

1.5 ~~16~~



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EFFECTO DE LA L-GLUTAMINA A DIFERENTES CONCENTRACIONES SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LOS CERDOS DESTETADOS PRECOZMENTE

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A :
J A I M E C R U Z C O R T E Z



ASESORES: MVZ, M.Sc., Ph.D. A. GERMAN BORBOLLA SOSA
MVZ, MPA, EPA. GONZALO VILLAR PATIÑO

MEXICO, D. F.

2001

TESIS CON
DALLA DE GRACIA



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.

DEDICATORIA

A Dios, por ser promotor de mi Fe, amigo y guía en mi camino.

A Papá y Mamá, por el cariño, los grandes esfuerzos y desvelos en pro de mi educación, pero sobre todo por haberme dado la confianza, apoyo y libertad de labrar mi propio destino. A ellos dedico este trabajo.

A mis hermanos, Ernesto y Nachito por formar parte de mi motor emprendedor.

A mi abue Ignacia y tios, por el apoyo en todo sentido en el transcurso de mi educación.

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores: MVZ. A. Germán Borbolla Sosa y MVZ. Gonzalo Villar Patiño. Por las facilidades otorgadas, el apoyo y la amistad.

A los miembros del jurado: MVZ. María Elena Trujillo Ortega, MVZ. Javier Flores Covarrubias, MVZ. Roberto Martínez Gamba, MVZ. Marco Antonio Herradora Lozano y MVZ. Germán Borbolla Sosa por la disposición en la revisión de este trabajo.

A los integrantes del Departamento de Producción Animal: Cerdos.

Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica de la U.N.A.M. y a la Empresa Purina S.A. de C.V. por su valioso apoyo en la realización de este proyecto.

A mis amigos: Gabriela Velázquez, Isabel Caballero, Abigail Martínez, Anita de la Cruz, Jaime Mendoza, Alberto Hernández, Kathia Alcalá, Zeus Alcalá, Ricardo Tous. Por el apoyo, confianza y la alegría de vivir.

GRACIAS A TODOS.

LISTA DE CONTENIDO

	Pag.
1 INTRODUCCIÓN.	
1.1 DESTETE PRECOZ.....	1
1.2 FISILOGIA DIGESTIVA DEL CERDO LACTANTE.....	2
1.3 AMINOACIDO L-GLUTAMINA.....	3
1.4 SUERO DE LECHE LIQUIDO.....	5
1.5 HIPOTESIS.....	6
1.6 OBJETIVO.....	7
2 MATERIAL Y METODOS.	
2.1 LOCALIZACION.....	8
2.2 INSTALACIONES.....	8
2.3 ANIMALES.....	9
2.4 TRATAMIENTOS Y MANEJO DE LAS SOLUCIONES.....	9
2.5 ANALISIS ESTADISTICO Y VARIABLES DE RESPUESTA.....	10
3 RESULTADOS.	
3.1 CONSUMO DIARIO DE LIQUIDOS Y ALIMENTO SOLIDO.....	11
3.2 GANANCIA DIARIA DE PESO.....	12
3.3 CONVERSION ALIMENTICIA.....	12
4 DISCUSIÓN.....	13
5 CONCLUSIONES.....	17
6 LITERATURA CITADA.....	18
7 CUADROS.....	26
8 ANEXOS.....	30

CRUZ CORTEZ JAIME. Efecto de la L-glutamina a diferentes concentraciones sobre el comportamiento productivo de los cerdos destetados precozmente. (Bajo la asesoría de: M.V.Z., M.Sc., Ph.D. Arturo Germán Borbolla Sosa y M.V.Z., M.P.A., E.P.A. Gonzalo Villar Patiño).

RESUMEN

El presente estudio evaluó el efecto del aminoácido no esencial L-glutamina a diferentes niveles de inclusión, sobre los parámetros productivos de cerdos destetados precozmente. Cuarenta cerdos de 14 ± 3 días de edad fueron distribuidos aleatoriamente en cinco grupos experimentales. Los cerdos del grupo control (C), además de la dieta basal, recibieron como única fuente de líquido, agua simple. El segundo grupo estuvo formado por animales que recibieron suero de leche líquido (SLL) como única fuente de líquido; mientras que los cerdos de los grupos tres, cuatro y cinco tuvieron como fuente de líquido SLL adicionado con 1%, 1.5% y 2% de L-glutamina, (SLG1, SLG1.5 y SLG2, respectivamente). La fase experimental duró 3 semanas al término de las cuales, la administración de las soluciones experimentales fue suspendida y se les ofreció agua como única fuente de líquido. El rendimiento productivo de los cerdos en todos los grupos experimentales, fue evaluado durante 3 semanas más. El consumo diario de líquidos durante el periodo de administración de los tratamientos fue mayor ($P < 0.05$) en los cerdos que recibieron SLL, comparado con el grupo control (2.58 vs 1.05 l, respectivamente). En los grupos suplementados con L-glutamina se observó que a mayor porcentaje de inclusión de éste aminoácido, hay un menor consumo de líquido por parte del cerdo (2.06, 1.85 y 1.67 lt para SLG1, SLG1.5 y SLG2, respectivamente). Contrariamente, el grupo control consumió mayor ($P < 0.05$) cantidad de alimento que los animales del grupo SLL, SLG1, SLG1.5 y SLG2 (602 vs. 421, 314, 337 y 293 g, respectivamente), lo que se reflejó en la mejor ($P < 0.05$) GDP de éste grupo (0.419 vs. 0.360, 0.290, 0.278 y 0.230 kg, respectivamente). Sin embargo, los animales suplementados con SLL, SLG1, SLG1.5 y SLG2 mostraron una mejor ($P < 0.05$) conversión alimenticia que la observada en el grupo control (0.97, 0.74, 0.88, 0.87 y 1.44, respectivamente). La inclusión de L-glutamina diluida en suero de leche líquido como única fuente de líquido para el cerdo mejoró la C.A. durante el periodo inmediatamente posterior al destete, sin embargo, deprimió el consumo de alimento posiblemente por el gran consumo de suero de leche líquido que en muchos casos cubrió la capacidad volumétrica del aparato digestivo de estos animales. Este mayor consumo de SLL posiblemente se debió a la mayor gustosidad de los cerdos por este subproducto de la industria láctea. El mayor consumo de materia seca conforme se incrementaba el nivel de L-glutamina, posiblemente se debió al aporte energético provisto por el aminoácido. La inclusión de suero de leche líquido a libertad en dietas para cerdos podría afectar negativamente el rendimiento productivo de esta especie.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Destete Precoz

En la actualidad la industria porcina continua reduciendo la edad al destete como una herramienta de control para ciertas enfermedades que son transmitidas por las cerdas a los lechones durante la lactancia.^{1,2} Al paso del tiempo, y en base a la experiencia práctica se ha observado que ésta medida de manejo ofrece, además de beneficios sanitarios, una mayor productividad de la cerda³, así como una eficientización en el uso de las instalaciones de maternidad al disminuir los días de lactancia.^{1,4} Además, el separar a los lechones de la madre a edades más tempranas reduce el desgaste corporal de la cerda, lo cual conlleva a un incremento en la vida productiva de ésta.⁵ En la década pasada, el destete a edades menores a 28 días ocasionaba una marcada disminución en la ganancia de peso de los lechones debido principalmente al bajo consumo de alimento.^{3,4} Sin embargo, la introducción de nuevos ingredientes como el plasma porcino,⁶ derivados de soya más refinados,⁷ harina de pescado,^{8,9,10} suero de leche deshidratado,¹¹ entre otros, así como el mejor entendimiento de la fisiología digestiva de los cerdos destetados precozmente, ha dado como resultado que hoy en día, la mayoría de las granjas comerciales desteten a 21 días de edad y algunas otras lo hagan entre 10 y 14 días como parte de programas de eficientización en su producción. Además de estos adelantos en la nutrición, la reducción en los días de lactación, se ha logrado gracias a los avances en la genética y en las condiciones medioambientales de los cerdos separados tempranamente de la cerda. Sin embargo, aún cuando éstas mejoras han permitido optimizar los parámetros productivos de los cerdos jóvenes, estos aún no son equivalentes a los lechones que se mantienen lactando con su madre,¹² y el bajo consumo de alimento registrado en el periodo inmediatamente posterior al destete,^{13,14,15,16} continua siendo el principal problema observado en el cerdo y principalmente en aquel destetado precozmente. Además, la incidencia de diarreas continua siendo uno de los problemas más comúnmente encontrados durante ésta etapa^{17,18,15} y su origen en la mayoría de los casos, radica en la inmadurez digestiva de los cerdos jóvenes.¹⁹

