

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES**  
**Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia**

**TESIS**

**“Efecto de la incorporación de lactosa en alimentos de iniciación  
sobre la digestibilidad de los nutrientes y la eficiencia alimenticia  
en lechones recién destetados”**

**Que para obtener el título de  
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**PRESENTA**

**PMVZ Edgar Muñoz Hernández**

**Ph. D. Tércia Cesária Reis de Souza**  
**ASESOR**

**Santiago de Querétaro, Qro. Agosto del 2000.**

No. Reg. 646115

Clas. TS

636.4

1971a

# INDICE

| <i>Título</i>  | <i>Página</i> |
|--|---------------|
| Dedicatoria  | <i>i</i>      |
| Agradecimientos  | <i>ii</i>     |
| Indice de cuadros.   | <i>iii</i>    |
| Indice de gráficas.  | <i>iv</i>     |
| Indice de figuras  | <i>v</i>      |
| Resumen  | <i>vi</i>     |
| <br>   |               |
| I. Introducción.   | 1             |
| <br>   |               |
| II. Revisión de literatura.  | 5             |
| 1.- El destete y la alimentación del lechón.                             | 5             |
| 1.1 Edad óptima del destete.   | 5             |
| 1.2 Estrategias del destete.   | 6             |
| 1.3 El desarrollo morfofisiológico del aparato digestivo.                | 7             |
| 1.3.1 Desarrollo físico.   | 7             |
| 1.3.2 Digestión y absorción de nutrientes.                               | 10            |
| El desarrollo enzimático y el proceso de digestión.                      | 10            |
| Efecto del destete sobre el desarrollo enzimático en el tracto digestivo | 15            |
| Digestión de carbohidratos.  | 17            |
| 1.4 Apetito y aceptación del alimento.                                   | 18            |
| 2.-Utilización digestiva de los alimentos después del destete.           | 21            |
| 2.1 La digestión de los alimentos.                                       | 21            |
| 2.2 Evolución de la digestibilidad aparente después del destete.         | 21            |
| 2.3 Factores que intervienen con la digestibilidad.                      | 22            |
| 3.- La composición de la dieta posdestete: uso de subproductos lácteos.  | 23            |
| <br>   |               |
| III. Hipótesis.  | 28            |
| <br>   |               |
| IV. Objetivos.   |               |
| Objetivo general.  | 29            |
| Objetivos específicos.   | 29            |
| <br>   |               |
| V. Material y métodos.   | 30            |
| 1.- Dietas y manejo en general.  | 31            |

|  |    |
|--|----|
| Experimento 1.   | 31 |
| Experimento 2.   | 32 |
| 2.- Manejo específico.   | 34 |
| 2.1 Experimento 1: digestibilidad total aparente.              | 34 |
| 2.2 Experimento 2: prueba de comportamiento.                   | 36 |
| 3.- Análisis de datos.   | 36 |
| 4.- Análisis estadístico.                                      | 38 |
| VI. Resultados y discusión.                                    | 39 |
| Experimento 1: prueba de digestibilidad total aparente.        | 39 |
| Digestibilidad total aparente de materia seca.                 | 39 |
| Digestibilidad total aparente de proteína cruda.               | 41 |
| Digestibilidad total aparente de energía.                      | 43 |
| Experimento 2: prueba de comportamiento zootécnico.            | 45 |
| 1.-Consumo de alimento en los dos<br>primeros días posdestete. | 45 |
| 2.- Desarrollo semanal.  | 45 |
| 3.- Desarrollo por fase experimental.                          | 48 |
| VII. Conclusiones.   | 50 |
| VII. Anexos.   | 52 |
| IX. Bibliografía.  | 53 |

## DEDICATORIA

### ***A Dios:***

*Por darme la oportunidad de dar un paso muy importante en mi vida; el cual asumo con responsabilidad, alegría y entusiasmo.*

### ***A mis padres:***

*José Narciso Muñoz y María Soledad Hernández, quienes han guiado cada paso de mi vida con todo cariño y respeto a mis decisiones. Gracias por darme todo lo que soy.*

### ***A mi hermana:***

*Erica Muñoz; gracias por darme la alegría en mi vida y el apoyo que tanto necesité en la última etapa de mi carrera, siempre recordaré lo que has hecho por mí.*

### ***A mis maestros:***

*Dra Tercia Reis de Souza y Dr. Gerardo Mariscal. Gracias por todo el gran apoyo que siempre he recibido de ustedes sobre todo por su gran amistad, la cual valoro enormemente.*

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Querétaro, quién me ha forjado como un profesionista crítico y responsable, útil para la sociedad.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) a través del Sistema de Investigación Miguel Hidalgo (SIHGO) por el apoyo financiero para la realización del proyecto del cual derivó esta tesis y por la beca que me fue proporcionada durante su realización.

Al Centro Nacional de Investigaciones en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENIF y MA) INIFAP campus Ajuchitlán por brindarme los espacios necesarios para la realización de este trabajo de tesis.

Al Patronato de Apoyo para la Investigación y Experimentación Pecuaria en México PAIEPEME AC. Por proporcionarnos el apoyo suficiente para la realización de este trabajo.

A los honorables miembros del jurado: MC. Araceli Aguilera Barreyro, MVZ Francisco Domínguez Servien, MVZ Teresa Pérez Reséndiz y al MC Hector Andrade Montemayor por fungir como sinodales en mi examen profesional.

A toda mi familia: Hernández Ruiz y Muñoz Martínez por apoyarme y alentarme a seguir adelante siempre.

A mis maestros: Dr. Carlos Sosa, MVZ Carlos Rodríguez, MVZ Angel Alemán, MC María de Jesús Guerrero, Dr. Juan de Dios Garza, MC Guillermo de la Isla, MVZ José Morales, Dra. Guadalupe Bernal y MC Irma Gómez ya que de todos y cada uno de ellos he aprendido algo importante para mi vida profesional, lo cual difícilmente se enseña en las aulas de clases.

A mis amigos: Lily, Carlos, Jazmín, Alejandra, Rita, Mayte, Jacobo, Chícharo, Beto, Alejandro, Michel, Sandra, Marce, Xóchitl, Nadia, Zaid, Silvia, Octavio, Martín, Lucia, Natalia y Jovana los cuales siempre me han brindado la gran experiencia de su amistad y compañía espero seguir contando con todos ustedes.

## INDICE DE CUADROS

| <i>Título</i>  | <i>Página</i> |
|--|---------------|
| <i>Cuadro 1.</i> Efecto de la edad y del destete sobre la altura de las vellosidades intestinales.                               | 9             |
| <i>Cuadro 2.</i> Efecto de la edad posdestete sobre la digestibilidad de los nutrientes.   | 10            |
| <i>Cuadro 3.</i> Composición de los nutrientes de la leche de la cerda.  | 11            |
| <i>Cuadro 4.</i> Hidrólisis enzimática y bacteriana de carbohidratos en el tracto digestivo del lechón destetado.                | 13            |
| <i>Cuadro 5.</i> Efecto de la fuente de proteína y de lactosa sobre algunos parámetros fisiológicos del lechón recién destetado. | 25            |
| <i>Cuadro 6.</i> Respuesta según el peso al destete de cerdos alimentados con una dieta simple y compleja.                       | 25            |
| <i>Cuadro 7.</i> Dietas del Experimento 1 (prueba de digestibilidad total).  | 31            |
| <i>Cuadro 8.</i> Dietas del Experimento 2 (prueba de comportamiento zootécnico).   | 32            |
| <i>Cuadro 9.</i> Resultados de prueba de digestibilidad total aparente de la materia seca, de la proteína cruda y de la energía. | 39            |
| <i>Cuadro 10.</i> Efecto de la fuente y nivel de lactosa sobre el desarrollo de los lechones en las fases posdestete.            | 48            |

## INDICE DE GRAFICAS

| <i>Título</i>   | <i>Página</i> |
|---|---------------|
| <i>Gráfica 1.</i> Evolución de la actividad enzimática del páncreas.  | 15            |
| <i>Gráfica 2.</i> Efecto del tratamiento (T) sobre el coeficiente de digestibilidad total aparente de la materia seca.                            | 39            |
| <i>Gráfica 3.</i> Efecto de la presencia y de la fuente de lactosa sobre la digestibilidad total aparente de la materia seca.                     | 39            |
| <i>Gráfica 4.</i> Efecto del nivel y de la fuente de lactosa sobre la digestibilidad total aparente de la materia seca.                           | 40            |
| <i>Gráfica 5.</i> Efecto de la presencia de lactosa sobre la digestibilidad total aparente de la proteína cruda.                                  | 41            |
| <i>Gráfica 6.</i> Efecto de la presencia y del nivel de lactosa de suero de leche sobre la digestibilidad total aparente de la proteína cruda.    | 41            |
| <i>Gráfica 7.</i> Efecto del tratamiento (T) sobre la digestibilidad total aparente de la energía.  | 43            |
| <i>Gráfica 8.</i> Efecto de la fuente y la presencia de lactosa sobre la digestibilidad total aparente de la energía.                             | 43            |
| <i>Gráfica 9.</i> Efecto del nivel y de la fuente de lactosa sobre el peso vivo durante las primeras cuatro semanas posdestete.                   | 45            |
| <i>Gráfica 10.</i> Efecto del nivel y de la fuente de lactosa sobre el consumo diario de alimento durante las primeras cuatro semanas posdestete. | 45            |
| <i>Gráfica 11.</i> Efecto del nivel y de la fuente de lactosa sobre la ganancia diaria de peso durante las primeras cuatro semanas posdestete.    | 46            |
| <i>Gráfica 12.</i> Efecto del nivel y de la fuente de lactosa sobre la conversión alimenticia durante las primeras cuatro semanas posdestete.     | 46            |



## INDICE DE FIGURAS

| <i>Título</i>  | <i>Página</i> |
|--|---------------|
| <i>Figura 1.</i> Esquema de la digestión y absorción de los carbohidratos.                       | 17            |
| <i>Figura 2.</i> Esquema de actividades del Experimento 1 (prueba de digestibilidad total).      | 33            |
| <i>Figura 3.</i> Esquema de actividades del Experimento 2 (prueba de comportamiento zootécnico). | 33            |

## Resumen

**Efecto de la incorporación de lactosa en alimentos de iniciación sobre la digestibilidad de los nutrientes y la eficiencia alimenticia en lechones recién destetados.** *PMVZ Edgar Muñoz Hernández. Asesor: Ph. D. Tercia C. Reis de Souza.* Con el objetivo de verificar si la fuente de lactosa (suero de leche (SL) y lactosa cristalina (LC)) adicionada a la dieta de iniciación solas en dos niveles (6 y 12% de lactosa) o combinadas (12% de lactosa; 6% de lactosa proveniente de SL y 6% de LC), afecta la digestibilidad total de la materia seca, energía y nitrógeno o la ganancia diaria de peso (GDP), consumo diario de alimento (CDA) y conversión alimenticia (CA) se realizaron dos experimentos. Experimento 1. Se utilizaron 48 lechones de raza Landrace x Duroc destetados a los  $21.6 \pm 1.1$  días, con  $6.583 \pm 0.578$  kg. de peso, asignados a 6 dietas: T1= sin lactosa; T2= 6% de lactosa de SL; T3= 12% de lactosa de SL; T4= 6% de LC; T5= 12% de LC y T6= 12% de lactosa (6% lactosa de SL y 6% de LC). Los lechones fueron alojados en jaulas metabólicas y tras una semana de adaptación posdestete se realizaron 7 días de colecta de heces. Se determinaron los coeficientes de digestibilidad total aparente de materia seca (CDTaMS), proteína cruda (CDTaPC) energía (CDTaEn) y cromo. Para el CDTaMS se observó que T1 fue tan digestible (80.98%) como el promedio de las dietas con SL (T2 y T3, 78.12%); pero la dieta control tuvo un mejor ( $P < 0.001$ ) CDTaMS que las dietas con LC (74.92 y 71.69%). También el SL (T2 y T3) proporcionó una mejor ( $P < 0.01$ ) CDTaMS (78.12%) con relación a las dietas con LC (T4 y T5, 73.31%). La mezcla de las fuentes de lactosa (T6) compensó el efecto depresor de la LC sobre el CDTaMS, proporcionando valores similares a T1, T2 y T3. Para la proteína se observó que los lechones digirieron mejor ( $P < 0.001$ ) la dieta control (75.53%) con relación a las de LC (64.96%; promedio de T4 y T5). El efecto depresor de la LC sobre el CDTaPC fue observado cuando se mezcló con SL (T6= 68.99%), el cual también se diferenció ( $P < 0.05$ ) de la dieta control. Al comparar T1 y T2 se encontró una diferencia ( $P < 0.05$ ), al aumentar la concentración de SL a 12% (T3) esta diferencia desapareció. El efecto fuente fue significativo ( $P < 0.01$ ) siendo las dietas con SL más digestibles. Para el CDTaEn, se observó que los animales que consumieron T1 o la dieta con 12% de SL (T3) tuvieron un mejor ( $P < 0.001$ ) CDTaEn con relación al promedio de los animales alimentados con LC (81.81 vs 76.76 vs 73.40%, respectivamente). La diferencia fue mayor ( $P < 0.001$ ) cuando se aumentó el nivel de LC a 12% (T5). La adición de SL a la LC (T6) ayudó en la absorción de la energía. El efecto fuente fue significativo revelando la superioridad del SL. Experimento 2. Se utilizaron 165 lechones Landrace x Duroc destetados a los 24.3 días con 6.819 kg de peso vivo. Fueron constituidos 5 tratamientos con 33 animales cada uno: T1= sin lactosa; T2= 6% de lactosa de SL; T3= 12% de lactosa de SL; T4= 6% de LC; T5= 12% de LC. Los cuales fueron ofrecidos durante los primeros 14 días posdestete (dpd). En la tercera semana se hizo el cambio a una dieta simple sin lactosa. Todos los alimentos fueron balanceados según el perfil de proteína ideal. En los dos primeros días posdestete se observó una tendencia ( $P = 0.097$ ) en la que el nivel más alto de lactosa, independientemente de la fuente, estimuló el CDA (89 vs 104 g/días para los niveles 6 y 12%, respectivamente); sin embargo, en los días posteriores desapareció este efecto. Al final de la 1<sup>er</sup> semana el peso vivo promedio de los animales suplementados con LC fue mayor ( $P < 0.05$ ) que los que consumieron SL (7.552 vs 7.373 kg, respectivamente), por lo tanto se observó una mayor GDP en esta semana (104 vs 78 g/día). En la 2<sup>a</sup> semana posdestete las diferencias entre fuentes y niveles de lactosa no fueron significativos. La adición de subproductos lácteos estimuló el desarrollo zootécnico de los lechones en los primeros 14 dpd y en las 4 semanas posdestete, de manera similar a la dieta control compuesta por ingredientes de alta calidad nutritiva. Así, los resultados promedios de 0-14 dpd para la dieta control y las demás fueron respectivamente: CDA: 265 vs 271 gr/día; GDP 149 vs 147 g/día; CA: 194 vs 2.00; y de 0- 28 dpd fueron: CDA: 352 vs 359 g/día; GDP: 172 vs 173 g/día; CA: 2.20 vs 2.15. En conclusión: el efecto depresor de la LC sobre el CDTaMS, CDTaPC y CDTaEn puede estar ligado a una proliferación bacteriana en el intestino, y a una mayor excreción de materia orgánica exógena. Además, la lactosa cristalina parece ser una fuente de energía de utilización inmediata por el lechón, en la fase crítica de adaptación al alimento sólido. Finalmente, una dieta formulada para cubrir el perfil ideal de aminoácidos en base digestible, puede ser tan eficaz como una dieta suplementada con subproductos lácteos.

