realizó en una sala de maternidad que cuenta con jaulas individuales para parición y lactancia, con piso elevado de rejilla plastificado y lechonera al frente de la jaula , equipada con un foco de 200 watts como fuente de calor.

Animales

Para el presente estudio se utilizaron un total de treinta y seis lechones lactantes híbridos (PIC326 x F1 Landrace-York), provenientes de seis cerdas que se encontraban entre el segundo y el cuarto parto; procurando utilizar seis lechones por cada cerda. Asignando al azar uno de tres tratamientos a dos cerdos de cada camada, de manera que en cada una de las camadas estuvieran presentes los tres tratamientos.

Tratamientos

Los seis lechones elegidos en cada camada fueron asignados al azar a uno de tres tratamientos: 1) Lactancia natural (T1), el cual consistió en mantener a los lechones con alimentación materna (leche) sin la suplementación con otra fuente que no fuera leche; 2) Lactancia natural + 1% de L-arginina sintética (T2), el cual consistió en mantener a los lechones lactando con la cerda, dando oralmente una vez al día con una jeringa un 1% de arginina sintética, la cual fue calculada a partir del consumo total de leche por día; y 3) Lactancia natural + 2% de L-arginina

sintética (T3), el cual consistió en mantener a los lechones lactando con la cerda, dando oralmente, la cual fue calculada a partir del consumo total de leche por día.

Manejo experimental

El manejo que recibieron las cerdas experimentales, fue el manejo de rutina de la granja antes, durante y después del parto. Una semana antes del mismo, individualmente las cerdas fueron bañadas, pesadas y desparasitadas, mediante la administración subcutánea de ivermectina e ingresaron a la sala de maternidad previamente desinfectada. Durante el momento del parto se encendió la fuente de calor, e inmediatamente después del nacimiento, a cada lechón se le limpio completamente con toallas de papel desechables, el cordón umbilical fue ligado, cortado y desinfectado con azul de metileno; y se midió el peso al nacimiento con una báscula electrónica (IQ plus 390 DC).

Una vez determinados los seis lechones por camada que participarían en el experimento (por homogeneidad de peso), se procedió a donar al resto de los lechones a otras cerdas recién paridas cuyas camadas no formarían parte del trabajo. El peso de los lechones se midió diariamente para así calcular la cantidad del aminoácido a adicionar con base en la cantidad de leche consumida en el día anterior, de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\text{Ganancia Diaria de Peso} = \text{Peso del día actual} - \text{Peso del día anterior}$$

Diariamente se registró el peso de cada lechón para poder calcular la ganancia de peso con respecto al día anterior mediante la sustracción del peso registrado el día anterior.

$$\text{Leche consumida} = \text{Ganancia Diaria de Peso (g)} \times 4.5$$

La cantidad de leche consumida por día se determinó multiplicando la ganancia diaria de peso por el factor 4.5 (Lewis *et al*, 1978)

$$\text{Sólidos consumidos} = \text{Leche consumida (g)} \times 0.185$$

Le leche de cerda contiene el 18.5 % de sólidos (McNamara y Pettigrew, 2002), es por esto que para obtener la cantidad de sólidos consumidos en un día por cada lechón, se multiplicó la cantidad de leche consumida por el factor 0.185

$$\text{Arginina a administrar} = \text{sólidos consumidos} \times 0.01 \text{ (o } 0.02 \text{ según el tratamiento en el que se encuentre el lechón)}$$

Una vez obtenida la cantidad de sólidos consumidos en un día por cada lechón, se calculó el 1 ó 2 % de L-Arg que se administró de acuerdo al tratamiento al que pertenecía, multiplicando por el factor 0.01 ó 0.02 según fue el caso.

El suplemento correspondiente de L-arginina sintética se proporcionó en forma oral una sola vez al día, de acuerdo al tratamiento asignado al azar.

Variables

La variable de respuesta evaluada fue Ganancia Diaria de Peso, la cual fue medida pesando individualmente a cada lechón con una báscula digital, al peso obtenido en ese momento se le restó el peso obtenido el día anterior y la diferencia fue la variable a analizar.

Duración

El experimento inició el día 1 de edad y terminó en el momento del destete, es decir, a los 21 días de edad.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar. La unidad experimental fue el lechón.

Modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{(i)j}$$

Donde:

μ = media poblacional

t_i = efecto del i 'ésimo tratamiento $1 < j < 3$

$e_{(i)j}$ = error experimental

Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos fueron analizados por ANOVA y la diferencia entre medias fue determinada por la prueba de Duncan utilizando el paquete estadístico SAS.

EXPERIMENTO 2

Localización

Se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM., ubicado en Jilotepec, Méx.

Alojamiento

Se utilizó una sala de crianza cuenta con 12 jaulas de 1.5 x 1.5 m cada una, con piso de rejilla elevado, las fuentes de calor usadas fueron criadoras de campana que utilizan gas como combustible, comederos de tolva para lechones de seis bocas y un bebedero de chupón en cada corral.

Animales

Se realizó una prueba de comportamiento, en la etapa de crianza con treinta y seis lechones híbridos (PIC 326 X F1 Landrace-York), destetados a los 14 días de edad.

Tratamientos

Los lechones recibieron las dietas de preiniciación e iniciación utilizadas en la granja. Se aplicaron tres tratamientos experimentales (n = 4 lechones por jaula, 3 jaulas por tratamiento), los cuales consistieron en administrar la L-Arginina cristalina (Kyowa Hakko Kogyo Co., Ltd., Japón) mezclada en el alimento preiniciador (se administró de los 14 a los 35 días de edad) e iniciador (de los 36 a los 49 días de edad) a concentraciones de 1 y 2 %, más el grupo control (0 %), que no la recibió. Las dietas fueron isoenergéticas e isolisínicas y la fórmula de las mismas se encuentra en el anexo A, la dieta de preiniciación se ofreció del día 14 al 35 de edad, la de iniciación, del día 36 al 49 de edad.

T1 = Dieta control

T2 = Dieta control + L-arginina sintética (1 %)

T3 = Dieta control + L-arginina sintética (2 %)

Variables

Las variables de respuesta evaluadas fueron:

Ganancia diaria de peso.

Consumo diario de alimento.

Ganancia de peso / Consumo de alimento.

Manejo Experimental

El día del destete, en el cual inició el experimento, los lechones fueron pesados en la sala de maternidad, para posteriormente ser asignados al azar en los tratamientos correspondientes. Dos horas antes de introducirlos a la sala de destete, fueron encendidas las criadoras de gas, para elevar la temperatura ambiente y mantenerla en $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$. El traslado desde la sala de maternidad se realizó al mediodía, para aprovechar la el momento de máxima temperatura ambiental externa. Durante su estancia en esta sala, en los días 28, 35 y 42 de edad, todos los lechones recibieron una dosis de vacuna contra fiebre porcina clásica, bacterina contra *Actinobacillus pleuropneumoniae* y bacterina contra *Mycoplasma hyopneumoniae*, respectivamente; éste manejo lo recibían después de ser pesados. El consumo de alimento por corral se registró diariamente y el peso de los lechones se midió cada semana, cada día se evaluaba el estado de salud de los lechones y se revisaba la disponibilidad de agua en los tinacos de la sala. El alimento se ofreció bajo el sistema de alimentación poco y frecuente, cuatro veces al día.

Duración

El experimento tuvo una duración de cinco semanas, los lechones fueron pesados cada 7 días a la misma hora.

Diseño experimental

La etapa de destete se desarrolló bajo un diseño completamente al azar, donde la unidad experimental fue el lechón para peso y ganancia diaria de peso, y el corral (n = 4 lechones por corral) para consumo diario de alimento y conversión alimenticia, designándolos de manera que se eliminen los efectos de peso, sexo y camada.

Modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{(ij)}$$

Donde:

μ = media poblacional

t_i = efecto del i 'ésimo tratamiento $1 < j < 3$

$e_{(ij)}$ = error experimental

Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó usando el procedimiento GLM del SAS y la prueba de Duncan para determinar diferencias entre medias.