1.2 Fisiología Digestiva del Cerdo Lactante y recientemente destetado

Desde antes del nacimiento^{11, 21} y hasta las primeras semanas de vida, el estómago e intestino delgado del cerdo están adaptados para digerir eficazmente los nutrientes presentes en la leche materna. La enzima lactasa, encargada de digerir el principal carbohidrato de la leche (lactosa), tienen una actividad máxima hasta las 2 ó 3 semanas después del nacimiento, momento en el cual su producción e importancia declina rápidamente.¹⁶ Contrariamente, la secreción de amilasa, encargada de la degradación del almidón presente en los cereales es muy baja al nacer,¹¹ pero se incrementa rápidamente de manera simultánea a la disminución de la lactasa.^{11, 22} En el estómago, la capacidad de éste órgano para secretar ácido clorhídrico (HCl) es baja en las primeras semanas de vida, por lo que el pH se mantiene relativamente alto y la activación del pepsinógeno (encargado de la degradación de la proteína de la leche) es limitada en ésta etapa.¹¹ El cerdo lactante contrarresta ésta incapacidad, al ingerir grandes cantidades de lactobacilos presentes en la leche, los cuales utilizan el azúcar lactosa, para producir ácido láctico,^{16, 23} con lo que el pH es disminuido a niveles aceptables para los procesos digestivos. El resto de las enzimas digestivas encargadas de la degradación proteolítica (tripsina, quimotripsina, y demás péptidos) se encuentran en niveles muy por debajo de los necesarios para la degradación de proteínas vegetales, por lo que el animal se ve imposibilitado para degradar la dietas convencionales utilizadas en cerdos de mayor edad y peso.

Inmediatamente después del destete, profundos cambios fisiológicos y morfológicos son observados en el aparato digestivo del cerdo, los cuales definen en muchas ocasiones, el comportamiento productivo del animal en las etapas subsecuentes. El cambio brusco de un alimento líquido, de buen sabor, olor y textura, y proporcionado a espacios regulares de tiempo,^{16, 23, 24} hacia uno con textura y sabor diferentes y en cantidades ilimitadas, ocasiona en el lechón un fuerte estrés de carácter nutricional que se manifiesta en el mayor de los casos por una diarrea constante que puede acompañarse o no, de bacterias u otros microorganismos patógenos para el cerdo.^{8, 25, 26, 27} Esta disfunción intestinal puede estar ocasionada por la incapacidad del aparato digestivo del animal para adaptarse rápidamente al nuevo medio ambiente nutricional del lumen intestinal,^{24, 25, 28, 29} y/o por la marcada destrucción del epitelio intestinal que se observa frecuentemente durante los primeros días posteriores al destete.^{29, 30} En este sentido, diversos investigadores han reportado un dramático acortamiento de las vellosidades y una disminución del número de enterocitos maduros, así como un marcado alargamiento de las criptas intestinales, lo cual se refleja en el aumento de la tasa de reposición de células intestinales. Estos cambios, además de afectar la morfología del

epitelio intestinal en su conjunto, también disminuyen la capacidad para digerir y absorber los nutrientes presentes en el lumen intestinal. Diversas teorías han sido postuladas para explicar estos cambios anatomofuncionales que se suceden en la mucosa intestinal en los primeros días después del destete. Entre los más estudiados se encuentran: un pobre consumo de alimento durante ésta etapa,³¹ reacciones inflamatorias del epitelio intestinal en respuesta a metabolitos bacterianos,³² disfunción del sistema inmune celular,³³ respuesta inmunológica contra antígenos dietarios,¹⁵ invasión de microorganismos patógenos,³⁴ y el aumento en los niveles de cortisol liberados durante periodos de estrés.^{35, 36} En ésta última teoría, se ha señalado que el intenso estrés causado por el destete, ocasiona la liberación de grandes cantidades de cortisol. Lo cual incrementa la demanda energética de las células del epitelio intestinal,^{35, 37, 38, 39} y otras de rápida división como las células del sistema inmune.^{40, 41, 42, 43, 44}

Estudios previos han señalado, que la principal fuente de energía de las células del epitelio intestinal del cerdo, es el aminoácido no esencial L-glutamina. Similar conclusión ha sido reportada en perros,⁴⁵ ratas lactantes,^{46, 47} adultas, y en los seres humanos.^{48, 49}

1.3 Aminoácido L-Glutamina

La glutamina debido a su estructura, ha sido clasificada tradicionalmente como un aminoácido no esencial^{50,48} debido a que puede ser sintetizada endógenamente a partir de precursores, principalmente en músculo esquelético e hígado.^{40, 51, 52, 53} La glutamina es un aminoácido abundante en el plasma de animales^{39, 54} y leche de cerdas,⁴⁰ y en ambos se encuentra en cantidades abundantes de manera libre. Este aminoácido además de proveer de energía metabólica a células de rápida división, es un importante precursor para la síntesis de moléculas tales como purinas, pirimidinas, NAD⁺ y aminoazúcares,^{49, 51, 55, 56, 57, 58} así como de la inhibición de la degradación de éstas moléculas⁵⁹. Además, a partir de éste aminoácido se produce la citrulina a nivel intestinal, el cual es el precursor de la síntesis endógena de arginina en animales adultos.^{39, 60} En animales jóvenes, la falta de la maquinaria enzimática para la producción de citrulina, hace necesario que la arginina sea administrada en la dieta, por lo que éste aminoácido es esencial en el cerdo joven.^{60, 61} Los linfocitos intraepiteliales también utilizan a la glutamina como una importante fuente de energía para su funcionamiento y proliferación.^{62, 63} Estas funciones de la glutamina sobre el funcionamiento y de la proliferación de células epiteliales intestinales y del sistema inmune podrían ser la solución a las alteraciones morfológicas comúnmente observadas en el cerdo recién destetado, y las cuales son más evidentes^{30, 31, 32} y con mayores consecuencias, cuando el animal es separado a edades muy tempranas (<18 días).^{30, 31, 33}

La implementación de prácticas de manejo tendientes a mejorar los parámetros productivos de la cerda a través de la separación tan precoz de ésta y la camada, y la posterior separación de las crías ha aumentado la incidencia de la diarrea posdestete, el retraso en la ganancia de peso, así como una marcada disminución en el consumo de alimento.^{28, 29, 31} Este cuadro al parecer tiene su origen en la acelerada y extensa destrucción del epitelio intestinal observado comúnmente en la etapa inmediata posterior al destete,^{27, 29, 30} y que alcanza su máximo nivel al día quinto después de la separación materna.^{31, 32, 33, 35, 38, 39} Estas alteraciones morfológicas parecen producirse por los niveles elevados y constantes de cortisol secretado durante este periodo crítico, y los cuales parecen acelerar el metabolismo basal de los enterocitos,^{35, 36, 38, 39} en un momento en el cual, su principal sustrato energético, la glutamina, ha desaparecido ya que la principal fuente de ésta, la leche materna ha sido retirada abruptamente de la dieta del lechón recién destetado. Esta hipótesis, no se considera tan fuera de la verdad, ya que se ha observado que personas que sufren quemaduras de tercer grado, presentan una marcada atrofia intestinal con destrucción casi completa de las vellosidades y elongación de las criptas intestinales.^{48, 49} Aunque las quemaduras son el detonador de dichas alteraciones, se considera que el intenso estrés que éste evento genera, produce una liberación nociva de corticosteroides (cortisol),^{38, 39, 48} los cuales, al igual que en el cerdo, aceleran el metabolismo del enterocito (célula que representa el 80% del epitelio intestinal),^{40, 64} en un momento en que la ingesta de glutamina ha cesado, pues el paciente es alimentado a través de soluciones intravenosas. Algunos estudios han evaluado el efecto de la suplementación de glutamina sobre la integridad de las vellosidades intestinales en cerdos y otras especies. Wu et al.⁶³ reportó que la suplementación con glutamina al 1% por vía parenteral en cerdos destetados a 21 días de edad previene la atrofia de las vellosidades del intestino delgado durante la primer semana posdestete e incrementa la conversión alimenticia en un 25% durante la segunda semana posdestete. Borbolla³⁵ alimentando lechones con este mismo porcentaje de L-glutamina pero adicionada en agua, observó mejores ganancias de peso y rendimiento general del animal que en los animales sin la adición del aminoácido. Sin embargo, la inclusión de éste aminoácido no previno las alteraciones morfológicas del epitelio intestinal. Borbolla³⁵ concluyó que el bajo consumo de agua que estos animales presentan en el periodo inmediatamente posterior al destete^{18, 31, 65} o la poca solubilidad que éste aminoácido tiene en el agua de bebida⁴², pudieron ser responsables de la falta de efecto sobre las células intestinales. La suplementación de glutamina a través de un vehículo donde tenga una mayor solubilidad podría redundar en un beneficio para los enterocitos preservando su presencia y actividad y por lo tanto, mejorando los parámetros productivos de los cerdos recién destetados. En este sentido el suero de leche líquido, por sus características fisicoquímicas, podría ser un vehículo adecuado para la administración de la glutamina en el cerdo joven.