*"Me basta un experimento en contra para rechazar una teoría; sin embargo, nunca habrá un número suficiente de experimentos que la validen totalmente"*

*Albert Einstein*



# **Efecto de la incorporación de lactosa en alimentos de iniciación sobre la digestibilidad de los nutrientes y la eficiencia alimenticia en lechones recién destetados.**

## **I. INTRODUCCION**

El destete de los lechones realizado a una edad temprana es una práctica de gran importancia en el desarrollo de la porcicultura. La alimentación que se brinde en esta etapa es uno de los aspectos más relevantes en las explotaciones; por lo que el programa de alimentación que se desarrolle, tendrá un efecto significativo sobre los rendimientos futuros de los cerdos.

El destete, visto como un proceso y no como un evento (Campabadal y Navarro, 1996), es un tema tan importante como controvertido. Es importante por la mejora en la productividad de los hatos porcinos y controvertido en lo referente a los resultados en la literatura y a la experiencia práctica de muchos porcicultores (Reis y Mariscal, 1997).

Anteriormente el destete era realizado a las ocho semanas de vida pues a partir de la séptima semana de lactación, la producción de leche declinaba y el lechón obtenía entre el 70 y 80% de sus requerimientos de nutrimentos del alimento preiniciador, y después del destete no se presentaban problemas digestivos en los lechones. Cuando el destete se realizaba a la sexta semana, la situación nutricional y fisiológica del lechón resultaba más complicada, pues la semana anterior al destete, el cerdo sólo podía consumir del 50 al 60% de sus nutrimentos a partir del alimento preiniciador y la sustitución de la leche al destete, afectaba sus rendimientos productivos y causaba la llamada “caída del destete” (Campabadal y Navarro, 1996).

De esta manera se llegó hasta un proceso de producción porcina más avanzado en la que la edad al destete ha sido disminuida significativamente en los últimos 40 años (Borbolla y Aubert, 1997); pasando progresivamente a la 5ª, 4ª y 3ª semana de vida del lechón. Este hecho se debió gracias a que el incremento de la productividad en la porcicultura se basó en la generalización de la práctica del destete temprano, que junto con otras técnicas de manejo permiten una producción más organizada (Reis y Mariscal, 1997) incrementando la productividad de la cerda (Hiram, 1998) y optimizando las instalaciones y la mano de obra, al mismo tiempo que reduciendo los riesgos sanitarios (Reis y Mariscal, 1997). La manera de nutrir a los lechones también ha cambiado; pasando de dietas simples (grano - soya) a dietas más complejas formuladas por fases (Gómez y Cuarón, 1994), de acuerdo con el peso de los lechones y utilizando el concepto de proteína ideal (Baker y Chung, 1992). Esto ha permitido, sin duda, mejorar los parámetros productivos, incrementando la ganancia de peso y reduciendo los días a mercado (Cervantes, 1997).

Actualmente la edad al destete a nivel mundial se ha generalizado a los 21 días de vida pues las tentativas de destetar antes de esta edad se han enfrentado a tres problemas básicos: diarreas posdestete, bajo índice de crecimiento y la disminución gradual de la eficiencia de la cerda por el aumento del intervalo destete – celo fértil (Reis y Mariscal, 1997). Por otro lado, la condición de bajo desempeño del lechón, afectaba el comportamiento del cerdo durante toda su vida productiva (hasta llegar al rastro). Conforme se avanzó en el estudio de esta etapa, se han encontrado diversos factores estresantes que llegan a comprometer la productividad de los lechones en la etapa posterior al destete (Hiram, 1998). Entre ellos, encontramos a un estrés no nutricional resultante de la separación abrupta de la madre y del cambio de ambiente, además de un estrés nutricional por la reducción del período de lactación y el cambio de una dieta (leche) altamente digestible y muy bien adaptada a las enzimas presentes en el tubo digestivo, a una dieta sólida. A esto, se aúna que el lechón no tiene su sistema inmunológico totalmente desarrollado (Reis y Mariscal, 1997).

En este contexto, se reconoce que el intestino del lechón al destete está poco desarrollado debido a una alta frecuencia en el amamantamiento y a una alta digestibilidad de los componentes de la leche (Aumaitre, 1997). Así, se ha comprobado a partir de la evaluación digestiva de los diferentes nutrimentos de la ración de destete (Reis y Mariscal, 1997); que el cerdo joven, no está preparado para digerir dietas no lácteas basadas en carbohidratos, proteínas y grasas complejas (Campabadal y Navarro, 1996). Debemos considerar que la supresión de la alimentación láctea del lechón tiene como consecuencia una restricción pasajera pero severa del aporte energético alimenticio (subnutrición). En un primer tiempo, las hormonas movilizan las reservas corporales (glucógeno y grasas), lo que permite al lechón mejorar la eficacia de los mecanismos homeostáticos, lo que sugiere que la utilización de las grasas corporales constituye el principal mecanismo homeostático del destete (Reis y Mariscal, 1997).

La duración del efecto negativo del destete (pérdida de peso) sobre la ganancia de peso y la intensidad de la recuperación del animal, depende primeramente de interacciones entre el nivel de alimentación y el medio ambiente, así como la edad del lechón. Por todo esto la composición del preiniciador deberá ser adaptada a su capacidad digestiva (Aumaitre, 1997); y se puede lograr suministrando en el alimento seco, la misma calidad y cantidad de nutrimentos que contiene la leche de la cerda (Campabadal y Navarro, 1996) de preferencia desde la segunda semana de vida del lechón.

También se debe considerar que una buena canal se logra no solamente con el alimento finalizador, sino al contrario; un alimento iniciador de calidad va a ofrecer mejores canales al finalizar el período productivo del cerdo. Lo que se desea obtener con los alimentos iniciadores, es producir lechones uniformes desde el destete y mantener esta uniformidad hasta el final. De esta forma, el productor estará en mejores condiciones de conseguir buenos resultados durante todo el ciclo productivo y obtener mejores precios por los cerdos a la venta (Casarín y Brito, 1999).

Por ello, los ingredientes que conforman las dietas de iniciación deben ser de excelente calidad nutricional; como por ejemplo los subproductos lácteos, los cuales son fuente de proteína de alto valor biológico y son simultáneamente fuente de carbohidratos altamente digestibles (lactosa) (Tokach et al., 1989; Nessmith et al., 1997b).

En esta tesis se realizó un estudio utilizando dos fuentes de lactosa: suero de leche y lactosa cristalina, adicionadas solas o combinadas; con la finalidad de medir el efecto de la fuente y de dos niveles de lactosa adicionadas a la dieta sobre la digestibilidad total o fecal de la materia seca, de la energía y del nitrógeno; y también sobre el desempeño zootécnico en lechones recién destetados; además, se determinó si existe un sinergismo entre la fracción proteica del suero de leche y la adición de la lactosa pura.

Los resultados generados de este trabajo permitieron tener más información acerca del uso óptimo de los subproductos lácteos en las dietas basadas en sorgo -soya, para proporcionar condiciones que garanticen en la siguiente fase de crecimiento una respuesta productiva mejorada y más eficiente.



## II. REVISION DE LITERATURA

### 1.- El destete y la alimentación del lechón.

#### 1.1 Edad óptima del destete.

Durante sus primeras semanas de vida, el lechón recién nacido debe pasar por una serie de transformaciones que lo van a convertir progresivamente en un ser más independiente del ambiente materno (Reis y Mariscal, 1997). El destete entonces; implica la remoción del lechón al acceso de la leche proveniente de la madre (Campabadal y Navarro, 1996).

El peso inicial puede ser un factor de suma importancia en el desempeño zootécnico de los lechones recién destetados (Himmelberg et al., 1985). De igual manera la supervivencia de los lechones destetados en forma temprana está relacionada con la capacidad de cada individuo en desarrollar un mayor peso corporal durante el período de lactancia (González y Quintero, 1997).

Por lo tanto, la selección de una edad óptima para el destete de los lechones, necesita tomar en cuenta varios parámetros que consideren a la hembra, el futuro del lechón y las condiciones económicas del mercado de alimentos. En este contexto, se puede recomendar con seguridad una edad de destete a los 21 días; sin embargo, hay soluciones alternativas para una edad de destete más temprana, utilizando en forma intensiva preiniciadores especiales formulados con proteínas altamente digeribles y productos lácteos, además de derivados de estos.

Según Campabadal y Navarro (1994a), la edad óptima al destete depende de una gran cantidad de factores, siendo los más importantes:

1. La producción de leche.
2. La inmunidad proveniente del calostro.
3. El intervalo destete - celo.
4. El tamaño de la camada.
5. El costo de las instalaciones.

6. El costo de la alimentación.
7. La mano de obra disponible.
8. La sanidad.
9. Peso al destete.

Además de estos factores, un destete exitoso no se puede lograr sin un entorno apropiado y protegido, incluyendo un estricto control de la temperatura y asepsia recomendadas en un sistema de parto en grupo/destete en grupo (Campabadal y Navarro, 1994b; Aumaitre, 1997).

## 1.2 Estrategias de destete.

Según Aumaitre (1997) existen varios procedimientos para mejorar el desempeño reproductivo de las hembras. Estas incluyen:

- *Destete dividido o fraccionado*; consiste en retirar a los lechones más pesados de la hembra de 2 a 7 días antes del destete de los demás.
- *Amamantamiento restringido*; consiste en el retiro de la camada por 3 a 12 horas al día.
- *Destete temprano segregado o multisitio SEW*; de 7 a 21 días de edad con un aislamiento entre las salas de destete y de lactancia algunas veces asociadas con un destete medicado.

La elección de una estrategia definitiva es también dependiente de la ley de regulación de bienestar animal, de la necesidad de mantener un alto estándar sanitario y desempeño reproductivo y en optimizar las estrategias alimenticias. Sin embargo, el mantener una productividad máxima en la hembra implica que la capacidad reproductiva subsecuente no es afectada por el destete temprano. Por el contrario, el intervalo entre destete y la monta fértil ha sido reconocido como un parámetro significativo para expresar el valor de producción de la hembra, ya que un período de lactación menor a 21 días está asociado con un menor tamaño de camada en el siguiente parto, llevando a una disminución la producción anual de la hembra (Aumaitre, 1997).

Se debe tener en cuenta que el desempeño zootécnico de los lechones se puede mejorar, siempre y cuando se practique un destete temprano eficiente, por lo que se requiere el uso de alimentos iniciadores baratos y eficientes para satisfacer los

requerimientos fisiológicos, además de conocer mejor los requisitos térmicos del lechón para reducir la tasa de mortalidad y obtener un desempeño máximo (Aumaitre, 1997).

Por otro lado, para que se puedan formular alimentos preiniciadores e iniciadores que sean eficientes es necesario tomar en cuenta los aspectos morfológicos y fisiológicos del aparato digestivo de los lechones.

### 1.3 El desarrollo morfofisiológico del aparato digestivo

#### 1.3.1 Desarrollo físico.

Desde el nacimiento del lechón el aparato digestivo tiene un carácter prioritario en su desarrollo con relación a otros órganos. Sin embargo, después de los 10 días de vida (Reis y Mariscal, 1997), el crecimiento de los órganos digestivos no tiene una relación proporcional con el peso del lechón, y esto se acentúa cuando los lechones han sido destetados (Hiram, 1998). En menos de dos semanas el páncreas aumenta 12 veces y la mucosa gástrica 15 veces su peso del nacimiento a las 6 semanas de vida, mientras que el lechón puede aumentar (Reis y Mariscal, 1997) hasta mil por ciento con relación a su peso al nacimiento en este mismo período de tiempo (Casarín y Brito, 1999).