EXPERIMENTO 3

Localización

El presente estudio se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM., ubicado en Jilotepec, Estado de México.

Loa análisis de urea en plasma se llevaron a cabo en el Laboratorio de Patología Clínica de la Facultad citada.

Alojamiento

El experimento se realizó en una sala de maternidad que cuenta con jaulas individuales para parición y lactancia, con piso elevado de rejilla plastificado y lechonera al frente de la jaula , equipada con un foco de 200 watts como fuente de calor.

Animales

Para el presente estudio se utilizaron un total de cincuenta y cuatro lechones lactantes híbridos (PIC326 x F1 Landrace-York), provenientes de seis cerdas que se encontraban entre el segundo y el cuarto parto; procurando utilizar nueve lechones por cada cerda. Asignando al azar uno de tres tratamientos a tres cerdos de cada camada, de manera que en cada una de las camadas estuvieran presentes los tres tratamientos.

Tratamientos

Los nueve lechones de cada camada fueron asignados al azar a uno de tres tratamientos: 1) Lactancia natural (T1), el cual consistió en mantener a los lechones con alimentación materna (leche) sin la suplementación con otra fuente que no fuera leche; 2) Lactancia natural + 0.25 % de L-arginina sintética (T2), el cual consistió en mantener a los lechones lactando con la cerda, dando oralmente una vez al día con una jeringa un 0.25 % de arginina sintética, la cual fue

calculada a partir del consumo total de leche por día; y 3) Lactancia natural + 0.5 % de L-arginina sintética (T3), el cual consistió en mantener a los lechones lactando con la cerda, dando oralmente una vez al día con una jeringa un 0.5 % de arginina sintética diluido en 5ml de agua destilada, la cual fue calculada a partir del consumo total de leche por día.

Manejo experimental

El manejo que recibieron las cerdas experimentales, fue el manejo de rutina de la granja antes, durante y después del parto. Una semana antes del mismo, individualmente las cerdas fueron bañadas, pesadas y desparasitadas con ivermectina, e ingresaron a la sala de maternidad previamente desinfectada. Durante el momento del parto se encendió la fuente de calor, cada lechón fue atendido con los procedimientos de manejo de la granja descritos en el experimento 1 y se midió el peso al nacimiento con una báscula electrónica (IQ plus 390 DC).

Una vez determinados los nueve lechones por camada que participarían en el experimento (por homogeneidad de peso) se procedió a donar al resto de los lechones a otras camadas que no formarían parte del trabajo. El peso de los lechones se midió diariamente para así calcular la cantidad del aminoácido a adicionar con base en la cantidad de leche consumida en el día anterior, de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\text{Ganancia Diaria de Peso} = \text{Peso del día actual} - \text{Peso del día anterior}$$

Diariamente se registró el peso de cada lechón para poder calcular la ganancia de peso con respecto al día anterior mediante la sustracción del peso registrado el día anterior.

$$\text{Leche consumida} = \text{Ganancia Diaria de Peso (g)} \times 4.5$$

La cantidad de leche consumida por día se determinó multiplicando la ganancia diaria de peso por el factor 4.5

$$\text{Sólidos consumidos} = \text{Leche consumida (g)} \times 0.185$$

Le leche de cerda contiene el 18.5 % de sólidos, es por esto que para obtener la cantidad de sólidos consumidos en un día por cada lechón, se multiplicó la cantidad de leche consumida por el factor 0.185

$$\text{Arginina a administrar} = \text{sólidos consumidos} \times 0.0025 \text{ (o } 0.005 \text{ según el tratamiento en el que se encuentre el lechón)}$$

Una vez obtenida la cantidad de sólidos consumidos en un día por cada lechón, se calculó el 0.25 ó 0.5 % de L-Arg que se administró de acuerdo al tratamiento al que pertenecía, multiplicando por el factor 0.0025 ó 0.005 según fue el caso. El suplemento correspondiente de L-arginina sintética se proporcionó en forma oral una sola vez al día, de acuerdo al tratamiento asignado al azar.

A cada lechón se le obtuvo una muestra de sangre por punción en la vena yugular los días 1, 7 y 14 de edad, inmediatamente después de la obtención de las muestras, éstas fueron centrifugadas a 2500 rpm durante 10 minutos; una vez separado el suero, fue congelado a -10°C , para su posterior análisis en laboratorio.

Variables

Las variables de respuesta evaluadas fueron:

- Ganancia Diaria de Peso, la cual fue medida pesando individualmente a cada lechón con una báscula digital, al peso obtenido en ese momento se le restó el peso obtenido el día anterior y la diferencia fue la variable a analizar.
- Concentración de urea en plasma, obtenida por espectrofotometría.

Duración

El experimento inició el día 1 de edad y terminó en el momento del destete, es decir, a los 14 días de edad.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar. La unidad experimental fue el lechón.

Modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{(ij)}$$

Donde:

μ = media poblacional

t_i = efecto del i 'ésimo tratamiento $1 < i < 3$

$e_{(ij)}$ = error experimental

Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos fueron analizados por ANOVA y la diferencia entre medias fue determinada por la prueba de Duncan utilizando el paquete estadístico SAS.

RESULTADOS

EXPERIMENTO 1

El efecto de los tratamientos experimentales sobre las variables evaluadas se presentan en los cuadros y gráficas 1 y 2, los cuales se encuentran en los anexos B y C. El peso del día 1 en cada tratamiento fue de 1.97 Kg, 1.98 Kg y 1.93 Kg para el grupo control, el grupo que recibió 1% y el de 2 %, respectivamente. Posteriormente, en los lechones se observó una clara diferencia negativa en los grupos que recibieron L-Arginina, en los tres momentos de medición de peso, el grupo que no recibió el aminoácido superó significativamente ($P < 0.0001$) al grupo que recibió 1 %, y éste al mismo tiempo, fue mayor que el grupo con 2 %. El día 21 del experimento, momento en el que se realizó el destete, los lechones del grupo control pesaron en promedio 8.525 Kg; los del grupo de 1 % pesaron 6.646 Kg en promedio y los animales del grupo que recibió 2 % de L-Arg pesaron 5.814 Kg, con una clara diferencia significativa ($P < 0001$).

La ganancia diaria de peso reflejó los resultados anteriores, en la primer semana de vida los lechones del grupo control presentaron significativamente ($P < 0.0001$) mayor GDP (238 g/d) que los del grupo de 1 % (153 g/d); éstos a su vez superaron a los del grupo de 2 % (90 g/d). En las dos semanas siguientes el grupo control superó significativamente a los grupos que recibieron L-Arg, pero entre éstos últimos no existió diferencia significativa. Durante la última semana, los lechones del grupo que no recibió L-Arg alcanzaron una GDP de 353 g/d, mientras que los lechones con el aminoácido ganaron 252 g/d y 250 g/d, en los tratamientos 1 y 2 %, respectivamente.

EXPERIMENTO 2

El efecto de los tratamientos experimentales sobre las variables evaluadas se presentan en los cuadros y gráficas 3, 4, 5 y 6; los cuales se encuentran en los anexos B y C.

Peso

Sin existir diferencias significativas en todo el experimento, el peso inicial de los lechones al día 14 de edad fue de 4.70 Kg, 4.67 Kg y 4.80 Kg, para los grupos control, 1 % y 2 % respectivamente. En el peso del día 49, momento en que terminó el experimento, los lechones del grupo que recibió 1 % de L-Arg (12.77 Kg) pesaron 3.15 % más que los que no recibieron el aminoácido (12.38 Kg), y 6.5% más que el grupo con 2 % de L-Arg (11.94 Kg).

Ganancia Diaria de Peso

Durante las primeras dos semanas no existieron diferencias significativas entre tratamientos. En la semana tres ($P < 0.024$), los lechones del grupo que recibió 1% de L-Arg ganaron más peso (140 g/d) que los del grupo con 2 % (72 g/d); los lechones del grupo control ganaron 113 g/d, sin diferencia estadística significativa con los otros grupos. En las semanas 4 y 5 del experimento, no se presentaron diferencias para este parámetro.