1.4 Suero de Leche Líquido

El suero de leche es el principal subproducto de la industria quesera.⁶⁵ Este se produce cuando la leche es tratada con enzimas, ácidos débiles o calentamiento, procesos que precipitan la proteína caseína, llevándose grasa y la mitad de calcio y fósforo.^{66, 67} Durante la fabricación del queso se producen aproximadamente 9 kg de suero por cada kg de producto final. Es un líquido verde-amarillento, con pH de 4 a 6.6⁶⁶ y su composición es variable dependiendo del proceso seguido durante la fabricación de queso.⁶⁷ El suero de leche tiene alrededor de 6 a 7% de sólidos totales que consisten principalmente en lactosa y proteínas, siendo la composición química en materia seca, 35% de proteína cruda, 50% de lactosa, 4.5% de grasa y 6% de cenizas. Este subproducto proporciona un promedio de energía metabolizable de 230 kcal EM/ kg^{68, 69, 65}. El suero de leche líquido contiene casi toda la lactosa contenida en la leche así como fracciones minerales significantes.⁶⁶

Una vez que la caseína ha sido removida, las mayores proteínas son la alfa y beta-lactoalbúmina, la primera, tiene un alto contenido de cistina y triptófano,^{66, 70} mientras que la beta-lactoalbúmina es rica en lisina, leucina, ácido glutámico, ácido aspártico y cisteína.⁶⁶ Además, como se cita anteriormente, el suero de leche líquido cuenta con un alto contenido de lactosa, carbohidrato presente solo en la leche y que posee algunas funciones, como la aceleración del crecimiento de bacterias deseables en el intestino delgado, principalmente lactobacilos, los cuales ayudan al funcionamiento de éste sistema,^{65, 66} evitan la colonización de flora patógena,^{66, 70} y producen vitaminas del complejo B.^{66, 71, 72} Las propiedades nutricionales del suero de leche líquido como la elevada concentración de lactosa y las proteínas altamente digestibles, favorecen a que éste producto pueda suministrarse tanto en etapas tempranas de la vida del lechón como durante la vida adulta.^{70, 71, 72}

1.5 Hipótesis

La administración del aminoácido L-glutamina, principal fuente de energía de los enterocitos, adicionado en suero de leche líquido, disminuirá los efectos detrimentales del destete y mejorará los parámetros productivos de los cerdos destetados precozmente.

1.6 Objetivo

El objetivo de este estudio es determinar el efecto de la L-glutamina diluida a diferentes concentraciones en suero de leche líquido sobre el comportamiento productivo de los cerdos destetados precozmente.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Localización

El presente estudio se realizó en las instalaciones pertenecientes al Departamento de Producción Animal: Cerdos (D.P.A.C.) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M., ubicada en Ciudad Universitaria, México, D.F.

2.2 Instalaciones

Los corrales se encuentran ubicados en un edificio cerrado con paredes de cemento y que cuenta con ventilación artificial por medio de dos inyectores y dos extractores de aire. Esta instalación cuenta con 16 corrales con piso de cemento de 2.5 × 2.0 metros cada uno, una barda divisoria entre corrales de 1 metro de altura y un sistema de drenaje común. A cada corral se le instaló un microambiente a través del sistema verandah, proporcionándoles una lechonera de madera de 90 x 60 x 70 cm, un techo a base de lona en el exterior y una fuente de calor por medio de dos focos de 150 wats, uno ubicado dentro de la lechonera y el otro en el exterior de ésta. Además, cada corral cuenta con un bebedero de plástico¹, fijado a una de las paredes del corral, y un comedero² de tolva con cinco bocas, especial para cerdos de corta edad. Las instalaciones fueron lavadas y desinfectadas con Ambietrol³ una semana antes de la llegada de los animales.

¹ Kane Baby Waterer, Kane Manufacturing Co. Iowa.

² Kane Baby Feeder, Kane Manufacturing Co. Iowa.

³ Fenoles sintéticos al 8%. CIBA-GEIGY. Mexicana S.A. de C.V.

2.3 Animales

En el presente estudio se utilizaron 40 cerdos producto de la cruce de las razas Spotted X Landrace-Yorkshire, provenientes del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina (C.E.I.E.P.P.) de la U.N.A.M., localizada en la carretera Jilotepec, Estado de México. Inmediatamente después del nacimiento, el ombligo de los cerdos fue desinfectado con azul de metileno. Todos los animales recibieron un inyección parenteral de hierro al tercer día de edad en una dosis de 200 mg por cerdo. En este momento, todos los machos fueron castrados utilizando el manejo convencional para dicho procedimiento. Los cerdos fueron identificados al quinto día de edad mediante un sistema de muesqueo en las orejas propio de la granja de origen. Los animales permanecieron lactando con la cerda desde el día de su nacimiento y hasta los 14 ± 3 días de edad, momento en el cual fueron destetados y transportados a las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia localizada en Ciudad Universitaria, las cuales se encuentran a una distancia aproximada de 100 km del C.E.I.E.P.P. A su llegada, los cerdos fueron pesados con el fin de ser distribuidos en los grupos experimentales de acuerdo a su peso corporal.

2.4 Tratamientos y Manejo de las Soluciones

Los animales fueron distribuidos aleatoriamente en cinco grupos experimentales ($n = 8$ animales por tratamiento) con tres réplicas por tratamiento. Los cerdos del grupo control (C), además de la dieta¹, recibieron como única fuente de líquido, agua simple. El segundo grupo estuvo formado por animales que recibieron suero de leche líquido (SLL) como única fuente de líquido; mientras que los cerdos de los grupos tres, cuatro y cinco tuvieron como fuente de líquido SLL adicionado con 1%, 1.5% y 2% de L-glutamina, (SLG1, SLG1.5 y SLG2, respectivamente). Dichos tratamientos se administraron desde el día del destete (14 ± 3 días de edad) hasta por tres semanas posteriores a este. Al finalizar la fase experimental, el comportamiento productivo de los cerdos fue evaluado por tres semanas más (etapa de seguimiento). Durante éste periodo, la suplementación de suero de leche líquido con y sin glutamina en los grupos correspondientes, fue sustituida por agua. Dicho seguimiento se realizó con la finalidad de observar algún efecto residual de los tratamientos

¹ Nupig-Sew; Nutec S.A. de C.V. Hi-Milk, Destetina y Lechoncina; Purina S.A. de C.V.

administrados durante el periodo experimental. El agua y todas las soluciones de suero de leche líquido utilizadas en el presente estudio fueron colocadas en bebederos de plástico, con capacidad de 8 litros, dichas soluciones eran reemplazadas diariamente para evitar su descomposición. Al igual que las soluciones líquidas, el alimento fue ofrecido a libre acceso y formulado para contener todos los nutrientes requeridos para ésta etapa. La cantidad de alimento consumido y el sobrante en el comedero fue medido diariamente, similar procedimiento se utilizó para registrar el consumo de líquido. La ganancia de peso de los cerdos en cada tratamiento fue registrado semanalmente durante todo el periodo experimental (6 semanas). Esta variable fue medida utilizando una báscula² especializada en el pesaje de animales.