En el caso del intestino delgado ocurre algo muy similar, ya que en la etapa posterior al destete se observa un incremento significativo en su crecimiento; debido a que la capacidad del cerdo para digerir y absorber depende a su vez de la capacidad fisiológica de este órgano (Hiram, 1998); el cual absorbe los nutrientes del alimento a través de numerosas vellosidades microscópicas que cubren su superficie apical. Este borde es rico en enzimas y está recubierto en su lado luminal por una capa abundante en azúcares neutros y aminoazúcares, llamados glucocáliz (Ganong, 1994). Al inicio de la vida del cerdo, estas vellosidades tienen forma de dedos alargados y conforme avanza la edad éstas se van engrosando, presentando al final del día 49 de edad una apariencia similar a un borde de cepillo. La morfología de estas vellosidades cambia por efecto de la edad y el destete (*cuadro 1*)

(Campabadal y Navarro, 1996). En este sentido, el destete temprano además de provocar alteraciones en la fisiología del aparato digestivo, origina cambios dramáticos en la estructura de la mucosa intestinal reduciéndose la altura de las vellosidades intestinales, lo que provoca una disminución en la capacidad para digerir y absorber nutrientes. Distintos estudios han señalado que el aminoácido no esencial L-glutamina es la principal fuente de energía para los enterocitos y otras células de rápida división por lo que la adición de este aminoácido en dietas a base de suero de leche líquido mejoran la estructura de la mucosa intestinal aminorando las alteraciones que sufre este órgano pocos días después del destete (De la Cruz et al., 1998; Sánchez et al., 1998; De la Cruz et al., 1999).

**Cuadro 1.** Efecto de la edad y del destete sobre la altura de las vellosidades intestinales<sup>a</sup> (Campabadal y Navarro, 1996).

| Edad (días) | Lechón amamantado     | Edad al destete (días) |                       |
|-------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
|             |                       | 21                     | 35                    |
| 2           | 718 ± 95 <sup>a</sup> |                        |                       |
| 10          | 703 ± 32              |                        |                       |
| 21          | 527 ± 35              | 527 ± 35 <sup>a</sup>  |                       |
| 24          |                       | 183 ± 17               |                       |
| 28          | 416 ± 41 <sup>a</sup> | 216 ± 17               |                       |
| 35          | 410 ± 31              | 313 ± 14               | 410 ± 31 <sup>a</sup> |
| 38          |                       |                        | 299 ± 21              |
| 42          |                       | 429 ± 38               | 424 ± 9               |
| 49          |                       | 437 ± 16               |                       |

<sup>a</sup> Altura de las vellosidades (µm) (P<0.05).

En el *cuadro 1* podemos observar que entre más tardío sea el destete será menor el impacto del mismo sobre la altura de las vellosidades intestinales; sin embargo, a los 42 días de edad el tamaño entre lechones que fueron destetados a distintos días de edad (21 y 35) fue prácticamente el mismo. La reducción en el tamaño de las vellosidades produce una disminución en el área de superficie para la absorción de nutrimentos 7 a 14 días posdestete, además, el desarrollo de estas vellosidades también se ve afectado por un cambio en la población microbial, por el consumo de alimento seco y por reacciones alérgicas. Si esas vellosidades son dañadas, disminuye la secreción de enzimas digestivas afectándose la absorción de nutrimentos y por ende, el crecimiento de los cerdos (Cera et al., 1988; Campabadal y Navarro, 1996).

**Cuadro 2.** Efecto de la edad posdestete sobre la digestibilidad de los nutrientes (Campabadal y Navarro, 1996).

|                           | Semanas posdestete |      |      |      |
|---------------------------|--------------------|------|------|------|
|                           | 1                  | 2    | 3    | 4    |
| <b>Digestibilidad (%)</b> |                    |      |      |      |
| <i>Materia seca</i>       | 74.2               | 72.0 | 77.0 | 77.0 |
| <i>Proteína cruda</i>     | 65.2               | 68.1 | 71.1 | 73.4 |

### 1.3.2 Digestión y absorción de nutrientes.

Las proteínas, grasas y carbohidratos complejos son degradados (digeridos) hasta unidades absorbibles; como ya se ha mencionado anteriormente, principalmente en el intestino delgado. De esta manera, los productos de la digestión, vitaminas, minerales y agua atraviesan la mucosa y entran por la linfa a la sangre (absorción). La digestión de los principales alimentos es un proceso ordenado donde interviene la acción de gran número de enzimas digestivas.

Las sustancias pasan desde la luz del aparato digestivo al líquido extracelular, y de ahí a la linfa y la sangre por difusión simple, difusión facilitada, arrastre por solvente, transporte activo, transporte activo secundario y endocitosis (Ganong, 1994).

- El desarrollo enzimático y el proceso de digestión.

Las secreciones de la glándula mamaria de la cerda proveen nutrientes, inmunoglobulinas, hormonas y factores de crecimiento al lechón recién nacido. Se ha demostrado, además, que el calostro y la leche a su vez estimulan el crecimiento del tracto gastrointestinal tanto de perros, ratas, conejos y en este caso de cerdos. Estos elementos también estimulan la división celular de los tejidos de los órganos involucrados con la digestión y absorción de los alimentos (Jaeger et al., 1987); se sabe también que así como el nitrógeno (proteínas), la energía de la leche de la

cerda (*cuadro 2*) son usados por los lechones lactantes con gran eficiencia; ya que en realidad, cerca del 55% de la energía metabolizable ingerida es recuperada en los tejidos corporales del lechón (Noblet y Etienne, 1987).

**Cuadro 3.** Composición de los nutrimentos de la leche de la cerda (Campabadal y Navarro, 1996).

| <b>Nutrimento</b> | <b>g/100g de leche</b> | <b>Kcal/100g de leche</b> | <b>% de energía en la leche</b> |
|-------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| <i>Grasa</i>      | 8.5                    | 80.4                      | 61.1                            |
| <i>Lactosa</i>    | 5.0                    | 20.3                      | 15.5                            |
| <i>Proteína</i>   | 5.5                    | 30.8                      | 23.4                            |

Por todo esto, es que es de suma importancia analizar desde un inicio el proceso evolutivo que hace madurar fisiológicamente al cerdo desde el inicio de su vida.

Del nacimiento hasta la edad de cinco semanas aproximadamente, la mayoría de las secreciones digestivas del cerdo joven difieren en concentración y actividad de las del adulto (Mc Donald et al., 1975). De esta manera, en el lechón como en los demás animales monogástricos, la hidrólisis enzimática de los substratos dietarios es un pre – requisito importante en el proceso nutricional (Aumaitre, 1997). Es así como la capacidad digestiva del tracto gastrointestinal juega el mayor papel en el desempeño del cerdo (Lindemann et al., 1986).

Se ha sugerido, que existe una interacción entre los nutrientes ingeridos y el desarrollo del intestino durante el período inmediato al destete; sin embargo, el destete por si mismo, es un elemento que influye sobre la respuesta enzimática de adaptación del lechón al alimento (Kelly et al., 1991); en este sentido, Reis y Mariscal (1997) afirman que la ingestión de alimentos puede ser el principal factor que modula la síntesis y secreción de las enzimas. Por otro lado, se ha señalado que la influencia de la edad del lechón sobre su habilidad para digerir los componentes de la dieta es más importante que las adaptaciones necesarias de alimentación para ajustar la acción de enzimas digestivas hacia las demandas de la dieta (Lindemann

et al. 1986). En el *cuadro 3* se proporciona un resumen de los datos anatómicos y bioquímicos, describiendo los lugares y la evolución del proceso digestivo del lechón.

En general, las enzimas digestivas producidas por el páncreas exócrino hidrolizan una mayor fracción del alimento ingerido en contraste al hidrolizado por las enzimas intestinales (Miller et al., 1991). Sin embargo, la mayor parte del proceso digestivo toma lugar en el intestino delgado, sobre todo en el lumen intestinal pero en particular a nivel del borde de cepillo de la mucosa intestinal (Aumaitre, 1997). Entonces, debe resaltarse que el conjunto enzimático del lechón en lactación está perfectamente adaptado a su principal alimento, la leche.

Inicialmente, la digestión de las proteínas de la leche esta hecha por la acción de la quimosina o renina capaz de coagular la caseína, siendo esta enzima compensada por la pepsina (Aumaitre, 1997), la cual tiene un aumento de actividad hasta las tres semanas de edad del lechón (Mc Donald et al., 1975) y que posee el 72% de poder coagulante de la quimosina, teniendo mayor capacidad proteolítica (98% superior). Sin embargo, la proteólisis gástrica es limitada por la insuficiencia de la secreción de ácido clorhídrico.

Al nacimiento, el aparato enzimático del páncreas está prácticamente completo; pero la actividad enzimática es débil y estable.

El aumento de la actividad de la amilasa pancreática es independiente de la ingestión de un alimento preiniciador y los productos finales de la digestión del almidón (maltosa), así como de las proteínas (oligopéptidos) deben ser hidrolizados posteriormente por las disacaridasas, dipeptidasas y aminopeptidasas en monosacáridos, dipéptidos y aminoácidos respectivamente.



Las disacaridasas tienen un papel determinante en la digestión de la lactosa, sacarosa y maltosa (Reis y Mariscal, 1997). Mientras que la maltasa y la sacarasa son poco activas al inicio de la vida del lechón (Mc Donald et al., 1975), la lactasa presenta una actividad máxima alrededor de los 15 días de vida y después disminuye rápidamente (Mc Donald et al., 1975; Reis y Mariscal, 1997), aún cuando el lechón continúe ingiriendo leche. Al contrario, las actividades de la sacarasa y maltasa aumentan continuamente a partir de la 2<sup>a</sup> y 3<sup>a</sup> semana de vida.

Por otro lado, la digestión en el intestino grueso está estrechamente relacionada con la flora microbiana, ya que a este nivel del intestino existe una producción endógena de lípidos aunada a la saturación de los ácidos grasos provenientes del intestino delgado; sin embargo, se ha sugerido que existe una interferencia de la flora bacteriana en la digestión de las proteínas al nivel de intestino grueso (Reis y Mariscal, 1997). Respecto al intestino delgado, parece que es también activo el proceso microbiano ya que se ha indicado en el quimo la presencia de ácidos orgánicos, principalmente ácidos grasos volátiles (AGV's), estos productos finales pueden contribuir al status digestivo y de salud de los animales (Aumaitre, 1997).

parte, los monosacáridos y disacáridos se absorben a través de transporte activo, por medio de la llamada bomba de sodio. En esta, una molécula del monosacárido se combina con un átomo de sodio, ambos cruzan la barrera celular y posteriormente el azúcar sigue su camino mientras que el sodio es devuelto al lumen para volver a ser empleado en el transporte de otra molécula de monosacárido (Shimada, 1983). La energía requerida para el transporte de estos elementos es proporcionada indirectamente por el transporte activo de  $\text{Na}^+$  fuera de la célula. La insulina tiene poco efecto sobre el transporte de los azúcares en el intestino (Ganong, 1994).

#### 1.4 Apetito y aceptación de alimento.

Debido a que el crecimiento del lechón después del destete, está limitado más por el consumo voluntario del alimento y la digestibilidad de la dieta que a limitantes como la deposición de tejido magro, es necesario cuantificar cuanto alimento necesita consumir el lechón y establecer qué factores pueden estar limitando el consumo del mismo. El consumo voluntario en los primeros días posdestete usualmente es insuficiente para cubrir el requerimiento de energía de mantenimiento del lechón (Hiram, 1998).

El comportamiento del consumo es la forma mediante la cual los lechones interactúan con el ambiente para obtener sus necesidades de los nutrientes ingeridos. El comportamiento del consumo voluntario incluye la búsqueda del alimento, regulación de la alimentación, interacciones sociales con sus compañeros de corraleta e interacción con el comedero (Gonyou, 1999).

Una disminución en el consumo de alimento sólido en el período inmediatamente posterior al destete disminuye la efectividad de los nutrientes proporcionados en la dieta, por lo que se han propuesto algunas alternativas, como lo es la inclusión de suero de leche en forma líquida; lo que proveería ingredientes necesarios y de rápida absorción para su crecimiento (Cruz et al., 1998).

Otro elemento que también puede intervenir es la edad de destete; Himmelberg et al. (1985) observaron que el consumo de alimento y la tasa de ganancia de peso se acelera luego del destete, cuando este se incrementa de 2 a 4 semanas de edad.

Por otro lado, algunas hipótesis han sido formuladas refiriéndose a la incidencia del medio ambiente social en las primeras ingestiones de alimento sólido por parte del lechón (Reis y Mariscal, 1997 y Alonso, 2000). Así, en los cerdos jóvenes son preponderantes los factores no alimenticios: la producción de leche materna, el comportamiento social, la intensidad del estrés del destete y el estado de salud de los animales. En principio, el desarrollo del apetito debería estar asociado a la insuficiencia de la alimentación láctea; sin embargo, no se ha encontrado ninguna correlación significativa entre las cantidades consumidas de leche materna y el consumo de alimento complementario.

Se ha observado a su vez, que la diferencia de consumo de un sustituto de leche entre varias camadas de un mismo grupo de parición, está relacionado con diferencias en la producción de leche de la cerda. Por otro lado, a partir la segunda semana después del nacimiento, los lechones provenientes de camadas numerosas desarrollan el apetito más rápidamente.

Se puede entonces pensar en el efecto de la reducción de la leche materna sobre el desarrollo del apetito en determinados individuos, sobre todo dada la gran variación en el consumo del alimento preiniciador dentro de una misma camada. Entre los factores alimenticios que influyen el desarrollo del apetito, destacan el ofrecimiento de agua, la frecuencia, el modo y la forma de presentación del alimento y finalmente, su composición.

Dentro de la composición del alimento, el conocimiento de las materias primas que se suministran es de gran importancia; en este sentido la gustocidad de la ración es fundamental. Para ello se puede adicionar plasma o suero animal seco en polvo; se sabe, además, que los lechones tienen cierta preferencia por dietas conteniendo leche descremada y suero de leche (Wahlstrom et al, 1974) así como de azúcar o grasa de leche (Reis y Mariscal, 1997), esto promueve un mayor consumo de

alimentos; sin embargo, Gonyou (1999) afirma que cuando las dietas están basadas en productos lácteos en polvo, los lechones destetados a 4 semanas de edad no presentan niveles normales de consumo de alimento sino hasta el segundo día posdestete. Ermer et al. (1994) y Richert et al. (1992) demostraron que los lechones recién destetados prefieren dietas conteniendo plasma porcino a dietas basadas en productos lácteos, y por ello el consumo se incrementa más rápidamente cuando estas dietas son ofrecidas. Trabajos de Gonyou (1999) afirman que el primer contacto que tiene el lechón con el alimento seco ocurre en promedio 150 minutos después del destete. Sin embargo, todos los lechones que tuvieron contacto con el alimento presentan incrementos insignificantes en el consumo, esto podría deberse a que no hay un reconocimiento a un alimento sólido sino hasta 2 o 3 días después del destete.