Consumo Diario de Alimento

Durante el experimento, se observó un mayor consumo (sin diferencia estadística significativa) en los lechones del grupo que recibió 1 % de L- Arg, comparado con los otros dos grupos; excepto en la semana dos, donde el grupo que no recibió el aminoácido consumió más que los grupos que fueron suplementados.

Conversión Alimenticia

Los resultados obtenidos en este parámetro no presentan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, en la tercer semana, donde el grupo de lechones que recibieron 1 % de L-Arg ganó más peso que el resto; la conversión alimenticia favoreció al grupo con 2 % del aminoácido (1.99) en un 25 % con respecto a los otros dos (2.49 y 2.48, para el grupo control y el de 1 %, respectivamente).

EXPERIMENTO 3

El efecto de los tratamientos experimentales sobre las variables evaluadas se presentan en los cuadros y gráficas 7, 8 y 9, los cuales se encuentran en los anexos B y C. El peso inicial promedio en los tres tratamientos fue de 1.71 Kg, el día del nacimiento; aunque no existieron diferencias significativas entre tratamientos durante la semana siguiente, a los catorce días de edad ($P < 0.040$) el grupo control (4.15 Kg) pesó menos que el grupo que recibió 0.5% de L- Arg (4.80 Kg), pero el grupo con 0.25% del aminoácido (4.43 Kg) no presentó diferencias significativas con los anteriores. Estos resultados se reflejaron en la ganancia diaria de peso, ya que en la segunda semana de edad, el grupo control (203 g) obtuvo una ganancia menor ($P < 0.039$) que el de 0.5% (268 g), el cual ganó más que el grupo con 0.25% (214 g).

En cuanto a la concentración de urea en plasma, sólo se observó una tendencia en el día 14, donde la menor concentración de urea (3.17 mmol/L) correspondió al grupo con mayor dosis de L-Arg (0.5 %), y la mayor concentración (5.86 mmol/L) la presentó el grupo sin suplementar.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el primer experimento en cuanto a peso y ganancia diaria de peso, se encuentran en el intervalo obtenido por otros investigadores en sus trabajos (Bikker, et al., 2004; Valros, et al., 2004; Zhou y Xin, 1999; Zijlstra, et al., 1996). Claramente se observa un efecto negativo de la administración de L-Arginina sobre la ganancia de peso de los lechones. Este aminoácido comparte con lisina el sistema de absorción por transporte activo para aminoácidos dibásicos (Grawe, et al., 2000) esto nos hace pensar en un efecto inhibitorio del crecimiento por disminución en la absorción de lisina, a consecuencia de la ocupación de los receptores por L-arginina, la cual se encontraba en exceso en el tracto digestivo, Edmonds, et al. (1987), observaron una disminución del 31 % en el crecimiento cuando administraron L-Arg en exceso en un 4 %, Southern y Baker (1982) también observaron una disminución de la ganancia diaria de peso y del consumo de alimento cuando administraron L-Arg en dosis de 0.67 a 2 %. En la etapa de lactancia, a pesar de la medición diaria de peso y el cálculo del consumo de leche para determinar la cantidad de L-Arg diaria por administrar, se especula que los lechones que recibieron el aminoácido sufrieron un mayor estrés que los del grupo control en el momento de administración oral del mismo, ya que les era difícil ingerir la L-Arg, y tenían que permanecer sujetos más tiempo que los del grupo control, los cuales solamente recibían agua destilada y la ingerían rápidamente. El cortisol liberado en situaciones de estrés tiene efectos negativos sobre el crecimiento. (Otten, et al., 2004, Wellock, et al., 2003; Morrison, et al., 2003)

Por otro lado, el bajo rendimiento posdestete puede ser resultado del bajo consumo del cerdo recién destetado (Ball, 2000), pero muy posiblemente, a una baja digestibilidad de los principales aminoácidos contenidos en la dieta (Jiang et al., 2000). En este sentido, además de los aminoácidos que limitan el crecimiento del cerdo (lisina, metionina, treonina y triptófano) (Baker, 1994), recientemente, se ha determinado que en cerdos jóvenes (< 70 días de edad) (Wu et al. 1997), la L-

arginina (arginina), representa un aminoácido esencial para el desarrollo óptimo del animal durante esta etapa. En el segundo experimento, durante la tercer semana después del destete se obtuvieron diferencias significativas en cuanto a ganancia diaria de peso en el grupo que recibió 1 % de arginina, comparado con el grupo de 2 %, estos datos sugieren que la conclusión de Ball, *et al.* (2000) de incrementar cuatro veces el requerimiento de Arg indicado en el NRC (0.54 %) posiblemente nos lleve a una disminución del crecimiento por competencia con lisina por el receptor; es necesario realizar otros trabajos con dosis diferentes, tal vez menores a 1 %. Lo interesante de estos resultados es que ese aumento en la tercer semana se puede deber a la rápida recuperación de la integridad de las vellosidades intestinales en el grupo que recibió 1 % L-Arg; ya que durante la primer semana después del destete, el crecimiento se ve inhibido por este factor. Se ha demostrado que el intestino delgado es un sitio importante de síntesis de arginina (Stoll *et al.* 1998, Wu *et al.* 1994), la cual proviene de prolina, ornitina y/o citrulina en el ciclo de la urea (Brunton, *et al.* 1999), aunque la cantidad sintetizada no es la adecuada para alcanzar los requerimientos durante las primeras etapas de crecimiento. Esta afirmación está apoyada sobre la base de que en el cerdo neonato, lactante y recién destetado, así como en cerdos de todas las edades, enfermos y/o estresados, la síntesis endógena de arginina esta muy limitada, ya que o no se cuenta con la maquinaria enzimática necesaria para metabolizar a la glutamina, o esta no puede satisfacer las demandas del animal en cualquiera de estas etapas no ordinarias (Visek, 1985; Wu *et al.* 2000). La pirrolin-5-carboxilato (P5C) sintasa, se encuentra casi exclusivamente en enterocitos, por lo cual, el intestino delgado es el principal órgano productor de arginina a partir de glutamina arterial y glutamato o glutamina de la dieta (Wu *et al.*, 1997). Con base en lo expuesto anteriormente, hace falta plantear nuevos experimentos en diversas edades, con diferentes dosis del aminoácido para obtener una dosis adecuada de inclusión.

Los resultados obtenidos en el tercer experimento se acercan un poco a una dosis ideal de suplementación de L-Arg, aunque falta mucho por hacer. Estos

resultados tienen un poco de coincidencia con los observados por los investigadores de Texas A&M (Woo et al, 2004), donde, en un experimento con lechones destetados a 7 d y mantenidos con alimentación artificial, el grupo que recibió 0.4 % de L-Arg superó al de 0.2 %, y éste a su vez al grupo control, en los parámetros de peso y ganancia diaria de peso ($P < 0.05$), entre los días 7 y 21 de edad. Cabe destacar que a diferencia del experimento uno, donde se utilizaron dosis de 1 y 2 %, ya no se observó una inhibición del crecimiento por la suplementación. Esto refuerza más la hipótesis de la disminución del crecimiento por competencia entre lisina y arginina por el mismo receptor.

En cuanto a la concentración de urea en plasma, el grupo de investigadores citado observó que, comparada con el grupo control, la suplementación de L-Arg en 0.2 y 0.4 % disminuyó ($P < 0.05$) las concentraciones de urea en un 19 y 33 %, respectivamente, mencionando que la arginina es deficiente en cerdos jóvenes alimentados con leche materna y que ésta deficiencia representa un gran obstáculo para el máximo crecimiento en lechones.