2.5 Análisis Estadístico y Variables de Respuesta.

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con 3 réplicas por tratamiento, siendo el factor de bloqueo el peso inicial. Las variables estudiadas en este experimento fueron: consumo diario de líquido, consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia. Las variables fueron analizadas por medio de ANOVA y la prueba de Tukey, para determinar que tratamientos presentaban diferencias significativas ($P < 0.05$). Se utilizó el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS⁷³, teniendo el siguiente modelo estadístico:

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

Donde,

Y_{ij} = Variable de respuesta.

μ = Media poblacional.

T_i = Efecto del i ésimo tratamiento $1 \leq i \leq 5$.

D_j = Efecto del J ésimo bloque $1 \leq J \leq 3$.

$E(ij)$ = Error aleatorio experimental.

3. RESULTADOS

3.1 Consumo Diario de Líquidos y Alimento Sólido

El análisis del consumo de líquidos durante la fase experimental y de seguimiento se presenta en el Cuadro 1. Durante la fase experimental, los animales suplementados con suero de leche líquido con y sin glutamina consumieron consistentemente mayores ($P<0.05$) cantidades de líquido que los cerdos del grupo control (2.58, 2.06, 1.85, 1.67 vs 1.05 litros, para los cerdos del grupo SLL, SLG1, SLG1.5, SLG2 y Control, respectivamente). En cuanto al consumo de líquido en los grupos que recibieron suero de leche con y sin glutamina como única fuente de líquido, la inclusión del aminoácido disminuyó ($P<0.05$) (1.67, 1.85, 2.06 vs 2.58 litros, para los cerdos del grupo SLG2, SLG1.5, SLG1 y SLL, respectivamente) notablemente el consumo de líquidos (Cuadro 7). Este efecto fue inversamente proporcional al porcentaje de inclusión del aminoácido. Sin embargo, durante las semanas restantes (fase de seguimiento), en las que se sustituyó el suero de leche líquido por agua, el comportamiento de ésta variable fue semejante ($P>0.05$) entre los diferentes tratamientos (3.32, 3.17, 3.57, 3.10 y 3.25 litros, para los cerdos del grupo Control, SLL, SLG1, SLG1.5 y SLG2, respectivamente). (Cuadro 1, 7).

El consumo de alimento sólido contrasta fuertemente con el consumo de líquidos (Cuadro 2) observado en el presente estudio. Los cerdos que recibieron el suero de leche como única fuente líquida, mostraron una marcada ($P<0.05$) reducción del consumo de alimento sólido durante el periodo experimental (290.4 vs 96.6, 20.0, 46.6, 13.3 gramos, para los cerdos del grupo Control, contra los grupos SLL, SLG1, SLG1.5, SLG2, respectivamente). Cuando se consideró la cantidad de materia seca aportada por el suero de leche líquido, aún el consumo de este nutriente es mayor ($P<0.05$) en el grupo Control que en aquellos con suero de leche líquido con y sin glutamina (290.4 vs 256.6, 163.3, 183.3, 146.6 gramos, para los cerdos del grupo Control y SLL, SLG1, SLG1.5, SLG2, respectivamente). Sin embargo al suspenderse la administración de los tratamientos, el consumo diario de alimento (evaluado a través del consumo total de sólidos), se incrementó significativamente, hasta por arriba del 100% en los grupos que recibieron el producto lácteo con y

² Mosdal Feed Carts; Montana. USA

sin glutamina (Cuadro 3), habiendo solamente una diferencia ($P<0.05$) en la primer semana del periodo de seguimiento a favor del grupo Control.

3.2 Ganancia Diaria de Peso

Durante el presente estudio, el consumo de alimento observado por los cerdos de todos los tratamientos experimentales se correlacionó directamente con su ganancia diaria de peso. Los animales que tuvieron mayor consumo de alimento (grupo Control) mostraron mayor ganancia diaria de peso (GDP) durante todo el periodo experimental, en comparación con los cerdos suplementados con SLL con y sin glutamina (0.419 vs 0.360, 0.290, 0.278, 0.230 kg, para los animales del grupo Control y SLL, SLG 1, SLG 1.5 y SLG 2, respectivamente) (Cuadro 4). A pesar de que los animales del grupo Control mostraron la mejor GDP, este parámetro sólo fue mayor ($P<0.05$) en la tercer semana del periodo experimental (Cuadro 4). Al suspender los tratamientos correspondientes (sustitución de SLL por agua en la fase de seguimiento) la GDP se incrementó por arriba del 150% en aquellos animales que recibieron SLL con y sin glutamina, sin alcanzar nunca el peso logrado por los cerdos del grupo Control.

3.3 Conversión Alimenticia

La cantidad de alimento necesario para obtener una unidad de ganancia de peso se presenta en el Cuadro 5 y 6. A pesar del efecto negativo sobre la ganancia diaria de peso, los animales suplementados con SLL, sin importar el nivel de glutamina, mostraron la mejor ($P<0.05$) conversión alimenticia, cuando se le compara con el grupo Control. Este efecto se mantuvo durante todo el periodo experimental (Cuadro 5), sin embargo, esta conversión alimenticia no es del todo cierta pues no se considera la materia seca aportada por el consumo del suero de leche líquido; por lo anterior, al tomar en cuenta la materia seca aportada por el producto lácteo la conversión alimenticia fue semejante ($P>0.05$) a lo largo de las 6 semanas del experimento (Cuadro 5).

4. DISCUSIÓN

El desarrollo del cerdo después del destete está determinado en gran parte por la edad y peso al destete, el potencial genético del crecimiento, la calidad del manejo y del medio ambiente, el estatus jerárquico del grupo, el estatus sanitario de los animales y las instalaciones, así como el programa de nutrición seleccionado²⁵. El tipo de alojamiento y el programa de alimentación del cerdo recientemente separado de la madre son fundamentales para asegurar un adecuado desarrollo posterior, por lo que es importante tener un conocimiento completo de los procesos de destete y las limitaciones fisiológicas del animal en la fase de transición de una dieta líquida (leche de la cerda) a un alimento seco.^{16, 23, 24} Alteraciones profundas en la estructura y función del intestino delgado suceden en las 24 horas posteriores al destete³¹ y consisten principalmente en una disminución en la altura de la vellosidades, aumento en la profundidad de las criptas y reducción de la actividad específica de las enzimas lactasa y sucrasa.^{31, 27} Estos cambios al parecer,³¹ son consecuencia de varios factores medioambientales o internos que generan un estado de estrés intenso,^{74, 75} y que probablemente sean la causa de la reducción de la capacidad de digestión y absorción^{29, 31} del intestino delgado, el bajo consumo voluntario de alimento y un pobre crecimiento comúnmente observados después del destete.^{31, 74} En el presente estudio, el intenso estrés provocado por el destete condujo a un pobre consumo de alimento en todos los cerdos, principalmente en las dos primeras semanas (Cuadro 2) posteriores a la separación de la madre. Similares observaciones han sido reportadas por Kimura y Nabuurs,^{74, 17} y en donde consistentemente se revela que el cambio brusco de una dieta líquida a una sólida^{24, 46, 72} y la combinación de factores ambientales y fisiológicos ocasionan las alteraciones productivas y de comportamiento observado en el presente estudio.

En condiciones prácticas, los cerdos producidos en explotaciones comerciales son destetados abruptamente y alimentados con raciones formuladas a base de maíz o sorgo y soya como fuente de carbohidratos y proteínas, respectivamente. Los animales reciben como única fuente de líquido, agua corriente y normalmente sin restricción. En estas condiciones, el consumo de agua durante los primeros días después del destete es bajo,^{74, 75} con pocas aproximaciones al bebedero.