Otros elementos que también influyen sobre el apetito son el balance de la ración, siendo principalmente afectado por el equilibrio de los aminoácidos esenciales y de vitaminas y minerales (Reis y Mariscal, 1997).

Es importante reiterar que bajo condiciones ideales, el promedio del consumo diario de alimento está en función del potencial de desarrollo. Cuando las condiciones son más bajas que la ideal, el lechón intentará mantener el consumo por adaptación constante del comportamiento de consumo voluntario. Los cambios en la conducta del consumo de alimento pueden reflejar la naturaleza de los factores estresantes del ambiente que rodea al lechón afectándolo permanentemente (Gonyou, 1999).

## 2.- Utilización digestiva de los alimentos después del destete.

### 2.1 La digestibilidad de los alimentos.

Para que un alimento sea evaluado en su totalidad y pueda ser recomendado es preciso observar los aspectos ligados a estos fenómenos digestivos.

El valor potencial de un alimento para suministrar un determinado nutriente puede conocerse mediante un análisis químico, pero el valor real que tiene para el animal es siempre inferior. La digestibilidad de un alimento se define como la proporción del alimento que no es excretado con las heces y que se supone, por lo tanto, que ha sido absorbida. Por lo general, se representa por el coeficiente de digestibilidad (Mc Donald et al., 1975).

El coeficiente de digestibilidad aparente (CDa) es calculado sustrayendo la cantidad de nutriente excretado de la cantidad de nutriente consumido, este valor (cantidad de nutriente aparentemente digerido) es dividido por la cantidad de nutriente consumido y expresado en porcentaje. La estimación de la fracción endógena de los diferentes nutrimentos permite la diferenciación de la porción indigerible real de estos nutrimentos y consecuentemente estimar la “digestibilidad verdadera”.

El lugar de colecta de la muestra excretada determina el tipo de digestibilidad, “digestibilidad total o fecal” (DT) cuando se colecta de las heces y “digestibilidad ileal” (DI) cuando se obtiene el contenido ileal antes de la válvula ileo-cecal (Mc Donald et al., 1975; Reis y Mariscal, 1997).

### 2.2 Evolución de la digestibilidad aparente después del destete.

Se sabe que la Digestibilidad Total Aparente (DTa), de materia seca y sus componentes es baja durante los días siguientes al destete. Cualquiera que sea la edad al destete, la DTA de los principales nutrientes como la energía aumenta casi siempre en forma lineal durante las 3 semanas posteriores al destete. Por otro lado, la Digestibilidad Ileal Aparente (DIa) del almidón solo disminuye cuando las

fuentes de almidón crudo que son altamente resistentes son incorporadas en la dieta de los cerdos. También, la presencia de factores antinutricionales podrían ser un factor importante involucrado en la DÍa del almidón. Otros elementos, como los taninos presentes en el sorgo tienen igualmente un efecto nocivo en la digestión de proteínas en los animales monogástricos (Aumaitre, 1997).

### 2.3 Factores que interfieren con la digestibilidad.

Se ha demostrado que las dos semanas que siguen el destete parecen ser el período más difícil para la utilización digestiva de los nutrimentos, y es cuando los lechones son más sensibles a los diferentes factores que afectan la digestibilidad.

Entre estos múltiples factores, destacan dos que son de los más estudiados y que interactúan, estos son: la composición de los alimentos o de las raciones y la edad del lechón.

Generalmente, el aumento en la fibra cruda en las raciones posdestete, provoca una disminución de la digestibilidad total de los nutrimentos, principalmente para la materia seca y la energía (Mc Donald et al., 1975; Reis y Mariscal, 1997). A su vez, la introducción de grasa en las dietas posdestete, casi siempre disminuye la digestibilidad de los minerales.

En cuanto a la proteína, se sabe que su digestibilidad aparente depende mucho de la proporción presente en el alimento, siendo que los lechones jóvenes son más sensibles a los factores inhibidores del crecimiento presentes de la pasta de soya tostada, en comparación con los cerdos de crecimiento y engorda; también se ha demostrado un aumento en la retención y de la digestibilidad del nitrógeno por la inclusión de aceite de coco en la ración, durante las dos primeras semanas posdestete (Cera et al., 1988).

Respecto a la utilización de grasas, el destete tiene un papel determinante en el proceso de lipólisis, el cual es dependiente del nivel de consumo voluntario en la primera semana posdestete. Por lo tanto, la edad al destete tiene un papel importante

sobre la tasa de lipólisis. En general, se admite que en lechones, el aumento del nivel de lípidos alimentarios en la ración provoca un aumento de la proporción del tejido adiposo corporal, en tanto que un incremento en la tasa de proteínas en la dieta genera un efecto contrario durante las primeras cuatro semanas que siguen al destete (Reis de Souza, 1997). En consecuencia, se observa un aumento gradual de la capacidad del lechón en emulsificar, digerir y absorber los lípidos totales y los ácidos grasos saturados e insaturados, igualmente que la materia seca y el nitrógeno con una tendencia a alcanzar su máximo entre la 3ª y la 4ª semana posdestete (Reis y Mariscal, 1997).

### 3.- La composición de la dieta posdestete: uso de subproductos lácteos.

Es importante remarcar que el lechón destetado necesita el mejor tipo de dieta. Se debe buscar la combinación entre máxima digestibilidad, y la obtención de los mayores rendimientos sin olvidar el factor económico. El perfil de un alimento preiniciador debe ser con altos niveles de grasa, lactosa y proteínas de origen animal, para luego cambiarla a una dieta baja en grasa, baja en lactosa y alta en carbohidratos (cereales) y proteínas de origen vegetal (harina de soya) (Campabadal y Navarro, 1994b).

Los animales que son destetados alrededor de los 21 días, no pueden digerir adecuadamente las proteínas vegetales contenidas en dietas a partir de maíz o sorgo y pasta de soya las cuales son resistentes a la actividad de las enzimas proteolíticas.

La formulación del iniciador necesita tomar en cuenta datos con respecto a la digestibilidad aparente de diferentes fuentes de proteína; por lo que el uso de una fuente única de proteína altamente digestible en la dieta no garantiza la máxima adaptación al tracto digestivo del lechón.

Se ha comprobado que los cerdos destetados a una edad temprana generalmente requieren una dieta compleja que pueda llegar a satisfacer su potencial de crecimiento. Las ventajas de una buena ganancia diaria de peso durante la fase de

destete por lechones que han sido alimentados inicialmente con dietas complejas se han mantenido a través de las fases de crecimiento, desarrollo y engorda (Himmelberg et al., 1985). Dentro de estas dietas complejas, los efectos benéficos de la presencia de lactosa en las dietas de iniciación sobre el desempeño zootécnico en las semanas siguientes al destete, sobre la DTa y la DIa han sido demostrados. Los datos de la literatura resumidos en los *cuadros 5 y 6* ilustran las ventajas de una dieta compleja comparada contra una sencilla (Aumaitre, 1997).

Los subproductos lácteos son materias primas de alto costo; sin embargo, su uso se justifica por los rendimientos que producen (Himmelberg et al., 1985). Pope y Allee (1982) estiman que alimentar con dietas conteniendo 20% de suero de leche por dos semanas después del destete es tan efectivo como alimentar con el mismo nivel de suero de leche por 5 semanas, resultando en una reducción en los costos por kilogramo de ganancia de peso (Campabadal y Navarro, 1994b).

Los ingredientes lácteos que se consiguen en México son la leche en polvo entera o descremada, suero de leche deshidratado (dulce o acidificado) y una combinación de ellas que se les conoce como sustituto de leche, además de la lactosa cristalina.



**Cuadro 5.** Efecto de la fuente de proteína y de lactosa sobre algunos parámetros fisiológicos del lechón recién destetado (Aumaitre, 1994).

| <b>Dieta</b>   | <b>35% LDD<br/>20% SLD</b> | <b>38% PS</b>      | <b>31.5% Lactosa<br/>24% CS</b> |
|--|----------------------------|--------------------|---------------------------------|
| <i>GDP g/día</i>   |                            |                    |                                 |
| <i>0 – 1 semana</i>  | 173.0 <sup>a</sup>         | 127.0 <sup>b</sup> | 150.0 <sup>ab</sup>             |
| <i>0 – 5 semana</i>  | 358.0                      | 341.0              | 341                             |
| <i>Parámetros digestivos</i>                                 |                            |                    |                                 |
| <i>DTA Nitrógeno</i>   | 83.0 <sup>a</sup>          | 79.7 <sup>b</sup>  | 81.4 <sup>ab</sup>              |
| <i>Altura de las vellosidades <math>\mu\text{m}^2</math></i> | 266.0 <sup>a</sup>         | 175.0 <sup>c</sup> | 207 <sup>b</sup>                |
| <i>Títulos de anticuerpos<sup>3</sup></i>                    | 3.9 <sup>b</sup>           | 6.7 <sup>a</sup>   | 3.8 <sup>b</sup>                |

1) LDD= Leche descremada deshidratada, SLD= Suero de leche deshidratado, PS= Pasta de soya, CS= Concentrado de soya, GDP= Ganancia diaria de peso, DTA= Digestibilidad total aparente. 2) Intestino delgado a 28 días de edad. 3) Título de anticuerpos séricos como log 2. <sup>a,b</sup> Datos con distinta letra difieren estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 6.** Respuesta según el peso al destete de cerdos<sup>a</sup> alimentados con una dieta simple y compleja (Himmelberg et al., 1985).

| <b>Parámetro</b>                        | <b>Tipo de dieta</b> | <b>Peso al destete kg</b> |            |            |            | <b>Efecto de la dieta</b> | <b>CV<sup>b</sup>, %</b> |
|---|----------------------|---------------------------|------------|------------|------------|---------------------------|--------------------------|
|   |                      | <b>4.1</b>                | <b>5.0</b> | <b>5.6</b> | <b>6.7</b> |                           |                          |
| <i>GDP<sup>e</sup>, kg<sup>cd</sup></i> | Simple               | 0.27                      | 0.27       | 0.33       | 0.30       | 0.29                      | 12.5                     |
|   | Compleja             | 0.36                      | 0.38       | 0.39       | 0.44       | 0.39                      |                          |
| <i>Efecto del peso</i>                  |                      | 0.32                      | 0.33       | 0.36       | 0.37       |                           |                          |
| <i>CDA<sup>f</sup>, kg<sup>cd</sup></i> | Simple               | 0.39                      | 0.44       | 0.49       | 0.47       | 0.45                      | 11.8                     |
|   | Compleja             | 0.49                      | 0.50       | 0.54       | 0.60       | 0.53                      |                          |
| <i>Efecto del peso</i>                  |                      | 0.44                      | 0.47       | 0.52       | 0.54       |                           |                          |
| <i>CA<sup>g</sup>, kg<sup>e</sup></i>   | Simple               | 1.45                      | 1.66       | 1.49       | 1.58       | 1.55                      | 6.1                      |
|   | Compleja             | 1.34                      | 1.34       | 1.37       | 1.35       | 1.35                      |                          |
| <i>Efecto del peso</i>                  |                      | 1.40                      | 1.50       | 1.43       | 1.47       |                           |                          |

<sup>a</sup>Cerdos destetados a 3 semanas  $\pm$  3 días. <sup>b</sup>Coefficiente de variación. <sup>c</sup>Efecto de la dieta ( $P < 0.01$ ). <sup>d</sup>Efecto del peso (4.1 y 5 vs 5.6 y 6.7,  $P < 0.03$ ). <sup>e</sup>Ganancia diaria de peso. <sup>f</sup>Consumo diario de alimento. <sup>g</sup>Conversión alimenticia.

Entonces, el uso de dietas elaboradas con subproductos de origen lácteo incrementa la velocidad de crecimiento de los lechones destetados al ser comparadas con dietas simples (Nessmith et al, 1997a).

Giensting et al. (1985) y Aumaitre (1997) sugieren que la adición de lactosa mejora el desempeño digestivo y nutricional del lechón justo después del destete, lo que aumenta la digestibilidad aparente (total e ileal) de la dieta, además de producir efectos benéficos sobre el desempeño zootécnico. Es cierto que la lactosa tiende a incrementar la actividad de la lactasa en el contenido cecal y del intestino delgado, sin embargo, estos incrementos no han sido estadísticamente significativos (Ekstrom et al., 1975b).

Otros estudios sugieren que la lactosa es la fuente más importante de energía comparada con la grasa durante las dos semanas iniciales posdestete (Chi y Mahan, 1995), sin embargo; Campabadal y Navarro (1996) afirman que la principal función de la lactosa es servir como substrato para el crecimiento de flora benéfica como los *lactobacillus* deprimiendo el crecimiento de microorganismos patógenos, colocándose después de la grasa y proteínas como principal fuente energética para el lechón.

Giensting et al. (1985) y Burnell et al. (1988); atribuyen el desempeño zootécnico principalmente a la acción de la lactosa contenida en los ingredientes de origen lácteo. Esto fue demostrado en varios estudios en los cuales se indica que la mejoría en el desempeño zootécnico de los lechones alimentados con estos productos es el resultado de un incremento en la ingestión de materia seca y/o de la digestibilidad de la energía y nitrógeno (Owsley et al., 1986; Cera et al., 1988; Tokach et al. (1989, 1995); Mahan (1992, 1993)).