Aunque el efecto esperado del aminoácido sólo se observó durante un corto período, son necesarios nuevos estudios con diferentes porcentajes de inclusión de L-Arg para encontrar la mejor dosis de inclusión, ya que la ventaja obtenida en peso durante este período puede ser mantenida hasta el mercado. En esta etapa se pretende diseñar otro experimento con otra presentación de L-Arg (tal vez aplicando alimentación artificial) para poder eliminar el factor del estrés al ingerirla y así evaluar resultados para determinar si en verdad la leche de cerda es deficiente en arginina de acuerdo con Mavromichalis et al. (2001) y el grupo de investigadores de Texas A&M (Wu, et al., 2000; Flynn et al., 2000).

REFERENCIAS

1. Auldrist DE, Stevenson FL, Kerr MG, Eason P, King RH. Lysine requirements of pigs from 2 to 7 kg live weight. *Anim Sci* 1997;65:501-507.
2. Baker DH. Ideal Protein for Pigs. *Proc Minn Nutr Conf*; 1994.
3. Ball RO. Amino Acid Requirements of Piglets: Implications for Early Weaning. University of Alberta, Department of Agricultural, Food & Nutritional Sciences. 2000. Disponible en: http://www.agric.gov.ab.ca/livestock/pork/rev_res/fall2000a.html
4. Bikker P, Dijk AJ, van Dirkzwager A, Fledderus J, Ubbink-Blanksma M, Beynen AC. The influence of diet composition and an anti-microbial growth promoter on the growth response of weaned piglets to spray dried animal plasma. *Livestock Production Science* 2004;86:1/3, 201-208.
5. Blachier F, M'Rabet-Touil H, Darcy-Vrillon B, Posho L, Duee PH. (1991) Stimulation by D-glucose of the direct conversion of arginine to citrulline in enterocytes isolated from pig jejunum. *Biochemical & Biophysical Research Communications* 1991;174:3,1171-1177
6. Blachier F, M'Rabet-Touil H, Posho L, Darcy-Vrillon B, Duee PH. Intestinal arginine metabolism during development: evidence for de novo synthesis of L-arginine in newborn pig enterocytes. *European Journal of Biochemistry* 1993;216:1,109-117.
7. Boyd RD, Kensinger RS, Harrell RJ, Bauman DE. Nutrient uptake and endocrine regulation of milk synthesis by mammary tissue of lactating sows. *J Anim Sci* 1995;73(Suppl. 2):36.
8. Brunton JA, Bertolo RFP, Pencharz PB, Ball RO. Proline ameliorates arginine deficiency during enteral but not parenteral feeding in neonatal piglets. *American Journal of Physiology* 1999;277:2,E223-E231.
9. Chiba LI, Ivey HW, Cummins KA, Gamble BE. Growth performance and carcass traits of pigs subjected to marginal dietary restrictions during the grower phase. *J Anim Sci* 1999;77:1769-1776

10. Chung TK, Baker DH. Maximal portion of the young pig's sulfur amino acid requirement that can be furnished by cystine. *Anim Sci* 1992;70:1182-1187.
11. Chung TK, Baker DH. A note on the dispensability of praline for weanling pigs. *Anim Prod* 1993;56:407-408.
12. Clark LK. SEW: development, concept, expect performance, rules and problems. *Seminario sobre actualidades del destete temprano*; 1997; La Piedad, Mich., 1997;8 – 23.
13. Cranwell PD. Development of the neonatal gut and enzyme systems. En: Varley MA editor. *The neonatal pig: Development and survival*. UK Cab International. 1995;99-145
14. Cynober L, Le Boucher J, Vasson M. Arginine metabolism in mammals. *J Nutr Biochem* 1995;6:402-13.
15. Dhanakoti SN, Brosnan JT, Herzberg GR, Brosnan ME. Renal arginine synthesis: studies in vitro and in vivo. *American Journal of Physiology* 1990;259:3Pt1,E437-E442.
16. Dillon EL, Knabe DA, Wu GY. Lactate inhibits citrulline and arginine synthesis from proline in pig enterocytes. *American Journal of Physiology* 1999;276:5,G1079-G1086.
17. Dritz SS, Owen KQ, Nelssen JL, Goodband RD, Tokach MD. Influence of weaning age and nursery diet complexity on growth performance and carcass characteristics and composition of high-health status pigs from weaning to 109 kilograms. *J Anim Sci* 1996;74:2975-2984
18. Drum SD, Walker RD, Marsh WE. Growth performance of segregated early-weaned versus conventionally weaned pigs through finishing. *Swine Health and Production*. 1998;6(5):203-210
19. Dunshea FR, Kerton DK, Cranwell PD, Campbell RG, Mullan BP, King RH, Pluske JR. Dietary lysine requirements of heavy and light pigs weaned at 14 days of age. *Aust J Agric Res* 2000;51:531-9.

20. Edmonds MS, Gonyou HW, Baker DH. Effect of excess levels of methionine, tryptophan, arginine, lysine or threonine on growth and dietary choice in the pig. *Journal of Animal Science* 1987;65:1,179-185.
21. Ewtushik AL, Bertolo RFP, Ball RO. Intestinal development of early-weaned piglets receiving diets supplemented with selected amino acids or polyamines. *Canadian Journal of Animal Science*. 2000;80:4,653-662.
22. FAO. Programa contra el hambre. Reducir el hambre mediante el desarrollo agrícola y rural, y un mayor acceso a los alimentos. 1er borrador. Roma. 2002.
23. Flint DJ, Akinsaya K, Crilly PJ, Johnston P, Wynick D. Role of growth hormone in growth regulation. In: Loughna PT, Pell JM, editors. *Molecular Physiology of Growth*. Cambridge University Press, 1996.
24. Flynn NE, Wu G. An important role for endogenous synthesis of arginine in maintaining arginine homeostasis in neonatal pigs. *Am J Physiol* 1996;271(Regulatory Integrative Comp. Physiol. 40):R1149-R1155
25. Flynn NE, Knabe DA, Mallik BK, Wu G. Arginine deficiency in 7 to 21 day-old suckling piglets. USA. Texas A&M University, 2000.
26. Flynn NE, Knabe DA, Mallick BK, Wu G. 2000. Postnatal changes of plasma amino acids in suckling pigs. *J Anim Sci* 2000;78:2369–2375.
27. Guilhermet RG. Fonctions nutritionnelles et métaboliques de l'arginine. *INRA Prod. Anim* 1996;9:265-72.
28. Harrell RJ, Thomas MJ, Boyd BD. Limitations of sow milk yield on baby pig growth. *Cornell Nutrition Conference*, 1993;156-164
29. Hernández JC, Borbolla AG, Vega-López MA. (2002) Effect of dietary glutamine on small intestinal CD2+ cells in early weaned pigs. *Proceedings of the 17th Congress of the International Pig Veterinary Society*, Ames, Iowa. U.S.A, 2002.
30. Jiang R, Chang X, Stoll B, Ellis KJ, Shypailo RJ, Weaver E, Campbell J, Burrin DG. Dietary Plasma Protein is used more Efficiently than Extruded

- Soy Protein for Lean Tissue Growth in Early Weaned Pigs. *J Nutr* 2000;130:2016-2019.
31. Kim JH, Heo KN, Odle J, Han IK, Harrell RJ. Liquid diets accelerate the growth of early-weaned pigs and the effects are maintained to market weight. *J Anim Sci* 2001;79:427-34.
 32. Kwak H., Austic RE, Dietert RR. Influence of Dietary Concentration on Lymphoid Organ Growth in Chickens. *Poultry Sci* 1999;78:1536-1541.
 33. Le Roith D. Insuline-like growth factors. *The New England Journal of Medicine* 1997;336:633-640
 34. Leibholz J. Arginine requirements of pigs between 7 and 28 days of age. *Australian Journal of Agricultural Research*. 1982;33: 1, 165-170.
 35. Lewis AJ, Speer VC, Haught DG. Relationship between yield and composition of sows' milk and weight gains of nursing pigs. *Journal of Animal Science*. 1978;47: 3,634-638.
 36. Mahan DC, Cromwell GL, Ewan RC, Hamilton CR, Yen JT. Evaluation of the feeding duration of a Phase 1 nursery diet to three-week-old pigs of two weaning weights. *Journal of Animal Science*. 1998;76:2 578-583.
 37. Mavromichalis I, Parr TM, Gabert VM, Baker DH. True ileal digestibility of amino acids in sow's milk for 17-day-old pigs, *J Anim Sci* 2001;79:707-13.
 38. McNamara JP, Pettigrew JE. Protein and fat utilization in lactating sows: I. Effects on milk production and body composition, *J Anim Sci* 2002;80: 2442-2451
 39. Moncada S, Palmer RMJ, Higgs EA. Nitric oxide: physiology, pathophysiology, and pharmacology. *Pharmacologic Reviews* 1991;43: 109-142.
 40. Moncada S, Higgs A. The L-Arginine-Nitric oxide pathway, *The New England Journal of Medicine*, 1993;329:2002 - 2012
 41. Morrison RS, Hemsworth PH, Cronin GM, Campbell RG. The effect of restricting pen space and feeder availability on the behaviour and growth