Contrariamente, en el presente estudio se observó que esta conducta es completamente modificada al proporcionar al cerdo recién destetado una fuente de líquido de buen sabor y consistencia similares a los de la leche materna. En este trabajo es observada la gran gustocidad de los cerdos jóvenes por un producto líquido diferente a la leche materna. Sánchez⁷¹ y De La Cruz,³⁰ utilizando suero de leche líquido de cabra⁷¹ y de vaca,³⁰ también observaron importantes consumos de este subproducto en comparación de los cerdos que recibieron únicamente agua. Sin embargo, a diferencia del presente estudio, Sánchez,⁷¹ no observó consumo de líquidos que se aproximaran a superar la capacidad volumétrica del aparato digestivo del cerdo joven. Posiblemente la utilización del suero de leche de cabra (Sánchez⁷¹) y no de vaca como en el presente estudio y en el de De La Cruz³⁰ ocasionó esta diferencia.

Conforme aumentaba la inclusión de glutamina, el consumo de materia seca disminuyó proporcionalmente. Este efecto es confuso y posiblemente tenga relación con los incrementos graduales de energía proporcionados por el aminoácido. En el cerdo, al igual que en la mayoría de las especies⁷⁶, el principal supresor del apetito es el sistema nervioso central en los niveles de energía circulantes en sangre que se generan al satisfacer el requerimiento energético del animal⁷⁷. En promedio los cerdos consumieron 2.72 g/día de aminoácido en los diferentes tratamientos.

El NRC⁷⁸, señala que el requerimiento energético del cerdo de 1 a 5 kg de peso corporal es de 850 kcal/día de energía digestible, abastecida solo por el alimento comercial. Por lo que el requerimiento de energía en los animales que consumieron el aminoácido posiblemente satisfizo los requerimientos energéticos de estos animales.

Por otra parte, se observó un comportamiento contrario al pobre consumo de alimento, en la variable consumo diario de líquidos el cual se mantuvo elevado, principalmente en los cerdos que consumieron SLL con o sin glutamina comparado con los animales del grupo Control. Resultados similares han sido obtenidos en otros trabajos^{70, 71} donde los cerdos recién destetados suplementados con SLL, mostraron un alto consumo de este ingrediente y una ganancia de peso aceptables, por lo que estos investigadores concluyeron que el SLL tiene gran aceptabilidad en cerdos debido a sus características similares en cuanto al sabor y consistencia a la leche materna.

Sin embargo, la pobre GDP observada en los cerdos suplementados con SLL adicionada o no con glutamina durante el presente trabajo contrasta fuertemente con los resultados obtenidos por Wu et

al⁶³ y Sánchez⁷¹ en cerdos destetados a 21 días de edad y suplementados con L-glutamina. Esta diferencia tan marcada en la GDP y en el consumo diario de alimento en los resultados del presente estudio con respecto a los obtenidos por los investigadores antes citados son, posiblemente debidos a que en éste estudio se ofreció el SLL con y sin glutamina a libre acceso por lo cual los cerdos prefirieron consumirlo al alimento, posiblemente por su sabor y características similares a la leche materna,⁶⁵ lo cual suprimió el consumo de alimento sólido durante el periodo de administración de los tratamientos correspondientes, al saturar posiblemente, la capacidad digestiva de estos cerdos. Sin embargo, Sánchez⁷¹ al suplementar L-glutamina al 1% en suero de leche líquido en cerdos destetados a 21 días observó mejoras en la ganancia de peso de los cerdos con éste tratamiento, en comparación con los del grupo control, a diferencia que él solamente evaluó este parámetro una semana posterior al destete siendo sus resultados mejores pero no significativos estadísticamente. A este respecto, en otro estudio⁶³ al suplementar 1% de L-glutamina en cerdos destetados a los 21 días de edad observó mejoras significativas en la ganancia de peso, sin embargo, este investigador suplementó la glutamina en el alimento iniciador y de manera parenteral, lo cual posiblemente marque la diferencia con los resultados del presente trabajo, que como se mencionó anteriormente en este estudio, se observó que la ingestión de SLL suprimió el consumo de alimento sólido (Cuadro 2) debido, posiblemente a su alta gustocidad y a que los cerdos llenaban quizá su capacidad digestiva; además, de que probablemente la glutamina aportó los requerimientos energéticos que requieren los enterocitos y otras células de rápida división de cerdos de esa edad,^{40, 43, 51} lo cual quizás cubrió sus demandas energéticas y con esto probablemente se suprimió el consumo de alimento sólido, y al haber un bajo consumo de alimento no se satisfacen necesidades nutricionales de proteína, aminoácidos, vitaminas, etc. para un óptimo desempeño productivo⁷⁴ a pesar de contar el 6% de materia seca aportado por el subproducto lácteo (Cuadro 2). Contrario al pobre consumo de alimento y baja ganancia de peso durante el periodo experimental, en la fase de seguimiento los cerdos que recibieron SLL adicionado o no con glutamina mostraron un incremento en el consumo diario de alimento (Cuadro 1) por arriba del 150%, así como un aumento en la ganancia diaria de peso (Cuadro 4). Otro factor que pudiera contribuir a ésta mejora en peso es quizás que la glutamina promovió que los enterocitos permanecieran con una elevada funcionalidad al permanecer las vellosidades y criptas intestinales en mejor estado, en aquellos cerdos suplementados con el aminoácido, como lo demuestra De la Cruz.³⁰ Sin embargo, a pesar

de ésta mejora en los parámetros productivos durante la etapa de seguimiento, los cerdos suplementados con suero de leche líquido con o sin glutamina, nunca igualaron el peso de aquellos cerdos del grupo control.

5. CONCLUSIÓN

El no encontrar efectos benéficos al incluir L-glutamina posiblemente se deba al pobre consumo de alimento sólido registrado en las tres semanas posteriores al destete por una preferencia del consumo del suero de leche líquido o con menor probabilidad a una posible inhibición en la absorción de éste aminoácido por parte de algún elemento del suero de leche o bien, a que la glutamina podría estar cubriendo gran parte de las necesidades energéticas del cerdo, disminuyendo el consumo de alimento sólido. La respuesta a dichas hipótesis requiere estudios adicionales.

LITERATURA CITADA.

1. Batista GL. Evaluación de un sistema de destete temprano a través de la informática. Seminario sobre actualidades del destete temprano. LADISA, 25-26 de julio de 1997: 2-7.
2. Dritz SS, Chengappa MM, Nelsen LJ, ToKach DM, Goodband DR, Nietfeld, CJ, Staats JJ. Growth and microbial flora of no medicated, segregated, early weaned pigs from a commercial swine operation. *J. Anim. Vet. Med. Assoc.* 1996; 208: 711.
3. Friesen RD, Goodband RD, Nelssen JL, Blecha J, Reddy DN, Reddy PG, Kats LJ. The effect of pre and postweaning exposure to soybean meal on growth performance on the immune response in the early-weaned pig. *J Anim Sci* 1993; 71:2089.
4. Shon KS, Maxwell CV, Buchanan DS, Southern LL. Improved soybean protein sources for early-weaned pigs. I. Effects on performance and total tract amino acid digestibility. *J Anim Sci* 1994; 72: 622.
5. Jurgens M, Rikabi RA, Zimmerman DR. The effect of dietary active dry yeast supplement on performance of sows during gestation-lactation and their pigs. *J Anim Sci* 1997; 75:593-597.
6. Hansen J A, Nelssen J L and Goodband RD. Evaluation of animal protein supplements in diets early weaned pigs. *J. Anim Sci.*1993; 71: 1853.
7. Zimmerman DR. Nutrición del lechón. *Porcira*. 1984; 102: (9).
8. Makkink CA, Negulescu GP, Guixin Q, Verstegen MW. Effecte of dietary protein source on feed intake, growth, pancreatic enzyme activities and jejunal morphology in newly-weaned piglets. *Brit. J. Nutr.* 1994; 72: 353-368.
9. Stoner GR, Alle GL, Nelssen JL, Jhonston ME, Goodband RD. Effect of select menhaden fish meal in starter diets for pigs. *J. Anim. Sci.* 1990; 68: 2729-2735.
10. Peiniau J, Aumaitre A, Lebreton Y. Effects of dietary protein sources differing in solubility on total tract and ileal apparent digestibility of nitrogen and pancreatic enzymes activity in early weaned pigs. *Livestock Prod. Sci.* 1996; 45: 197-208.
11. Dunsford RD. Conceptos modernos en la nutrición de lechones destetados. *Cerdos.* 1999; 19: 3-8.