Ekstrom et al., (1975a) afirman que los lechones recién destetados pueden tolerar hasta un 30% de lactosa en la dieta sin mostrar ningún síntoma de intolerancia a ésta. Así mismo, se han reportado aumentos lineales en el desempeño de lechones destetados (Thaler et al., 1986) incrementando la inclusión del suero de leche deshidratado en la dieta (Crow et al., 1995) de un 0 a un 35% (Mahan, 1993),

o en 20% (Campabadal y Navarro, 1996); o con la adición de niveles crecientes de lactosa pura (7 a 23%) (Owen et al., 1993), (5 a 10%) (Campabadal y Navarro, 1996) en la ración. Touchette et al. (1995a) y Liu et al. (1997) observaron mayores beneficios combinando la lactosa cristalina con proteínas de origen animal (harina de plasma desecado o harina de carne), por otro lado muchos autores sugieren que la mejoría en el desempeño zootécnico es resultante de la acción de la lactosa y de las fracciones de lactoalbúminas del suero de leche deshidratado (Clarkson y Allee, 1982; Tokach et al., 1989) e inclusive mejor aún que las dietas que sólo contienen lactosa (Radke et al., 1991), no presentando efectos aditivos al estar mezclados ambos en la dieta (Tokach et al., 1989). Sin embargo, Mahan (1992) observó que la respuesta al suero de leche deshidratado se debe primordialmente a su contenido en lactosa. Esto fue posteriormente confirmado por Nessmith et al. (1997b), los cuales concluyeron que la respuesta en la mejora del desempeño zootécnico de los lechones es independiente de la fuente de lactosa utilizada en las dietas; por lo tanto, reemplazar la lactosa del suero de leche o leche descremada con lactosa cristalina es posible (Touchette et al., 1995b; Pérez y Cuarón, 1998b) siempre que las condiciones de calidad se conserven (Touchette et al., 1995b).

Otros estudios también han demostrado que fuentes como la sucrosa en un 50% combinada con la lactosa para la fase de 0 – 14 días posdestete (Jin et al., 1998) o dextrosa para la fase 7 a 20 días posdestete (Stephas y Miller, 1998) pueden ser utilizadas eficientemente en las dietas de preiniciación; sin embargo, se requieren estudios adicionales para poder determinar los niveles idóneos de inclusión de estos ingredientes.

### III. HIPOTESIS

El incremento en el nivel y la fuente de lactosa adicionada a la dieta de lechones recién destetados no mejora la digestibilidad de los nutrientes por lo que no afecta su desempeño zootécnico en función del consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia.

## IV. OBJETIVOS

### Objetivo general:

Estudiar en lechones destetados a 21 días, como la fuente (suero de leche, lactosa cristalina y una mezcla de ambas) y el nivel (6 y 12%) de lactosa adicionados a la ración preiniciadora influye sobre el desempeño zootécnico (consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia) y la digestibilidad de los nutrimentos en las dos primeras semanas posdestete.

### Objetivos específicos:

1. - Evaluar la influencia de la fuente de lactosa (suero de leche, lactosa cristalina y la combinación de ambas), incorporada a la ración preiniciadora en dos niveles (6 y 12%) sobre:

a) La digestibilidad total aparente de la materia seca, de la proteína cruda y de la energía en la 2a semana posdestete.

b) El consumo diario de alimento, la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia del destete a la 4a semana posdestete.

2. - Evaluar si existe un sinergismo entre la fracción proteica del suero de leche y la lactosa adicionada a la dieta, sobre los índices arriba relacionados.

## V. MATERIAL Y METODOS

La parte experimental de esta tesis se realizó en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENIF y MA), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el Km 1 carretera a Colón, municipio de Colón, estado de Querétaro, a 1950 m sobre el nivel del mar; con clima semi seco templado, con lluvias en verano, precipitación pluvial anual de 500 a 600 mm, y una temperatura media anual de 19°C (INEGI, 1997). Los análisis bromatológicos se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro; ubicada en el campus Amazcala, Municipio El Marqués.

Los gastos fueron cubiertos por el CONACyT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) a través del SIHGO (Sistema de Investigación Miguel Hidalgo) la U.A.Q. (Universidad Autónoma de Querétaro) y el PAIEPEME (Patronato para la investigación y experimentación pecuaria en México A.C.).

El trabajo se dividió en dos partes, siendo el experimento 1 una prueba de digestibilidad total y el experimento 2 una prueba de comportamiento, las cuales tuvieron los mismos tipos de dietas experimentales y un manejo general común.

Los 2 experimentos siguieron el esquema propuesto en las *figuras 2 y 3*.

Los animales fueron alojados en un edificio cerrado, donde la ventilación fue controlada en forma alterna, por medio de un extractor y ventilación natural (a través de ventanas), la temperatura se reguló con el manejo de ventilación y la ayuda de calefactores de gas para mantenerla lo más estable posible (en rango de 27 a 33°C) en la primera semana, y reducciones progresivas de la temperatura mínima equivalentes a los 3°C por semana.

## 1.- Dietas y manejo en general.

Las dietas experimentales se presentan en los *cuadros 7 y 8*.

### Experimento 1.

**Cuadro 7.** Dietas del Experimento 1 (Prueba de Digestibilidad Total).

| Tratamientos                     | Control | Suero de   |       | Lactosa        |       | SL+LC |
|----------------------------------|---------|------------|-------|----------------|-------|-------|
|                                  |         | Leche (SL) |       | Cristalina(LC) |       |       |
| Lactosa                          | 0%      | 6%         | 12%   | 6%             | 12%   | 12%   |
|                                  | T1      | T2         | T3    | T4             | T5    | T6    |
| <b><i>Ingredientes</i></b>       |         |            |       |                |       |       |
| <i>Sorgo</i>                     | 66.94   | 59.69      | 51.99 | 59.94          | 52.54 | 52.31 |
| <i>Pasta de Soya</i>             | 12.00   | 12.00      | 12.00 | 12.00          | 12.00 | 12.00 |
| <i>Suero de leche</i>            | 0.00    | 8.57       | 17.14 | 0.00           | 0.00  | 8.57  |
| <i>Lactosa</i>                   | 0.00    | 0.00       | 0.00  | 6.32           | 12.63 | 6.32  |
| <i>Concentrado de Soya</i>       | 5.00    | 5.00       | 5.00  | 5.00           | 4.80  | 4.80  |
| <i>H. de Pescado</i>             | 2.00    | 3.00       | 2.50  | 2.70           | 2.00  | 2.30  |
| <i>Plasma<sup>1</sup></i>        | 2.00    | 0.00       | 0.00  | 2.00           | 4.00  | 2.00  |
| <i>Sebo</i>                      | 5.00    | 5.00       | 5.00  | 5.00           | 5.00  | 5.00  |
| <i>Carbonato de Calcio</i>       | 2.13    | 2.11       | 2.06  | 2.07           | 2.00  | 2.03  |
| <i>Ortofosfato</i>               | 2.16    | 1.89       | 1.67  | 2.25           | 2.38  | 2.03  |
| <i>L Lisina HCL</i>              | 0.53    | 0.46       | 0.44  | 0.48           | 0.46  | 0.47  |
| <i>DL Metionina</i>              | 0.34    | 0.28       | 0.28  | 0.33           | 0.38  | 0.33  |
| <i>L Treonina</i>                | 0.16    | 0.16       | 0.12  | 0.15           | 0.11  | 0.12  |
| <i>Minerales</i>                 | 0.40    | 0.40       | 0.40  | 0.40           | 0.40  | 0.40  |
| <i>Vitaminas</i>                 | 0.20    | 0.20       | 0.20  | 0.20           | 0.20  | 0.20  |
| <i>Oxido de Zinc</i>             | 0.40    | 0.40       | 0.40  | 0.40           | 0.40  | 0.40  |
| <i>Oxido de Cromo</i>            | 0.20    | 0.20       | 0.20  | 0.20           | 0.20  | 0.20  |
| <i>Sal</i>                       | 0.20    | 0.20       | 0.20  | 0.20           | 0.20  | 0.20  |
| <i>Triptofano</i>                | 0.05    | 0.14       | 0.09  | 0.06           | 0.00  | 0.03  |
| <i>Antibiótico</i>               | 0.30    | 0.30       | 0.30  | 0.30           | 0.30  | 0.03  |
| <b><i>Análisis Calculado</i></b> |         |            |       |                |       |       |
| <i>PC (%)</i>                    | 18      | 18         | 18    | 18             | 18    | 18    |
| <i>Energía (kcal/kg)</i>         | 3260    | 3260       | 3260  | 3260           | 3260  | 3260  |

<sup>1</sup>Harina de plasma deshidratada (spray dry)

Experimento 2.

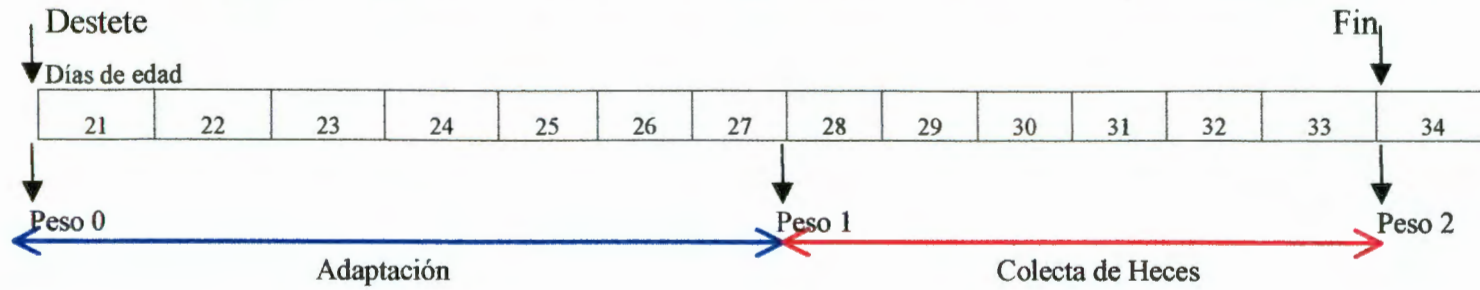
**Cuadro 8.** Dietas del Experimento 2 (Prueba de Comportamiento Zootecnico).

| Tratamientos               | Fase 1  |                     |       |                        |       | Fase 2 |
|----------------------------|---------|---------------------|-------|------------------------|-------|--------|
|                            | Control | Suero de Leche (SL) |       | Lactosa Cristalina(LC) |       |        |
|                            | 0%      | 6%                  | 12%   | 6%                     | 12%   |        |
| Lactosa                    | T1      | T2                  | T3    | T4                     | T5    | F2     |
| <b>Ingredientes</b>        |         |                     |       |                        |       |        |
| <i>Sorgo</i>               | 68.25   | 61.13               | 51.97 | 60.24                  | 52.35 | 62.38  |
| <i>Pasta de Soya</i>       | 12.00   | 12.00               | 12.00 | 12.00                  | 12.00 | 27.91  |
| <i>Suero de leche</i>      | 0.00    | 8.57                | 17.14 | 0.00                   | 0.00  | 0.00   |
| <i>Lactosa</i>             | 0.00    | 0.00                | 0.00  | 6.31                   | 12.63 | 0.00   |
| <i>Concentrado de Soya</i> | 5.00    | 5.00                | 5.00  | 5.00                   | 5.00  | 0.00   |
| <i>H. de Pescado</i>       | 2.00    | 3.00                | 2.50  | 2.70                   | 2.00  | 0.00   |
| <i>Plasma<sup>1</sup></i>  | 2.00    | 0.00                | 0.00  | 2.00                   | 4.00  | 0.00   |
| <i>Sebo</i>                | 5.00    | 5.00                | 5.00  | 5.00                   | 5.00  | 5.00   |
| <i>Carbonato de Calcio</i> | 0.87    | 0.75                | 2.14  | 1.81                   | 2.08  | 1.36   |
| <i>Ortofosfato</i>         | 2.14    | 1.87                | 1.67  | 2.24                   | 2.37  | 1.63   |
| <i>L Lisina HCL</i>        | 0.60    | 0.59                | 0.55  | 0.56                   | 0.48  | 0.31   |
| <i>DL Metionina</i>        | 0.37    | 0.32                | 0.31  | 0.37                   | 0.41  | 0.18   |
| <i>L Treonina</i>          | 0.21    | 0.21                | 0.17  | 0.20                   | 0.15  | 0.10   |
| <i>Minerales</i>           | 0.40    | 0.40                | 0.40  | 0.40                   | 0.40  | 0.40   |
| <i>Vitaminas</i>           | 0.20    | 0.20                | 0.20  | 0.20                   | 0.20  | 0.20   |
| <i>Oxido de Zinc</i>       | 0.40    | 0.40                | 0.40  | 0.40                   | 0.40  | 0.00   |
| <i>Sal</i>                 | 0.20    | 0.20                | 0.20  | 0.20                   | 0.20  | 0.20   |
| <i>Triptofano</i>          | 0.02    | 0.03                | 0.02  | 0.02                   | 0.04  | 0.00   |
| <i>Antibiótico</i>         | 0.30    | 0.30                | 0.30  | 0.30                   | 0.30  | 0.30   |
| <b>Análisis Calculado</b>  |         |                     |       |                        |       |        |
| <i>PC (%)</i>              | 18      | 18                  | 18    | 18                     | 18    | 18     |
| <i>Energía (kcal/kg)</i>   | 3260    | 3260                | 3260  | 3260                   | 3260  | 3260   |

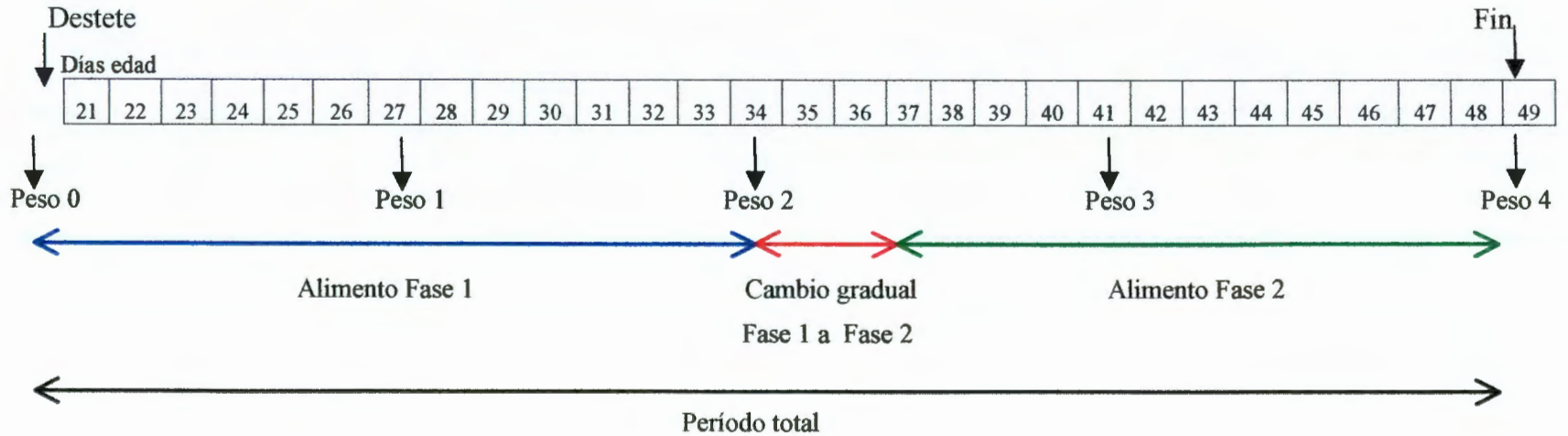
<sup>1</sup>Harina de plasma deshidratada (spray dry)



**Figura 2.** Esquema de actividades del experimento 1 (prueba de digestibilidad total).



**Figura 3.** Esquema de actividades de experimento 2 (prueba de comportamiento zootécnico).



Las dietas experimentales fueron isoprotéicas e isoenergéticas. Se elaboró un tipo de alimento (fase 1) para el experimento 1 y dos tipos (fase 1 y 2) (*figuras 2 y 3*) para el experimento 2, formulados según las recomendaciones del NRC (1988), siguiendo el perfil de proteína ideal. En el experimento 1, a las dietas se les adicionó 0.2% de óxido de cromo como marcador de digestibilidad.