- performance of entire male growing pigs in a deep-litter, large group housing system. *Applied Animal Behaviour Science* 2003;83:3,163-176.
42. National Research Council, *Nutrient Requirements of Swine*, 10th Revised Edition. 1998. National Academy of Sciences. Washington, D.C.
43. Ni Y, Meyer M, Osol G. Gestation increases nitric oxide-mediated vasodilatation in rat uterine arteries. *Am J Obstet Gynecol* 1997;176:856-864.
44. O'Quinn PR, Knabe DA, Wu G. Arginine catabolism in lactating porcine mammary tissue. *Journal of Animal Science* 2002;80:2,467-474.
45. Otten W, Kanitz E, Puppe B, Tuchscherer M, Brussow KP, Nurnberg G, Stabenow B. Acute and long term effects of chronic intermittent noise stress on hypothalamic-pituitary-adrenocortical and sympatho-adrenomedullary axis in pigs. *Animal Science* 2004;78: 2, 271-283.
46. Southern LL, Baker DH. Performance and concentration of amino acids in plasma and urine of young pigs fed diets with excesses of either arginine or lysine. *Journal of Animal Science* 1982;55:4,857-866
47. Southern LL, Baker DH. (1983) Arginine requirement of the young pig. *Journal of Animal Science* 1993;57:2,402-412.
48. Stoll B, Henry J, Reeds PJ, Yu H, Jahoor F, Burrin DG. Catabolism dominates the first-pass intestinal metabolism of dietary essential amino acids in milk protein-fed piglets. *Journal of Nutrition* 1998;128:3,606-614.
49. Thacker PA. Nutritional requirements of early weaned pigs: A review. *Pig News and Information* 1999;20 (1)13n-24n.
50. Tokach MD, Pettigrew JE, Johnston LJ, Overland M, Rust JW, Cornelius SG. Effect of adding fat and (or) milk products to the weanling pig diet on performance in the nursery and subsequent grow-finish stages. *J Anim Sci* 1995;73:3358-3368
51. Valros AE, Rundgren M, Spinka M, Saloniemi H, Rydhmer L, Algers B. Nursing behaviour of sows during 5 weeks lactation and effects on piglet growth. *Applied Animal Behaviour Science* 2002;76:2,93-104.

52. Valros A, Rundgren M, Spinka M, Saloniemi H, Algers B. Sow activity level, frequency of standing-to-lying posture changes and anti-crushing behaviour - within sow-repeatability and interactions with nursing behaviour and piglet performance. *Applied Animal Behaviour Science* 2003;83:1,29-40.
53. Valros A, Rundgren M, Spinka M, Saloniemi H, Hulten F, Uvnas-Moberg K, Tomanek M, Krejci P, Algers B. Oxytocin, prolactin and somatostatin in lactating sows: associations with mobilisation of body resources and maternal behaviour. *Livestock Production Science* 2004;85:1,3-13.
54. Visek WJ. Arginine and disease states. *J Nutr* 1985;115:532-41.
55. Wellock IJ, Emmans GC, Kyriazakis I. Predicting the consequences of social stressors on pig food intake and performance. *Journal of Animal Science* 2003;81:12,2995-3007.
56. Whang KY, Mckeith FK, Kim SW, Easter RA. Effect of starter feeding program on growth performance and gains of body components from weaning to market weight in swine. *J Anim Sci* 2000;78:2885-95.
57. Whelan A, Willis H. Effects of Fostering on Piglet Performance. Alberta Pork Research Centre (AAFRD), 6909 - 116 Street, Edmonton, AB T6H 4P2; *Advances in Pork Production* 2002;13, Abstract #38
58. Wolter BF, Ellis M. The effects of weaning weight and rate of growth immediately after weaning on subsequent pig growth performance and carcass characteristics. *Canadian Journal of Animal Science* 2001;81:3,363-369.
59. Worobeck EK, Duncan IJH, Widowski TM. The effect of weaning at 7, 14 and 28 days on piglet behavior. *Applied animal Beh* 1999;62:173-182
60. Wu G, Knabe DA. Free and protein-bound amino acids in sow's colostrum and milk. *J. Nutr* 1994;124: 415-424
61. Wu G, Borbolla AG, Knabe DA. The uptake of glutamine and release of arginine, citrulline and proline by the small intestine of developing pigs. *Journal of Nutrition* 1994;124:12,2437-2444.

62. Wu G, Knabe DA, Flynn NE. Synthesis of citrulline from glutamine in pig enterocytes. *Biochem. J* 1994;299:115-121
63. Wu G, Knabe DA. Arginine synthesis in enterocytes of neonatal pigs. *Am J Physiol* 1995. 269:R621-R629
64. Wu G, Knabe DA, Flynn NE, Yan W, Flynn SP. Arginine degradation in developing porcine enterocytes. *Am J Physiol* 1996;271(Gastrointest. Liver Physiol. 34):G913-G919
65. Wu, G. Synthesis of citrulline and arginine from proline in enterocytes of postnatal pigs. *Am J Physiol* 1997;272(Gastrointest. Liver Physiol. 35): G1382-G1390
66. Wu G, Davis PK, Flynn NE, Knabe DA, Davidson JT. Endogenous synthesis of arginine plays an important role in maintaining arginine homeostasis in Postweaning growing pigs. *J Nutr* 1997;127:2342-2349.
67. Wu G. Amino acid metabolism in the small intestine. *Comparative Biochem & Physiol* 1998;4:39-74.
68. Wu G. Intestinal mucosal amino acid catabolism. *J Nutr* 1998;128:1249-1252
69. Wu G, Morris SM. Arginine metabolism: nitric oxide and beyond. *Biochem. J* 1998;336: 1-17
70. Wu G, Meininger CJ, Knabe DA, Bazer FW, Rhoads JM. Arginine nutrition in development, health and disease. *Clin Nutr Metab Care* 2000;3:59-66.
71. Wu G, Haynes TE, Li H, Meininger CJ. Glutamine metabolism in endothelial cells: ornithine synthesis from glutamine via pyrroline-5-carboxylate synthase. *Comparative Biochem & Physiol, Part A*, 2000;126:115-123.
72. Yu YM, Ryan CM, Burke JF, Tompkins RG, Young VR. Relations among arginine, citrulline, ornithine and leucine kinetics in adult burn patients. *Am J Clin Nutr* 1995;62:960-8.
73. Yu YM, Sheridan RL, Burke JF, Chapman TE, Tompkins RG, Young VR Kinetics of plasma arginine and leucine in pediatric burn patients. *Am J Clin Nutr* 1996;64:60-6.