12. Cesaria RS. Destete precoz de lechones y utilización digestiva de los alimentos. XIX Simposium de Ganadería Tropical; 1995 mayo 3; Tópicos relevantes en porcicultura. INIFAP.
13. Miller VG, James PS, Smith MW, Bourne FJ. Effect of weaning on the capacity of pig intestinal villi to digest and absorb nutrients. *J. Agr. Sci.* 1986; 107: 579-589.
14. Burke DJ, Alverdy JC, Aoye E, Moss GS. Glutamine-supplemented total parenteral nutrition improves gut immune function. *Arch Surg* 1988; 124: 1396.
15. Li, D.F., Nelssen, J. L., Reddy, P. G., Hancock, J. D., Goodband, R.D. and Klemm, R. D.: Interrelationship between hypersensitivity to soybean proteins and growth performance in early weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 1991; 69: 4062.
16. Kelly D, King TP, Mc Fadyne M, Coutts AG. Effect of preclosure colostrum intake on the development of the intestinal epithelium of artificially reared piglet. *Biology of Neonate.* 1994; 65: 235-244.
17. Nabuurs AJ, Van Zijderveld GF, De Leeuw WP. Clinical and microbiological field studies in the Netherlands of diarrhea in pigs at weaning. *Res. Vet. Sci.* 1993; 55: 70-77.
18. Zijlstra RT, Whang KY, Easter RA, and Odle J. Effect of feeding a milk replacer to early-weaned pigs on growth, body composition, and small intestinal morphology and compared with suckled littermates. *J. Anim Sci.* 1996a; 79: 2948-2959.
19. García LR. Nutrición del lechón. Compendio de la industria porcina. Sistema de Universidad Abierta U.N.A.M. 1992; 1 (1).
20. Pond y Maner 1984
21. Sangild PT, Westrom BR, Fowden AL, Silvern M. Development regulation of the porcine exocrine pancreas by glucocorticoids. *J Pediatric Gastroent Nutr* 1994; 19:204-212.
22. Aumaitre A, Peiniau J, Made F. Digestive adaptation after weaning and nutritional consequences in the piglet. *Pig News and information* 1995; 16: 73-79.

23. Pluske JR, Thompson MJ, Atwood C Bird PH, Williams IH, Hartmann P. Maintenance of villus height and crypt depth, and enhancement on disaccharide digestion and monosaccharide absorption, in piglets fed on cows whole milk after weaning. *Brit. J. Nutr.* 1996; 76: 409-422.
24. Feunderburke, D. W. Y Seerley, R. W.: The effects of postweaning stressors on pig weight change, blood, liver and digestive tract characteristics. *J. Anim. Sci.* 68: 155 (1990).
25. Aherne F, Hogberg MG, Kornegay ET, Shurson GC. Management and nutrition of newly weaned pig. Purdue University Cooperative Extension Service, PIH-111. West Lafayette, Indiana. 1992; 1-4.
26. Cera KR, Mahan DC, Cross RF, Reinhart GA, Whitmoyer R. Effect of age, weaning and post-weaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. *J. Anim Sci* 1988; 66:574-588.
27. Li DF, Nelssen PG, Reddy F, Blecha RD, Klemm DW, Giesting J, Hancock D, Allene GL, Goodband RD. Transient hypersensitivity to soybean meal in the early-weaned pig. *J Anim Sci* 1990; 68:1790.
28. Mahan DC. Evaluating two sources of dried whey and the effects of replacing corn and dried whey component with corn gluten meal and lactose in the diets of weanling swine. *J. Anim. Sci.* 1993, 71: 2860.
29. Hampson DJ. Alterations in piglet small intestinal structure at weaning. *Res. Vet. Sci.* 1986; 40:32-40.
30. De la Cruz LA. Efecto de la inclusión de L-glutamina sobre la mucosa intestinal de cerdos destetados precozmente. (Tesis licenciatura). México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. 1999.
31. Kelly D, Smith JA, McCracken KJ. Digestive development of the early-weaned pig. 1. Effect of continuous nutrient supply on the development of the digestive enzyme activity during the

- first week post-weaning. 2. Effect of level of food intake on digestive enzyme activity during the immediate post-weaning period. *British J Nutr* 1991 a; 65:169-188.
32. Kenworthy R. Observations on the effect of weaning in the young pig: Clinical histopathological studies of intestinal function and morphology. *Res Vet Sci* 1976; 21: 69.
 33. Blecha FD, Pollmann DS and Nichols DA. Weaning pigs at an early age decreases cellular immunity. *J Anim Sci* 1983; 56: 396.
 34. Hampson DJ, Z Fu, Smith W. Pre-weaning supplementary feed and porcine post-weaning diarrhoea. *Res Vet Sci* 1988; 44:309.
 35. Borbolla AG. Utilization of nutrients by the small intestine of the developing pig and role of corticosteroids in postweaning Lag pigs (Thesis). Texas A&M University, 1994.
 36. Robert S, Martineau GP. Reconciling productivity and welfare in intensive pig husbandry: a challenge for the year 2000. *Rev Sci Tech Off Int Epiz* 1994; 3: 109.
 37. Le Dividich J, Herpin P. Effect of low-fat colostrum on fat accretion and lipogenic enzyme activities in adipose tissue in the one-day old pig. *Comp. Bioch. Phy.* 1994; 108A: 663-671.
 38. Souba WW, Wilmore DW. Gut-liver interaction during accelerated gluconeogenesis. *Arch Surg* 1985; 120:66.
 39. Wu G, Knabe DA, Yan W, Flynn NE. Glutamine and glucose metabolism in enterocytes of the neonatal pig. *Am J Physiol* 1995; 268:R334-R342.
 40. Wu G, Knabe DA. Free and protein-bound amino acids in sow's colostrum and milk. *J Nutr.* 1994; 124:415-424.
 41. Meier SA, Knabe DA, Wu G, Borbolla AG. Glutamine supplementation diets of 21 day-old pigs. *J Anim Sci* 1994; 71: 170.
 42. Horvarth K., Jami M, Hill D, Papadimitriou JC, Laurence S, Chanasongcram S. Isocaloric glutamine-free diet and the morphology and function of rat small intestine. *J. Parenteral Enteral Nutr.* 1996; 20: 2:128-134.

43. Fox RE, Hopkins IB, Cabacungan EB, Tildon T. The role of the glutamine as an energy source in the developing rat lung. *J. Nutr.* 1996; 126: 1131s-1136s.
44. Islam S, Mahalanabis D, Chowdhury AK, Wahed MA, Rahman HM. Glutamine is superior to glucose in stimulating water and electrolyte absorption across rabbit ileum. *Digestive Diseases Sci* 1997; 42: 420-423.
45. Welbourne TC, Phromphetchart V, Givens G. and Joshi S. Regulation of interorgan glutamine flow in metabolic acidosis. *Amer J Physiol* 1997; 250:E457.
46. Kimura R. Glutamine oxidation by developing rat small intestine. *Pediatr Res* 1987; 21: 214
47. Nagy L, Kretchmer N. Utilization of glutamine in the developing rat jejunum. *J Nutr* 1987; 118: 189.
48. Ashy AA and Ardawi MS. Glucose, glutamine, and body metabolism in human enterocytes. *Metabolism* 1988; 37: 602.
49. Shenoy BV, Roig CJ, Kubilis P, and Neu J. Characterization of Glutaminase in the Developing Rat Small Intestine. *J Nutr* 1996; 25: 1121S-1130S.
50. Roig JC, Meetze WH, Auestad N, Jasionowski T, Veerman M, McMurray CA, Neu J. Enteral glutamine supplementation for the very low birthweight infant: plasma amino acid concentrations. *J Nutr* 1996; 126: 1115s-1120s.
51. Blaauw I, Deutz N, Van Der Hulst W, Meyenfeldt Von. Glutamine depletion and increased gut permeability in nonanorectic, non-weight-losing tumor-bearing rats. *Gastroenterology.* 1997; 112: 118-126.
52. Welbourne TC. Interorgan glutamine flow in metabolic acidosis. *Am J Physiol* 1987; 253:F1069.