El alimento de fase 1 se les proporcionó durante las 2 primeras semanas posdestete (*figura 3*) y el alimento fase 2 durante las 2 semanas siguientes (sólo en el experimento 2). El cambio de dietas de fase 1 a fase 2 fue paulatino con duración de 3 días, los alimentos fueron mezclados a proporción de 75:25% (día 1), 50:50% (día 2), 25:75% (día 3), hasta el 100% (día 4) (*figura 3*).

Los animales fueron pesados al final de cada semana experimental y el consumo de alimento fue medido diariamente en ambos experimentos. El número de veces que se ofreció el alimento varió según la semana posdestete, siendo que en la primera y la segunda semana se les proporcionó el alimento cada 8 horas (6:00, 14:00 y 22:00 horas), y en las siguientes semanas fueron 2 servidas al día (8:00 y 18:00 horas).

Los animales tuvieron libre acceso a agua y alimento.

## 2.- Manejo específico.

### 2.1. Experimento 1: Digestibilidad Total Aparente.

Para la realización de este trabajo, se ocuparon un total de 42 lechones raza Landrace x Duroc, destetados a los 21 días en promedio, estos fueron divididos en cuatro bloques al azar (períodos) de 12 lechones cada uno, siendo 2 animales por tratamiento en cada bloque. Los lechones fueron escogidos de 6 camadas, donde los pesos fueron similares y su designación a los 6 tratamientos (*cuadro 7*) fue al azar.

En cada bloque, inmediatamente después del destete los lechones fueron alojados en jaulas metabólicas individuales, elevadas a 50 cm con piso de rejilla con una superficie de 0.68 metros cuadrados, con bebedero de chupón y que permitieron la obtención por separado de muestras de heces y de orina. Después de una semana de adaptación de los lechones a las jaulas y a las dietas experimentales, se realizó un período de colecta de heces de 7 días (segunda semana postdestete) (*figura 2*).

Todas las heces de cada lechón fueron recolectadas diariamente y congeladas inmediatamente en bolsas de plástico, al término de cada período de colecta se mezclaron y se tomó una muestra representativa; se secaron en estufa con ventilación forzada a 60° C y posteriormente se molieron en criba de 1 mm.

Para el cálculo de digestibilidad total aparente se determinó primeramente en dietas y muestras de heces, el contenido de materia seca (Tejada, 1992), proteína cruda (A. O. A. C., 1990), óxido de cromo (Fenton y Fenton, 1979) y energía bruta por calorimetría (Bateman, 1970) aplicándose la siguiente fórmula según Reis de Souza (1992):

Donde:

$$\% \text{ CDTa} = \left\{ 1 \left[ \frac{\% \text{Cr de la dieta} \times \% \text{Nutriente de heces}}{\% \text{Cr de heces} \times \% \text{Nutriente de la dieta}} \right] \right\} \times 100$$

%CDTa = Coeficiente de digestibilidad total aparente

Cr = Oxido de Cromo

## 2.2. Experimento 2: Prueba de comportamiento.

En la realización de este trabajo se utilizaron un total de 165 lechones de raza Landrace x Duroc divididos en dos bloques (períodos) de 80 y 85 lechones cada uno y destetados a los  $24.3 \pm 2.2$  días en promedio, con un total de 33 animales por tratamiento (6 corraletas por tratamiento), siendo un total de 5 tratamientos (*cuadro 8*).

Inmediatamente después del destete, los lechones fueron alojados en corraletas elevadas a 38 cm de altura con piso de rejilla, para una superficie efectiva de 1.8 metros cuadrados.

Cada corraleta estaba equipada con un bebedero de chupón y un comedero tipo tolva con 6 bocas de 11 cm de diámetro, en donde se asignaron 5 a 6 animales a cada una, siendo la unidad experimental la corraleta. Para verificar si la presencia y el nivel de lactosa presente en el alimento iniciador puede estimular la ingestión de ración en forma temprana se midió el consumo de alimento a los dos primeros días posdestete.

Los animales permanecieron en estas instalaciones hasta la cuarta semana posdestete (dos semanas alimentados con la dieta de la Fase 1 y dos semanas alimentados con la dieta de la Fase 2) (*figura 3*). Las rutinas de alimentación y el manejo en general fueron iguales al del experimento 1.

## 3. Análisis de datos.

El cálculo de ganancia diaria de peso, consumo diario de alimento y conversión alimenticia se hicieron mediante las siguientes fórmulas.

$$\text{GDP} = \frac{\text{peso final} - \text{peso inicial}}{\text{días que comprendió el período experimental}}$$

Donde:

GDP= ganancia diaria de peso

$$\text{CDA} = \frac{\text{alimento ofrecido} - \text{alimento rechazado}}{\text{días que comprendió el período experimental}}$$

Donde.

CDA= consumo diario de alimento

$$\text{CA} = \frac{\text{CDA}}{\text{GDP}}$$

Donde.

CA= conversión alimenticia

#### 4.- Análisis estadístico.

Los experimentos fueron analizados mediante un análisis de varianza, utilizando el procedimiento de análisis lineales generales (GLM) del paquete estadístico SAS, según el siguiente modelo para el experimento 1 y 2:

$$y_{ijk} = \mu + a_i + \beta_j + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$y_{ijk}$  = Observación  $ijk$

$\mu$  = Media general

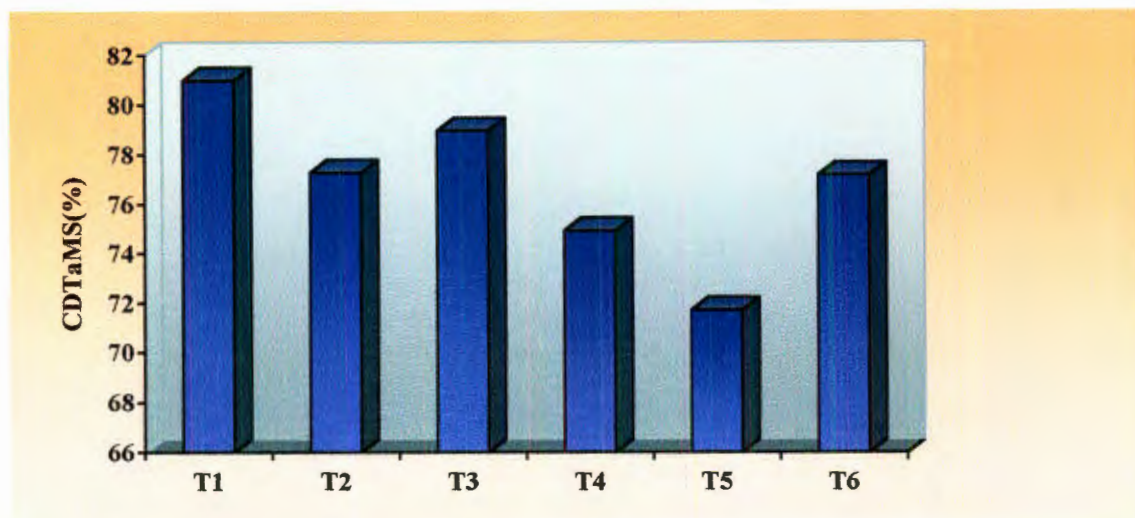
$a_i$  = Tratamiento  $i$   $i = 1-6$  (exp 1),  $i = 1-5$  (exp 2)

$\beta_j$  = Bloque  $j$   $j = 1-4$  (exp 1);  $j = 1-2$  (exp 2)

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental  $ij$

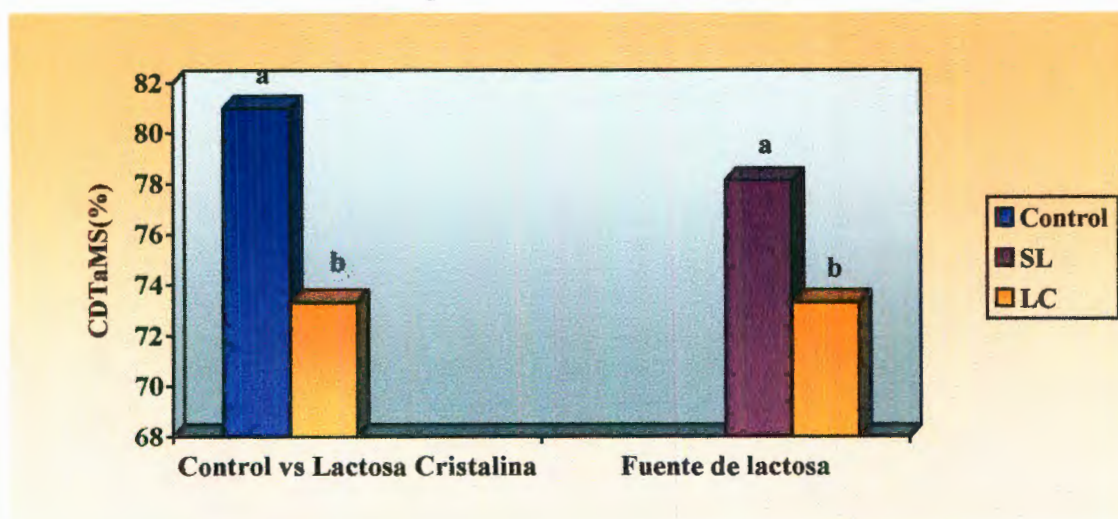
(Steel y Torrie, 1985)

**Gráfica 2.** Efecto del tratamiento (T) sobre el coeficiente de digestibilidad total aparente de la materia seca



T= tratamientos de 1-6.

**Gráfica 3.** Efecto de la presencia y de la fuente de lactosa sobre la digestibilidad total aparente de la materia seca.



<sup>a,b</sup> Promedios con letras diferentes en distintas barras para cada efecto difieren estadísticamente, efecto control vs lactosa cristalina ( $P < 0.001$ ), efecto fuente ( $P < 0.01$ ), SL= suero de leche, LC= lactosa cristalina.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### Experimento 1 (Prueba de Digestibilidad Total Aparente).

Los resultados de la digestibilidad de los nutrientes de las dietas experimentales se encuentran en el *cuadro 9*.

**Cuadro 9.** Resultados de prueba de digestibilidad total aparente de la materia seca, de la proteína cruda y de la energía.

| Variables                      | Control | Suero de Leche |       |       | Lactosa<br>Cristalina |       | Mezcla | EEM <sup>1</sup> |
|--------------------------------|---------|----------------|-------|-------|-----------------------|-------|--------|------------------|
|                                | 0%      | 6%             | 12%   | 6%    | 12%                   | 12%   |        |                  |
| Nivel<br>Tratamiento           | T1      | T2             | T3    | T4    | T5                    | T6    |        |                  |
| <i>CDTaMS</i> <sup>a,b</sup>   | 80.98   | 77.28          | 78.96 | 74.92 | 71.69                 | 77.18 | 0.21   |                  |
| <i>CDTaPC</i> <sup>b,c,d</sup> | 75.53   | 67.79          | 72.37 | 65.52 | 64.41                 | 68.99 | 0.30   |                  |
| <i>CDTaEN</i> <sup>c,e</sup>   | 81.81   | 76.76          | 77.85 | 74.40 | 72.39                 | 77.20 | 0.73   |                  |

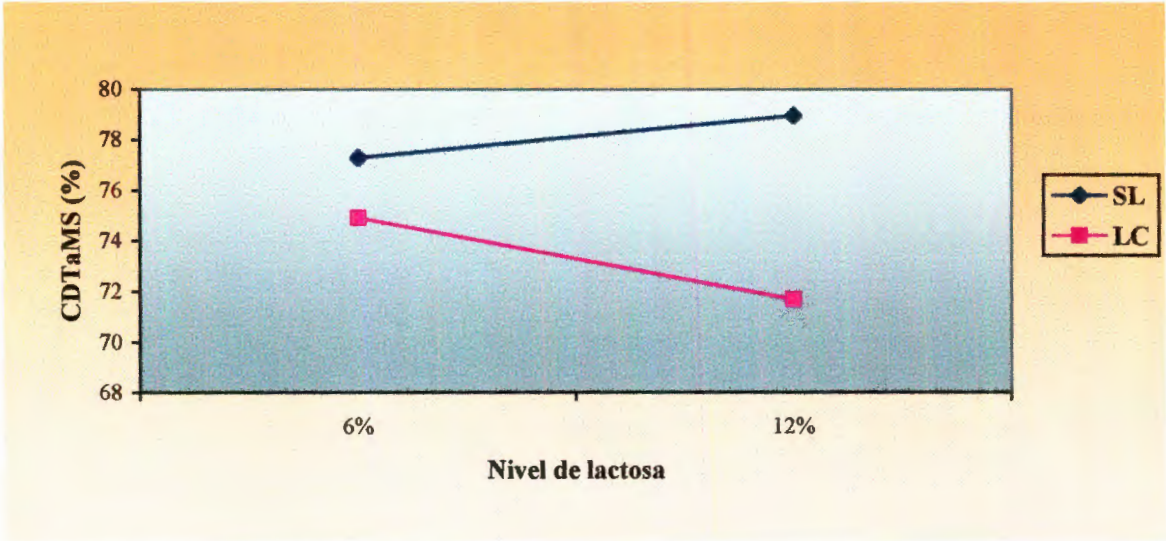
<sup>1</sup>Error estándar de la media, <sup>a</sup> Efecto control vs lactosa cristalina P < 0.05, <sup>b</sup> Efecto fuente P < 0.01, <sup>c</sup> Efecto control vs lactosa cristalina P < 0.01, <sup>d</sup> Efecto control vs T2 P < 0.05, <sup>e</sup> Efecto fuente P < 0.05.