74. Zhou H, Xin H. Effects of heat lamp output and color on piglets at cool and warm environments. *Applied Engineering in Agriculture* 1999;15: 4, 327-330
75. Zijlstra RT, Whang KY, Easter RA, Odle J. Effect of feeding a milk replacer to early-weaned pigs on growth, body composition, and small intestinal morphology, compared with suckled littermates. *Journal of Animal Science* 1996;74:12,2948-2959

ANEXO A

DIETAS

CUADRO I. DIETA DE PREINICIACIÓN PARA LECHONES

PREINICIADOR			
Ingrediente	Control	1 % L-Arg	2 % L-Arg
	%	%	%
Sorgo (grano)	47.531	47.531	47.531
Suero de leche	16.000	16.000	16.000
Pasta de soya	12.000	12.000	12.000
Aceite crudo	6.973	6.973	6.973
Harina de pescado	5.000	5.000	5.000
Conc. prot. de soya	5.000	5.000	5.000
Plasma AP920	3.000	3.000	3.000
Fosfato VIMIFOS	1.296	1.296	1.296
Carbonato de calcio	0.953	0.953	0.953
Óxido de zinc	0.400	0.400	0.400
NaCl yodatada	0.360	0.360	0.360
L-lisina	0.344	0.344	0.344
L-arginina	0.000	1.000	2.000
Aureo sp 250	0.300	0.300	0.300
Premezcla Vitaminas	0.250	0.250	0.250
DL-metionina	0.157	0.157	0.157
Premezcla minerales	0.150	0.150	0.150
L-Treonina	0.141	0.141	0.141
Colina	0.075	0.075	0.075
Carbadox	0.050	0.050	0.050
Triptosina	0.020	0.020	0.020

CUADRO II. DIETA DE INICIACIÓN PARA LECHONES

INICIADOR			
Ingrediente	Control	1 % L-Arg	2 % L-Arg
	%	%	%
Sorgo (grano)	59.832	59.832	59.832
Pasta de soya	32.337	32.337	32.337
Aceite crudo	3.774	3.774	3.774
Fosfato VIMIFOS	1.312	1.312	1.312
Carbonato de calcio	0.987	0.987	0.987
NaCl yodatada	0.360	0.360	0.360
L-lisina	0.242	0.242	0.242
L-arginina	0.000	1.000	2.000
Aureo sp 250	0.300	0.300	0.300
Premezcla Vitaminas	0.250	0.250	0.250
DL-metionina	0.311	0.311	0.311
Premezcla minerales	0.150	0.150	0.150
L-Treonina	0.141	0.141	0.141
Colina	0.075	0.075	0.075
Carbadox	0.050	0.050	0.050
Triptosina	0.020	0.020	0.020

ANEXO B

CUADROS

CUADRO 1. Efecto de la administración de L-Arg sobre el **peso** de lechones (0 a 21 días de edad).

	Tratamiento			P<
	0	1 %	2 %	
	Peso (Kg)			
1 - 7	3.681±0.141 ^a	3.086±0.141 ^b	2.627±0.141 ^c	0.0001
8 - 14	6.055±0.246 ^a	4.883±0.246 ^b	4.061±0.246 ^c	0.0001
15 - 21	8.525±0.367 ^a	6.646±0.367 ^b	5.814±0.367 ^b	0.0001

^{a b c} = literales diferentes en la misma fila significan P< 0.0001

CUADRO 2. Efecto de la administración de L-Arg sobre la **ganancia diaria de peso** de lechones (0 a 21 días de edad).

	Tratamiento			P<
	0	1 %	2 %	
Edad (d)	Ganancia Diaria de Peso (Kg)			
1 - 7	0.238±0.014 ^a	0.153±0.011 ^b	0.090±0.014 ^c	0.0001
8 - 14	0.339±0.019 ^a	0.257±0.019 ^b	0.205±0.019 ^b	0.0001
15 - 21	0.353±0.023 ^a	0.252±0.023 ^b	0.250±0.023 ^b	0.004

^{a b c} = literales diferentes en la misma fila significan P< 0.01

CUADRO 3. Efecto de la inclusión de L-Arg en la dieta sobre el **peso** de cerdos recién destetados (14 a 49 días de edad).

Edad (d)	Tratamiento			P <
	0	1 %	2 %	
	Peso (Kg)			
14	4.702	4.676	4.805	P > 0.05
21	4.686±0.226	4.760±0.226	5.065±0.226	P > 0.05
28	5.590±0.311	5.546±0.311	5.855±0.311	P > 0.05
35	6.381±0.387	6.524±0.387	6.356±0.387	P > 0.05
42	8.846±0.574	9.327±0.574	9.194±0.574	P > 0.05
49	12.385±0.708	12.779±0.708	11.945±0.708	P > 0.05

CUADRO 4. Efecto de la inclusión de L-Arg en la dieta sobre la **ganancia diaria de peso** en cerdos recién destetados (14 a 49 días de edad).

Edad (d)	Tratamiento			P<
	0	1 %	2 %	
	Ganancia Diaria de Peso (Kg)			
14 - 21	0.003±0.011	0±0.011	0.009±0.011	P > 0.05
22 - 28	0.129±0.017	0.112±0.017	0.113±0.017	P > 0.05
29 - 35	0.113±0.016 ^{ab}	0.140±0.016 ^a	0.072±0.016 ^b	P< 0.024
36 - 42	0.352±0.032	0.400±0.032	0.405±0.032	P > 0.05
43 - 49	0.506±0.090	0.493±0.090	0.393±0.090	P > 0.05

^{a b} = literales diferentes en la misma fila significan P< 0.05

CUADRO 5. Efecto de la inclusión de L-Arg en la dieta sobre el **consumo diario de alimento** en cerdos recién destetados (14 a 49 días de edad).

Edad (d)	Tratamiento			P<
	0	1 %	2 %	
	Consumo Diario de Alimento (Kg)			
14 - 21	0.079±0.008	0.084±0.008	0.080±0.008	P > 0.05
22 - 28	0.187±0.026	0.176±0.026	0.160±0.026	P > 0.05
29 - 35	0.330±0.047	0.034±0.047	0.256±0.047	P > 0.05
36 - 42	0.478±0.070	0.525±0.070	0.475±0.070	P > 0.05
43 - 49	0.690±0.084	0.823±0.084	0.678±0.084	P > 0.05

CUADRO 6. Efecto de la inclusión de L-Arg en la dieta sobre la **conversión alimenticia en cerdos recién destetados (14 a 49 días de edad).**

Edad (d)	Tratamiento			P<
	0	1 %	2 %	
	Conversión Alimenticia			
14 - 21	0	0	0	P > 0.05
22 - 28	1.950±0.365	1.655±0.365	1.943±0.365	P > 0.05
29 - 35	2.490±0.898	2.484±0.898	1.989±0.898	P > 0.05
36 - 42	0±0.414	1.337±0.414	1.561±0.414	P > 0.05
43 - 49	1.648±0.156	1.648±0.156	1.860±0.156	P > 0.05

CUADRO 7. Efecto de la administración de L-Arg sobre el **peso** de lechones (0 a 14 días de edad).

Edad (d)	Tratamiento			P
	0	0.25 %	0.5 %	
	Peso (Kg)			
0	1.70±0.06	1.71±0.06	1.71±0.06	
7	2.80±0.08	2.90±0.08	2.90±0.08	0.794
14	4.15±0.18 ^a	4.43±0.18 ^{a b}	4.80±0.18 ^b	0.040

^{a b c} = literales diferentes en la misma fila significan P < 0.05

CUADRO 8. Efecto de la administración de L-Arg sobre la **ganancia diaria de peso** de lechones (0 a 14 días de edad).