53. Roig JC, Meetze WH, Auestad N, Jasionowski T, Veerman M, McMurray CA, Neu J. Enteral glutamine supplementation for the very low birth weight infant: plasma amino acid concentrations. *J Nutr* 1996; 126: 1115s-1120s.
54. Hamilton, P.B.: Glutamine: a major constituent of free α - amino acids in animal tissues and blood plasma. *J. Biol. Chem.* 158: 397-409 (1945).
55. Jepson MM, Bates PC, Broadbent P, Pell JM, Millward DJ. Relationship between glutamine concentration and protein synthesis in rat skeletal muscle. *Am. Physiol.* 1988; 255: E166-E172.
56. Krebs H. Glutamine metabolism in the animal body. In *Glutamine: Metabolism, Enzymology, and Regulation* (Mora, J and Palacios, E., eds). Academic Press, New York, N. Y. 1980.
57. Flynn EN, and Wu G. Glucocorticoids play an important role in mediating the enhanced metabolism of arginine and glutamine in enterocytes of postweaning pigs. *J Nutr* 1997; 127: 732-737.
58. Colomb V, Darcy-Vrillon B, Jobert A, Guihot G, Morel M, Corriol O, Ricour C, Duée P. Parenteral nutrition modifies glucose and glutamine metabolism in rat isolated enterocytes. 1997. *Gastroenterology*; 112:429-436.
59. Smith RJ. Glutamine metabolism and its physiologic importance. *JPEN*. 1990; 14(4): 40S-44S.
60. Mertz ET, Beeson WM, Jackson HD. Classification of essential amino acids for weanling pigs. *Arch. Biochem. Biophys.* 1952; 32: 121-128.
61. Visek WJ. An update of concepts of essential amino acids. *Annu. Rev. Nutr.* 1984; 4: 137-155.
62. Dugan ME, Knabe DA, Wu G. Glutamine and glucose metabolism in intraepithelial lymphocytes from pre-and post-weaning pigs. *Com. Biochem. Physiol.* 1994; 109B: 675-681.
63. Wu G, Meier S, Knabe DA. Dietary Glutamine Supplementation Prevents Jejunal Atrophy in Weaned Pigs. *J Nutr* 1996; 126:2578-2584.

64. Watford ME, Lund P, Krebs H. Isolation and metabolic characterization of rat and chicken enterocytes. *Biochem. J.* 1979; 178: 589-596.
65. Leibbrandt VD, Benevanga NJ. Utilization of liquid whey in feeding swine. En Miller, R. E., Ullerey, E. D., Lewis, J. A. Swine nutrition. Ed Butterworth-Heinemann. USA. 1991.
66. Hernández, M.: Nutritional evaluation of cereal cheese whey mixtures. *Journal of Food Sci.* 1981, 47: 81-83.
67. Cinq -Mars D; B' elanger G, Lachance B, Brisson GJ. Performance of early weaned piglets fed diets containing various amounts of whey protein concentrate. *J. Anim. Sci.* 1986, 63: 835-842.
68. García CC. Efecto del suero de leche de cabra y vaca como sustituto parcial en cabritos en un sistema de lactancia artificial. Tesis de licenciatura. Fac Med Vet Zoot UNAM 1993.
69. Maswaure SM, Mandisodza KT. An evaluation of the performance of weaned pigs fed diets incorporating fresh sweet liquid whey. *Anim Feed Sci Technol* 1995; 54:193-201.
70. Vieyra CM. Alimentación complementaria del lechón lactante con suero de leche de vaca y gluten de maíz. (Tesis de Licenciatura). Departamento de Agrobiología. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Huamantla, Tlaxcala. 1995
71. Sánchez GB. Efecto del suero de leche y de la L-Glutamina sobre los parámetros productivos del lechón y del cerdo destetado precozmente (tesis licenciatura). México: Facultad de medicina Veterinaria y Zootecnia. U.N.A.M., 1997.
72. SAS SAS User's Guide: Statics SAS Inst. Inc., Cary, NC. 1988.
73. Varley MA. Neonatal pig. Development and survival. CAB International.. USA, 1995.
74. Leibbrandt VD, Ewan RC, Speer VC, Zimmerman DR. Effect of weaning on baby pig performance. *J. Anim. Sci.* 1975; 40:1077.
75. McCracken BA, Gaskins HR, Ruwe-Kaiser PJ, Klasing KC, Jewell DE. Diet-dependent and diet-independent metabolic responses underlie growth stasis of pig at weaning. *J.Nutr.* 1995; 125: 2838.

76. Stricker EM. Hyperphagia. N.Engl.J.Med. 1978; 298: 1010.
77. Ganong FM. Fisiología médica. 13ªed. México: El Manual Moderno, 1992
78. NRC. Nutrient Requirements of Swine 9a Edition. National Academy Press, Washington, DC. (1988)

Cuadro 1. Consumo diario de líquido de cerdos destetados a los 14 días de edad con diferente fuente de líquido durante el periodo experimental y de seguimiento¹.

Variable	Días	Tratamiento				
		Agua	SLL	SLG1	SLG1.5	SLG2
Consumo diario de líquidos, l	0 -7 ²	0.61 ± 0.06 a	1.51 ± 0.32 b	1.50 ± 0.09 b	1.35 ± 0.25 bc	1.09 ± 0.10 c
	7-14	0.82 ± 0.12 a	2.66 ± 0.25 b	2.14 ± 0.02 c	1.74 ± 0.32 c	1.75 ± 0.37 c
	14-21	1.73 ± 0.02 b	3.57 ± 0.12 a	2.56 ± 0.39 b	2.46 ± 0.63 b	2.17 ± 0.54 b
	21-28 ³	2.80 ± 0.41	3.07 ± 0.14	3.67 ± 0.24	2.38 ± 0.67	3.20 ± 0.03
	28-35	2.97 ± 0.48	3.07 ± 0.31	3.31 ± 0.77	3.21 ± 0.23	3.34 ± 0.39
	35-42	4.19 ± 0.22	3.37 ± 0.29	3.73 ± 0.57	3.73 ± 0.27	3.23 ± 0.59

Los valores muestran las medias ± el error estándar de los grupos experimentales (n=8).

² Al día 0, los cerdos tenían 14 días de período.

³ Etapa de seguimiento, día 21.

^{a, b, c} Medias con distinta literal en la misma fila son estadísticamente diferentes P<0.05

Cuadro 2. Consumo diario de alimento de cerdos destetados a los 14 días de edad con diferente fuente de líquidos durante el periodo experimental¹.

Variable	Días	Tratamiento				
		Agua	SLL	SLG1	SLG1.5	SLG2
Consumo diario de Sólidos, g	0 -7 ²	130 ± 0 a	40 ± 10 b	30 ± 20 b	10 ± 0 b	20 ± 20 b
	7-14	300 ± 40.0 a	80 ± 30 b	10 ± 0 b	40 ± 30 b	10 ± 10 b
	14-21	570 ± 110 a	170 ± 60 b	20 ± 20 b	90 ± 60 b	10 ± 0 b
Consumo diario de Sólidos, g ³	0 ² -7	130 ± 0	140 ± 0	130 ± 20	110 ± 20	110 ± 30
	7-14	300 ± 40.0 a	240 ± 20 ab	160 ± 20 b	170 ± 10 b	150 ± 40 b
	14-21	570 ± 110 a	390 ± 60 ab	200 ± 10 bc	270 ± 50 bc	180 ± 40 c

¹ Los valores muestran las medias ± el error estándar de los grupos experimentales (n=8)

² Al día 0, los cerdos tenían 14 días de edad.