### *Digestibilidad Total Aparente de la Materia Seca.*

Para la materia seca (*CDTaMS*) (*gráficas 2 y 3*) se observa que la dieta control fue digerida y absorbida por los lechones de una forma similar (P > 0.05), que las dietas suplementadas con suero de leche (80.98 vs 78.12% para T1 y el promedio de T2 y T3, respectivamente). Sin embargo, la dieta control tuvo un mejor (P < 0.001) *CDTaMS* que las dietas con lactosa cristalina, las cuales presentaron los menores coeficientes de digestibilidad (74.92 y 71.69%). Lo mismo fue observado en el efecto fuente de lactosa (P < 0.01), donde el suero de leche (T2 y T3) proporcionó una mejor digestibilidad de la materia seca (78.12%) con relación a las dietas T4 y T5 con lactosa cristalina (73.31%; en promedio) (*gráfica 3*). En estudios de Campabadal y Navarro (1996) se reporta que para la segunda semana posdestete ocurre una digestibilidad de la materia seca del 72% lo cual se acerca más a lo observado en las dietas con lactosa cristalina.



**Gráfica 4.** Efecto del nivel y de la fuente de lactosa sobre la digestibilidad total aparente de la materia seca.



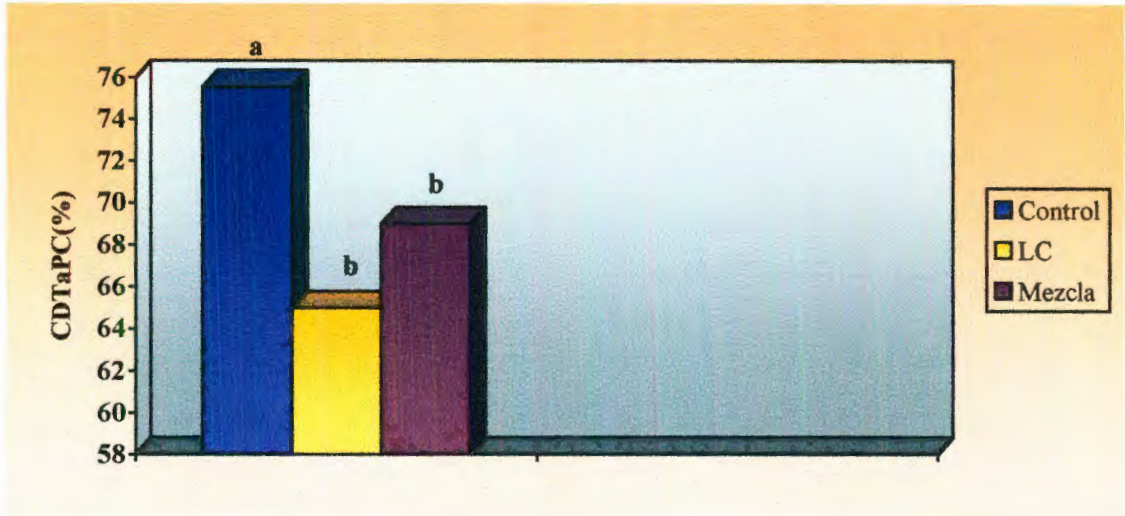
SL= suero de leche, LC= lactosa cristalina.

La mezcla entre las dos fuentes de lactosa utilizadas en este estudio (T6; suero de leche y lactosa cristalina) compensó el efecto depresor de la lactosa cristalina sobre la digestibilidad de la materia seca, pues la elevó a valores similares ( $P>0.05$ ) a los de la dieta control y a las dietas con suero de leche.

El efecto nivel de inclusión de lactosa independientemente de la fuente no fue significativo ( $P>0.50$ ); sin embargo, se observó una tendencia ( $P= 0.10$ ) a la interacción nivel y fuente (*gráfica 4*); es decir, la lactosa cristalina incorporada al 12% en la dieta disminuyó el CDTaMS en 7.27 puntos porcentuales en relación con el T3 (12% de lactosa proveniente del suero de leche).

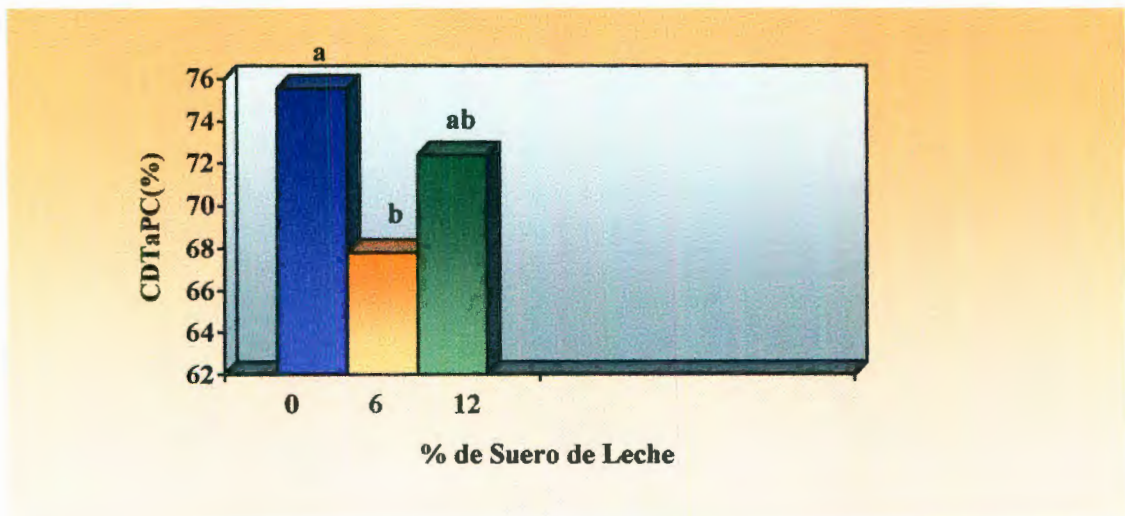
En la literatura consultada no se encontró ningún trabajo que corroborara o contradijera los resultados del presente estudio.

**Gráfica 5.** Efecto de la presencia de lactosa cristalina sobre la digestibilidad total aparente de la proteína cruda.



<sup>a,b</sup> Promedio con letras diferentes en distintos grupos de barras difieren estadísticamente, LC= lactosa cristalina, Mezcla de LC y SL= T6.

**Gráfica 6.** Efecto de la presencia y del nivel de lactosa de suero de leche sobre la digestibilidad total aparente de la proteína cruda.



<sup>a,b</sup> Promedio con letras diferentes en distintos grupos de barras difieren estadísticamente. SL= suero de leche.

### *Digestibilidad Total Aparente de la Proteína Cruda.*

Para discutir los resultados de la digestibilidad de la proteína cruda es necesario recordar la composición de las dietas experimentales (*cuadro 7*). Se debe notar que la dieta control (T1) y las dietas con lactosa cristalina (T4 y T5) tienen las mismas fuentes de proteína. Cuando se compararon los resultados entre estos tres tratamientos se observó que los lechones digirieron mejor ( $P < 0.001$ ) la proteína cruda proveniente de la dieta control (75.53%) (*gráfica 5*) con relación a las demás (64.96%; promedio entre T4 y T5). Esta disminución en la digestibilidad de las proteínas en las dietas con lactosa cristalina no era esperada, puesto que se les adicionó el plasma como fuente de globulinas además de que este posee una buena digestibilidad (78%) (Knabe, 1997); para hacerlas comparables con los tratamientos de suero de leche. El mismo efecto depresor de la lactosa cristalina sobre la digestibilidad de la proteína cruda fue observado cuando se le mezcló con suero de leche y plasma (T6=68.99%), la cual también se diferenció ( $P < 0.05$ ) de la dieta control (*gráfica 5*). Estas observaciones llevan a pensar en una interacción negativa entre la lactosa cristalina y el plasma porcino en los niveles utilizados en este estudio; lo cual, necesita ser confirmado. En la revisión bibliográfica no fue encontrado otro estudio que ratifique o contradiga estos resultados. Sin embargo, cabe mencionar que Uribe (2000) encontró que la digestibilidad de la proteína cruda en la segunda semana posdestete fue de 64.61% en dietas con 8% de lactosa.

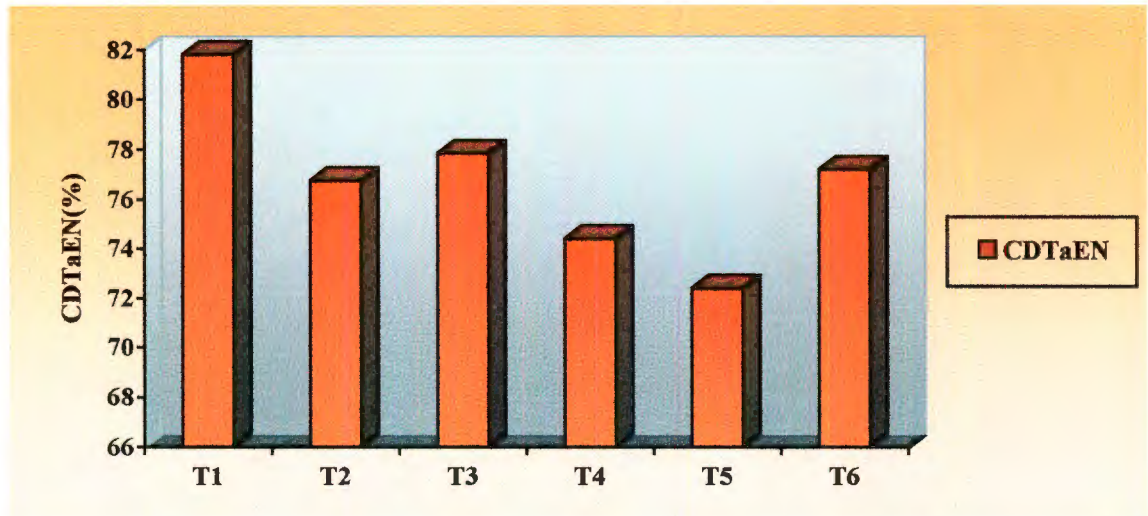
Por otro lado, al comparar la dieta control con la dieta T2 (6% de suero de leche) se encontró una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), sin embargo, cuando se aumentó la concentración de suero de leche (a 12%) (T3) esta diferencia ya no se presentó ( $P > 0.05$ ) (*gráfica 6*). Chae et al. (1999) mostraron que la digestibilidad ileal del suero de leche y del plasma porcino no difieren estadísticamente.

En consecuencia de la baja digestibilidad de los tratamientos con lactosa cristalina, el efecto fuente fue significativo ( $P < 0.01$ ) siendo que las dietas con suero

de leche fueron mejor digeridas y absorbidas (*cuadro 9*) (*Anexo 1*). Varios estudios indican que los subproductos lácteos son altamente digestibles y que generalmente son superiores a otras fuentes de proteína (Cera et al., 1988; Li et al., 1991; Sohn et al., 1994ab; Aumaitre, 1997; Viljoen et al., 1998 y Chae et al., 1999).

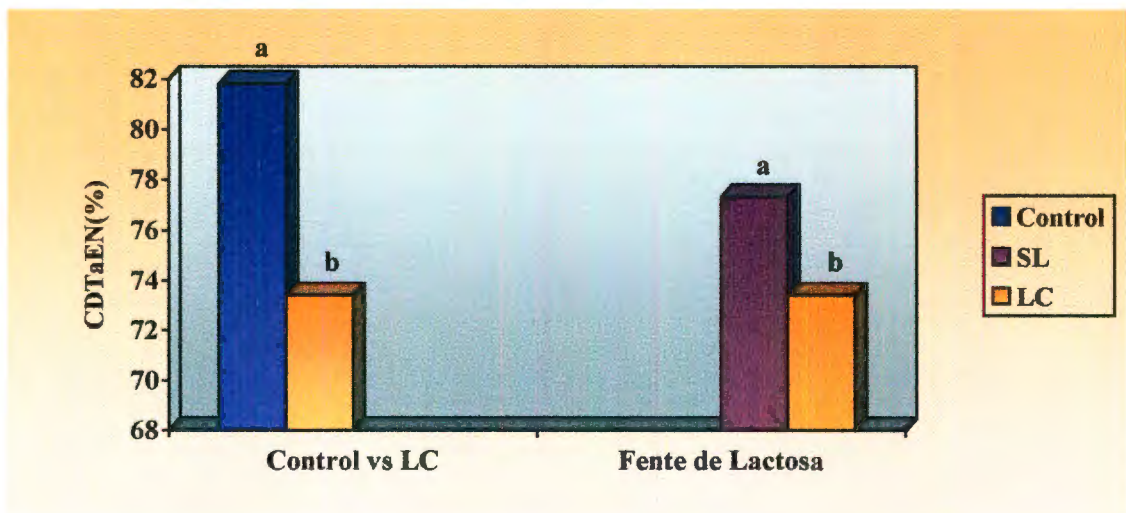
El efecto nivel y la interacción entre nivel y fuente no fueron significativos ( $P > 0.05$ ); sin embargo, cuando se compararon los niveles más altos de inclusión de lactosa provenientes del suero de leche (T3) o de la lactosa cristalina (T5) se observó una diferencia ( $P < 0.01$ ) de 7.96 puntos (72.37 vs 64.41 para T3 y T5 respectivamente), mientras que entre los niveles de 6% de adición no fueron observadas diferencias significativas (*Anexo 2*). En la bibliografía consultada (Mahan, 1993; Owen et al., 1993; Crown et al., 1995; Touchette et al., 1995a; Campabadal y Navarro, 1996 y Lui et al., 1997), trabajos realizados con diferentes niveles de inclusión de lactosa en dietas para lechones enfocan únicamente los aspectos zootécnicos, lo que no permite corroborar los presentes resultados, donde el nivel más alto de lactosa cristalina fue depresor del CDTa de la proteína cruda.