Edad (semanas)	Tratamiento			P
	0	0.25 %	0.5 %	
	Ganancia Diaria de Peso (Kg)			
1	157±14	170±14	170±14	0.792
2	203±18 ^a	214±18 ^{a b}	268±18 ^b	0.039

^{a b c} = literales diferentes en la misma fila significan P < 0.05

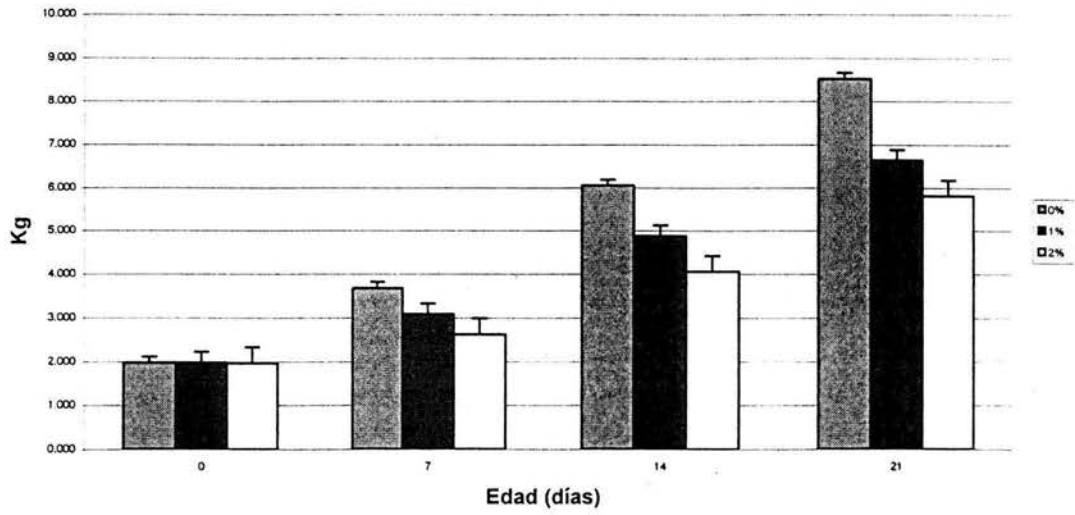
CUADRO 9. Efecto de la administración de L-Arg sobre la concentración de urea en plasma de lechones (0 a 14 días de edad).

Edad (d)	Tratamiento			P <
	0	0.25 %	0.5 %	
	Urea en plasma (mmol/L)			
0	7.73±1.11	6.54±1.11	7.78±1.11	0.675
7	4.45±0.64	3.80±0.64	4.23±0.64	0.770
14	5.86±0.81	4.29±0.81	3.17±0.81	0.081

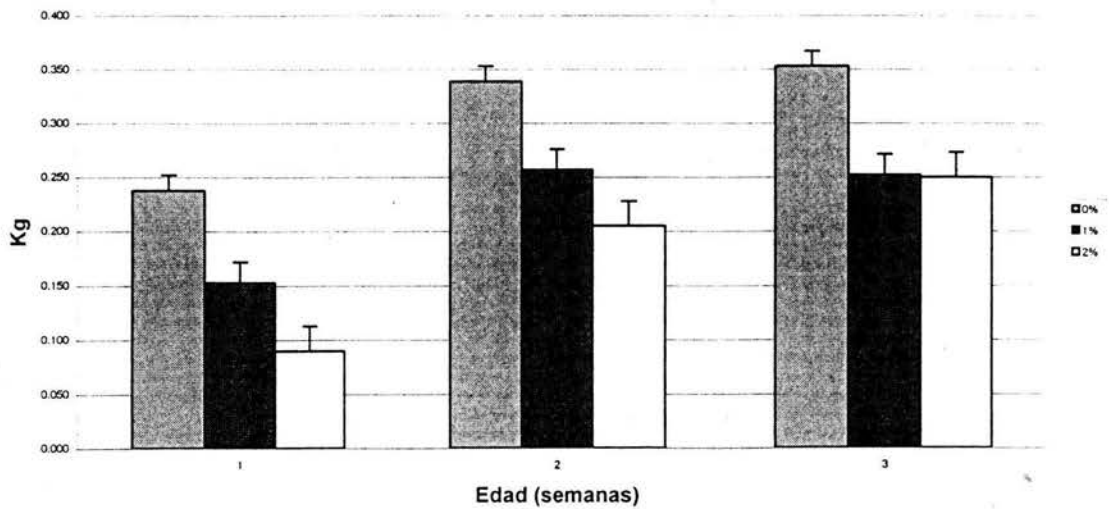
ANEXO C

GRÁFICAS

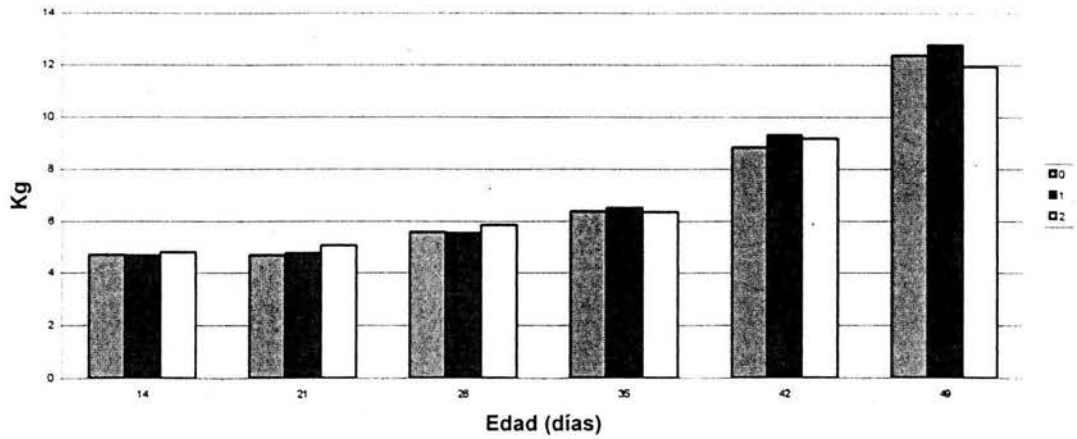
GRAFICA 1. Efecto de L-Arginina sobre el Peso de Lechones (0 - 21 d)



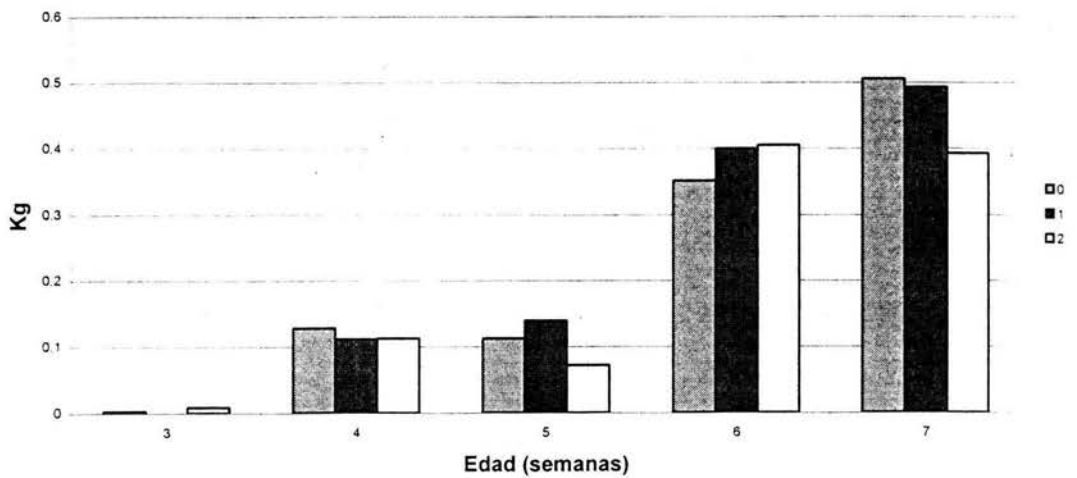
GRAFICA 2. Efecto de L-Arginina sobre la Ganancia Diaria de Peso en Lechones (0 - 21 d)