³ Se incluye el 6 % de materia seca contenido en el SLL.

^{a, b, c} Medias con distinta literal en la misma fila son estadísticamente diferentes P<0.05

Cuadro 3. Consumo diario de alimento de cerdos destetados a los 14 días de edad con diferente fuente de líquidos durante el periodo de seguimiento¹.

Variable	Días	Tratamiento				
		Agua	SLL	SLG1	SLG1.5	SLG2
Consumo diario de Sólidos, g	21-28 ²	700 ± 100 a	650 ± 60 ab	450 ± 70 bc	420 ± 60 c	410 ± 40 c
	28-35	800 ± 140	690 ± 70	590 ± 20	620 ± 60	490 ± 30
	35-42	1130 ± 200	900 ± 40	780 ± 120	850 ± 60	820 ± 150

¹ Los valores muestran las medias ± el error estándar de los grupos experimentales (n=8).

² Al día 21, los cerdos tenían 35 días de edad.

^{a, b, c} Medias con distinta literal en la misma fila son estadísticamente diferentes P<0.05

Cuadro 4. Ganancia diaria de peso de cerdos destetados a los 14 días de edad con diferente fuente de líquidos durante el periodo experimental y de seguimiento¹.

Variable	Días	Tratamiento				
		Agua	SLL	SLG1	SLG1.5	SLG2
Ganancia Diaria de Peso, kg	0-7 ²	0.14 ± 0.02	0.09 ± 0.03	0.09 ± 0.05	0.05 ± 0.03	0.08 ± 0.04
	7-14	0.19 ± 0.07	0.20 ± 0.03	0.11 ± 0.01	0.09 ± 0.03	0.10 ± 0.01
	14-21	0.38 ± 0.08 a	0.25 ± 0.03 ab	0.12 ± 0.01 bc	0.21 ± 0.05 bc	0.08 ± 0.02 c
Ganancia Diaria de Peso, kg	21-28 ³	0.58 ± 0.11	0.57 ± 0.07	0.43 ± 0.11	0.32 ± 0.09	0.27 ± 0.08
	28-35	0.46 ± 0.04	0.43 ± 0.07	0.36 ± 0.04	0.42 ± 0.04	0.38 ± 0.03
	35-42	0.77 ± 0.10	0.62 ± 0.03	0.62 ± 0.10	0.58 ± 0.02	0.48 ± 0.11

¹ Los valores muestran las medias ± el error estándar de los grupos experimentales (n=8).

² Al día 0, los cerdos tenían 14 días de edad.

³ Etapa de seguimiento, día 21.

^{a, b, c} Medias con distinta literal en la misma fila son estadísticamente diferentes P<0.05

Cuadro 5. Conversión alimenticia de cerdos destetados a los 14 días de edad con diferente fuente de líquidos durante el periodo experimental¹.

Variable	Días	Tratamiento				
		Agua	SLL	SLG1	SLG1.5	SLG2
Conversión Alimenticia	0 -7 ²	0.99 ± 0.23 a	0.58 ± 0.14 b	0.17 ± 0.12 c	0.09 ± 0.05 c	0.18 ± 0.12 c
	7-14	2.39 ± 1.02 a	0.35 ± 0.11 b	0.06 ± 0.02 b	0.41 ± 0.29 b	0.09 ± 0.06 b
	14-21	1.49 ± 0.18 a	0.65 ± 0.13 b	0.19 ± 0.14 c	0.38 ± 0.10 bc	0.10 ± 0.05 c
Conversión Alimenticia ³	0 -7	0.99 ± 0.23	2.65 ± 1.57	0.68 ± 0.34	1.05 ± .066	2.01 ± 0.51
	7-14	2.39 ± 1.02	1.18 ± 0.05	1.5 ± 0.21	2.33 ± 0.72	1.51 ± 0.19
	14-21	1.49 ± 0.18	1.53 ± 0.03	1.68 ± 0.18	1.36 ± 0.11	2.79 ± 1.18

¹ Los valores muestran las medias ± el error estándar de los grupos experimentales (n=8).

² Al día cero, los cerdos tenían 14 días de edad.

³ Se incluye el 6 % de materia seca contenido en el SLL.

^{a, b, c} Medias con distinta literal en la misma fila son estadísticamente diferentes P<0.05

Cuadro 6. Conversión alimenticia de cerdos destetados a los 14 días de edad durante el periodo de seguimiento¹.

Variable	Días	Tratamiento				
		Agua	SLL	SLG1	SLG1.5	SLG2
Conversión Alimenticia	21-28 ²	1.22 ± 0.05	1.14 ± 0.03	1.10 ± 0.13	1.44 ± 0.29	1.77 ± 0.53
	28-35	1.71 ± 0.21	1.64 ± 0.18	1.65 ± 0.12	1.51 ± 0.25	1.33 ± 0.13
	35-42	1.45 ± 0.07	1.48 ± 0.13	1.27 ± 0.07	1.47 ± 0.07	1.74 ± 0.10

¹ Los valores muestran las medias ± el error estándar de los grupos experimentales (n=8).

² Al día 21, los cerdos tenían 35 días de edad.

Cuadro 7. Parámetros productivos de cerdos destetados a los 14 días de edad con diferente fuentes de líquidos¹.

Variable	Días	Tratamientos				
		Agua	SLL	SLG1	SLG1.5	SLG2
Consumo Diario de líquidos, lt	0-21 ²	1.05 c	2.58 a	2.06 a, b	1.85 b	1.67 b, c
	21-42 ³	3.32	3.17	3.57	3.10	3.25
Consumo Diario de Alimento, g	0-21	290.43 a	96.66 b	20.00 b	26.66 b	13.33 b
	21-42	876.66	746.66	606.66	630.00	573.33
Ganancia Diaria de Peso, kg	0-21	0.236 a	0.180 a, b	0.106 b, c	0.116 b, c	0.086 c
	21-42	0.603	0.540	0.470	0.440	0.376
Conversión Alimenticia	0-21	1.62 a	0.52 b	0.14 c	0.29 b, c	0.12 c
	21-42	1.46	1.42	1.34	1.47	1.61

¹ Se muestra el valor promedio acumulado de los grupos experimentales (n=8).

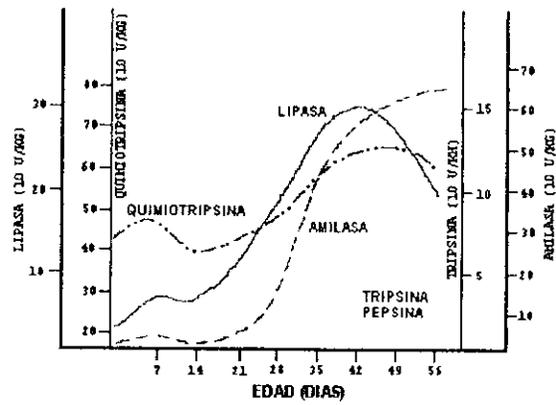
² Se muestran los valores promedio durante la etapa experimental.

³ Se muestran los valores promedio durante la etapa de seguimiento.

^{a, b, c} Medias con distinta literal en la misma fila son estadísticamente diferentes P<0.05

ANEXO I

Evolución de la actividad enzimática en el cerdo.



ANEXO 2

Composición del suero de leche líquido en promedio por 100 gramos.

Componentes	Suero por coagulación ¹ , %	Suero por acidificación ² , %
Sólidos totales	6.7	6.4
Lactosa	4.9	4.3
Proteínas	0.9	0.9
Grasa	0.1-0.3	0.1
Cenizas	0.5-0.7	.07-0.8
pH	5.8-6.6	4.6

Vega¹⁹⁸⁰

¹ De queso o caseína obtenidos por cuajo.

² De queso tipo cottage o caseína ácida.

Contenido de proteínas lácteas.

Proteínas	Proteína láctea total, %
Caseína ¹	78
β -lactoalbúmina ²	14
α -lactoalbúmina ²	3
Inmunoglobulinas ²	2
Albumina sanguínea ²	3

Vega¹⁹⁸⁰

¹ Proteína ausente en el suero de leche líquido.

² Proteínas presentes en el suero de leche líquido.