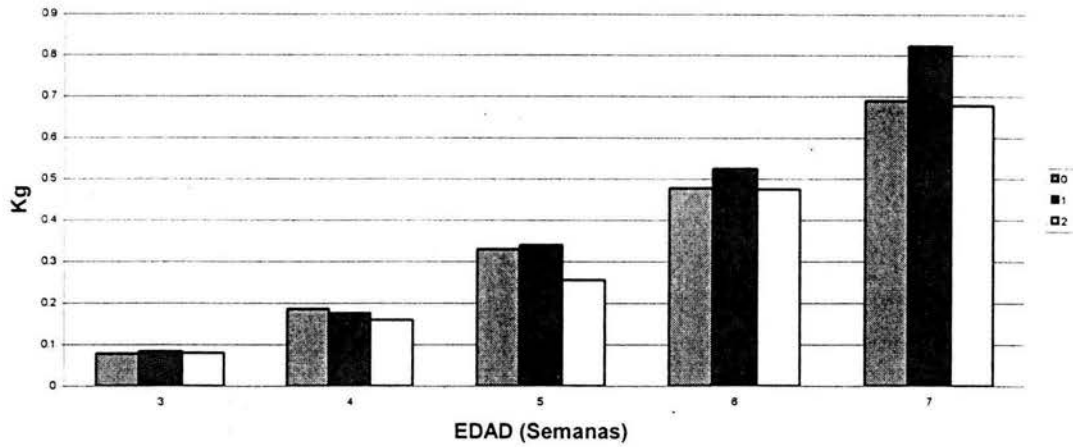
GRAFICA 3. Efecto de L- Arg sobre el peso de cerdos recién destetados (14 - 49 d)



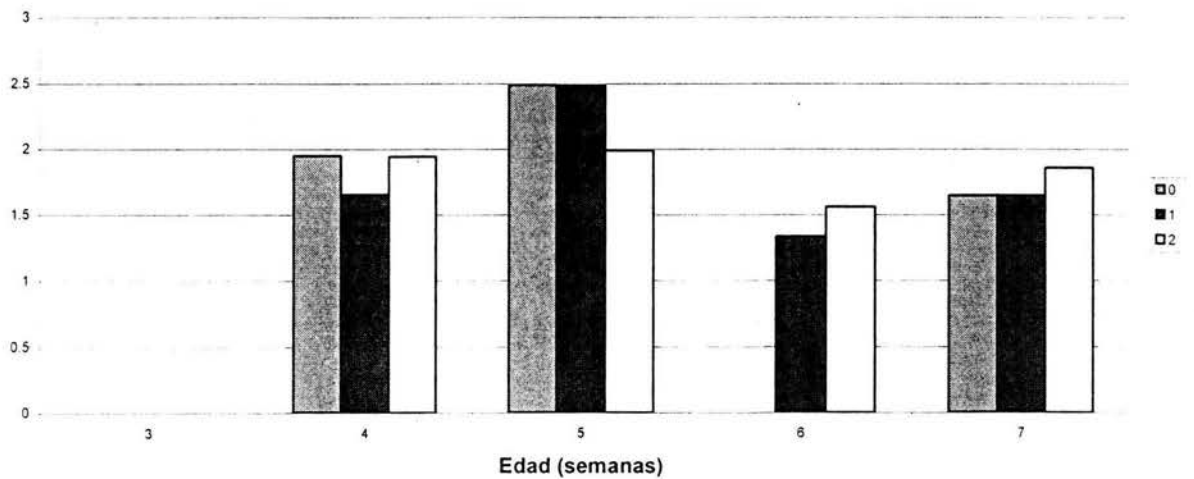
GRÁFICA 4. Efecto de L-Arg sobre la ganancia diaria de peso de cerdos recién destetados (14 - 49 d)



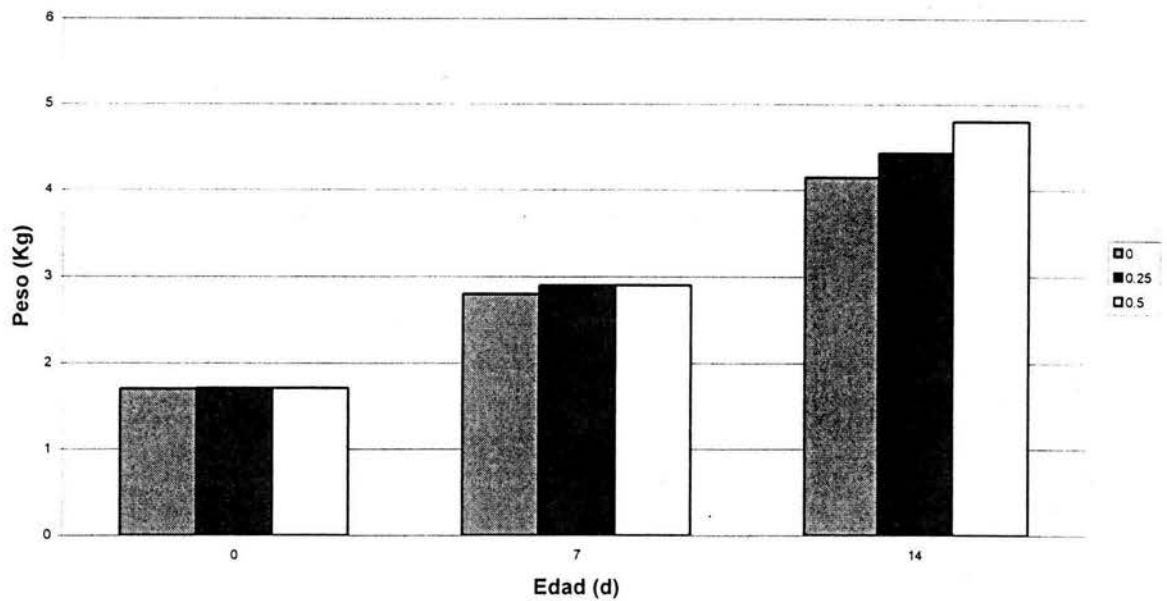
GRÁFICA 5. Efecto de la L-Arginina sobre el Consumo Diario de Alimento en cerdos recién destetados (14 - 49 d)



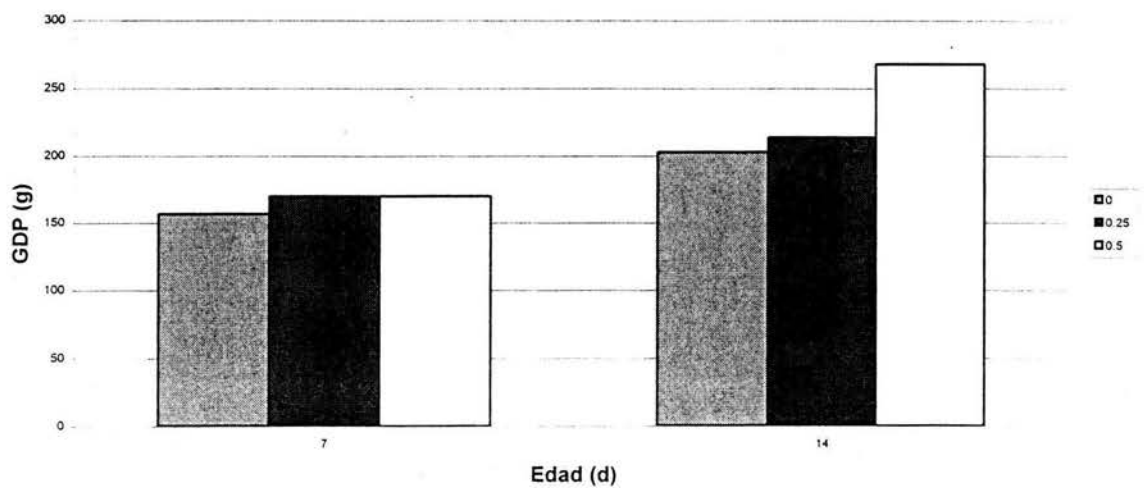
GRÁFICA 6. Efecto de L-Arg sobre Conversión Alimenticia en cerdos recién destetados (14 - 49 d)



GRÁFICA 7. Efecto de la administración de L-Arg sobre el peso de lechones (0 a 14 días de edad).



GRÁFICA 8. Efecto de la administración de L-Arg sobre la ganancia diaria de peso de lechones (0 a 14 días de edad).



GRÁFICA 9. Efecto de la administración de L-Arg sobre la concentración de urea en plasma de lechones (0 a 14 d)