**Gráfica 7.** Efecto del tratamiento (T) sobre la digestibilidad total aparente de la energía.



CDTaEN= Coeficiente de digestibilidad total aparente de energía, SL= suero de leche, LC= lactosa cristalina.

**Gráfica 8.** Efecto de la fuente y la presencia de lactosa sobre la digestibilidad total aparente de la energía.



<sup>a,b</sup> Promedio con letras diferentes en distintos grupos de barras difieren estadísticamente, efecto control vs lactosa cristalina ( $P < 0.001$ ), efecto fuente ( $P < 0.05$ ). SL= suero de leche, LC= lactosa cristalina

### *Digestibilidad Total Aparente de la Energía.*

En la digestibilidad de la energía (CDTaEN) de las dietas (*gráfica 7 y 8*), se observó que los animales que consumieron la dieta control (T1) además de las dietas con 6 y 12% de suero de leche (T2 y T3) tuvieron un mejor aprovechamiento ( $P<0.001$ ) digestivo de la energía con relación al promedio del CDTaEN de los animales alimentados con lactosa cristalina (81.81, 76.76, 77.85 vs 73.40%, respectivamente) (*gráfica 8*). La diferencia fue mayor cuando ( $P<0.001$ ) se aumentó el nivel de lactosa cristalina a 12% (T5). La adición de suero de leche a la lactosa cristalina (T6) ayudó en la absorción de la energía, llevándola a niveles de digestibilidad similares a los observados con las dietas control o adicionadas con suero de leche. Así, el efecto fuente fue también significativo ( $P<0.05$ ) (*Gráfica 8*), revelando la superioridad del suero de leche. Como ya fue mencionado en el caso de la digestibilidad de la materia seca y de las proteínas, también para la energía no fueron encontrados otros trabajos comparables con este estudio.

**Los resultados de la digestibilidad de la materia seca, proteína cruda y energía demostraron una característica depresora de la lactosa cristalina. Probablemente esta respuesta está asociada a la disponibilidad de la lactosa como fuente de energía fácilmente utilizable por los microorganismos presentes en el intestino grueso de los lechones. De esta manera, aumentaría la competencia por este sustrato digestivo propiciando el crecimiento microbiano (Campabadal y Navarro, 1996) y consecuentemente aumentando la excreción en las heces de proteína y materia seca endógena (microbiana), lo que reduce la digestibilidad aparente de estos nutrimentos. Estas observaciones coinciden con Pluske et al. (1997), quienes afirman que uno de los puntos esenciales al desarrollo de la flora microbiana del intestino es la naturaleza de los sustratos que llegan y son disponibles para el crecimiento microbiano. Lizardo (1997) afirma que los residuos alimenticios que escapan de la digestión en el tracto digestivo superior (duodeno, yeyuno e íleon), principalmente la lactosa,**

**polisacáridos no amilaseos (PNA), así como las secreciones digestivas y los productos de la descamación del epitelio son el origen de dichos sustratos. La gran mayoría de las bacterias del intestino grueso obtienen su energía a partir de fermentaciones de los PNA, de los oligosacáridos y de los disacáridos como la lactosa, por lo que esta acción bacteriana propicia un aumento de la excreción de la proteína microbiana en las heces, disminuyendo la digestibilidad del nitrógeno.**

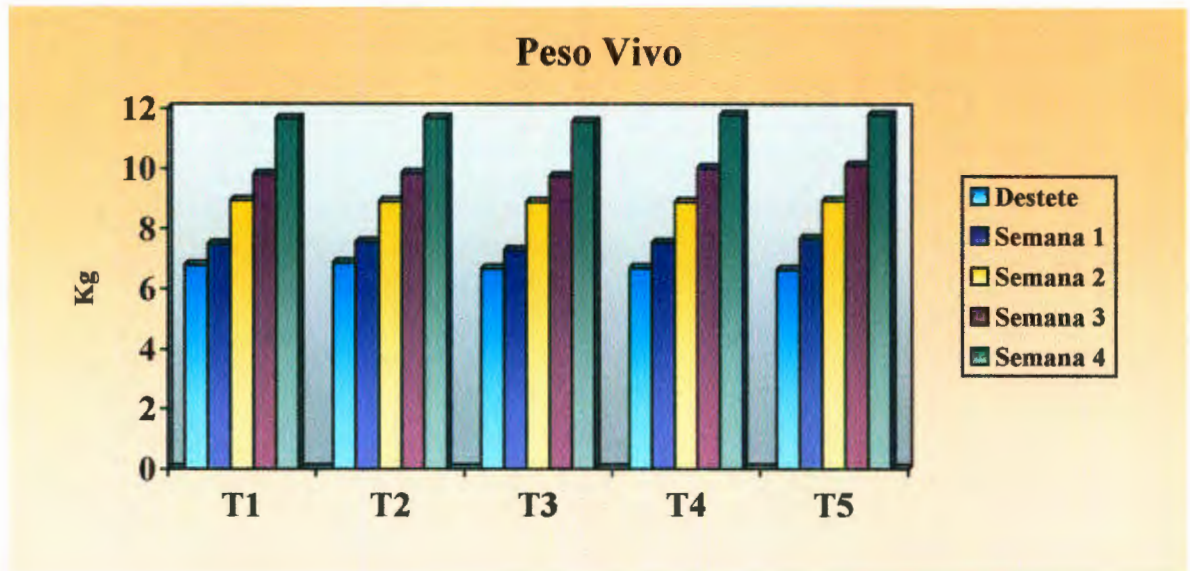
**Los resultados del presente estudio no pueden confirmar las afirmaciones de Giensting et al. (1985) y Aumaitre (1997) quienes sugieren que la adición de lactosa a la dieta mejora la digestibilidad aparente total de los nutrientes; por lo menos cuando se le adiciona en una forma pura (cristalina).**

**Tokach et al. (1989) afirman que el mejoramiento en el CDTa de la materia seca, de la energía y de la proteína se debe a las fracciones proteicas y de lactosa provenientes del suero de leche en forma independiente una de otra; sin embargo, al estar ambas presentes en la dieta provenientes de fuentes distintas no ocurren efectos aditivos.**

**Por otra parte, es probable que la lactosa presente en el suero de leche esté menos disponible para los microorganismos del intestino y por lo tanto sea más aprovechable por los lechones.**

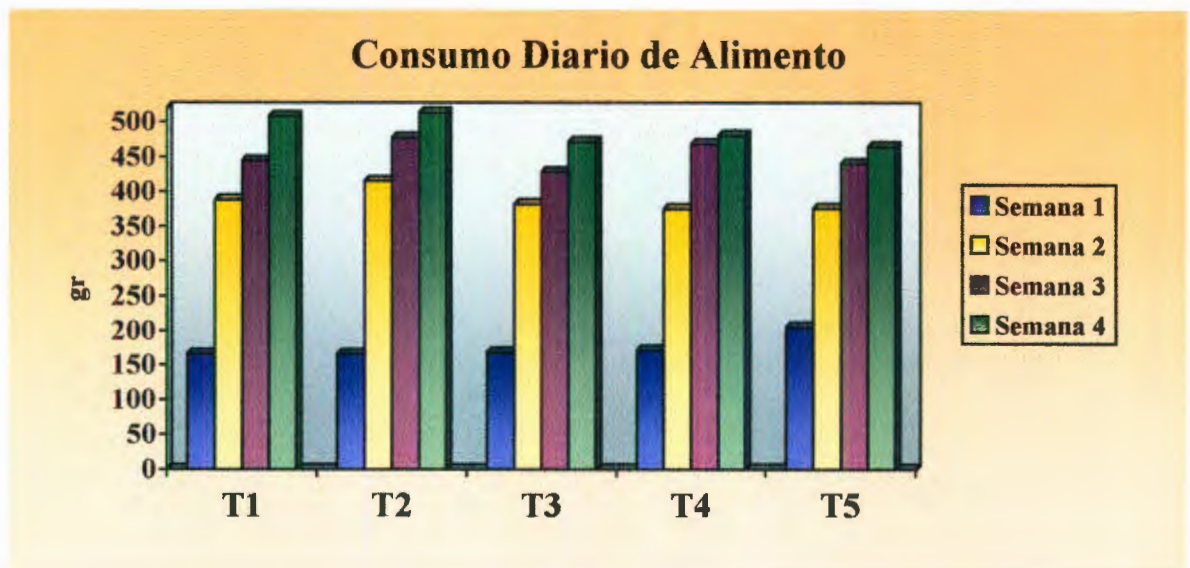


**Gráfica 9.** Efecto del nivel y de la fuente de lactosa sobre el peso vivo durante las primeras cuatro semanas posdestete.



SL= suero de leche, LC= lactosa cristalina.

**Gráfica 10.** Efecto del nivel y de la fuente de lactosa sobre el consumo diario de alimento durante las primeras cuatro semanas posdestete.



SL= suero de leche, LC= lactosa cristalina.

## Experimento 2 (Prueba de Comportamiento Zootécnico).

Los resultados de la prueba de comportamiento serán presentados en el siguiente orden: desarrollo en los dos primeros días posdestete, desarrollo semanal y por fases de producción.

### 1.- Consumo de alimento en los dos primeros días posdestete.

Uno de los principales efectos negativos del destete es el bajo consumo de alimento en los primeros días posdestete (Pluske et al., 1997 e Hiram, 1998), para verificar si la presencia y el nivel de lactosa presente en el alimento iniciador puede estimular la ingestión de ración en forma temprana se midió el consumo de alimento durante los dos primeros días posdestete. Los resultados mostraron una tendencia ( $P= 0.097$ ) de que el nivel más alto de lactosa, independientemente de la fuente, promovió un mayor consumo en esta fase (89 vs 103 gr/día; para 6 y 12% de lactosa respectivamente), estos resultados confirman lo observado por Owen et al. (1993) y Crow et al. (1995).

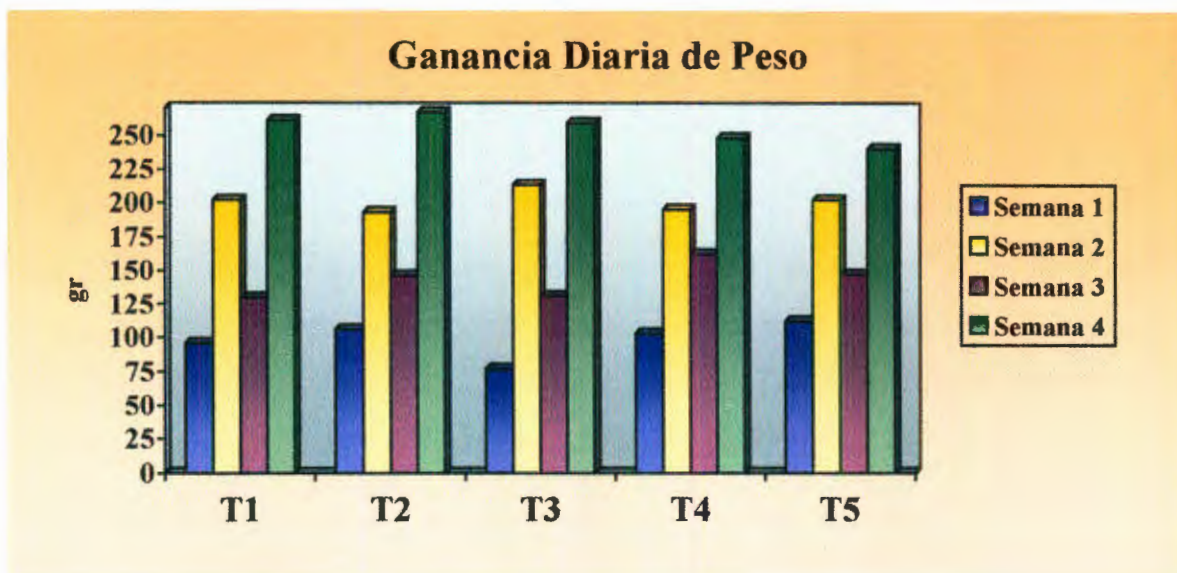
No fue observado ningún efecto de la fuente de lactosa presente en el alimento, lo que sugiere que la lactosa es el componente de los subproductos lácteos que da el sabor deseable a la dieta.

### 2.- Desarrollo semanal.

Los resultados semanales del consumo diario de alimento (CDA), peso vivo, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia son presentados en las *gráficas 9, 10, 11 y 12*. No se observó ninguna diferencia significativa ( $P> 0.05$ ) entre los distintos tratamientos en todas las variables estudiadas. Todos los lechones tuvieron el mismo patrón de crecimiento independientemente del tipo de dieta consumida en la fase inicial posdestete.

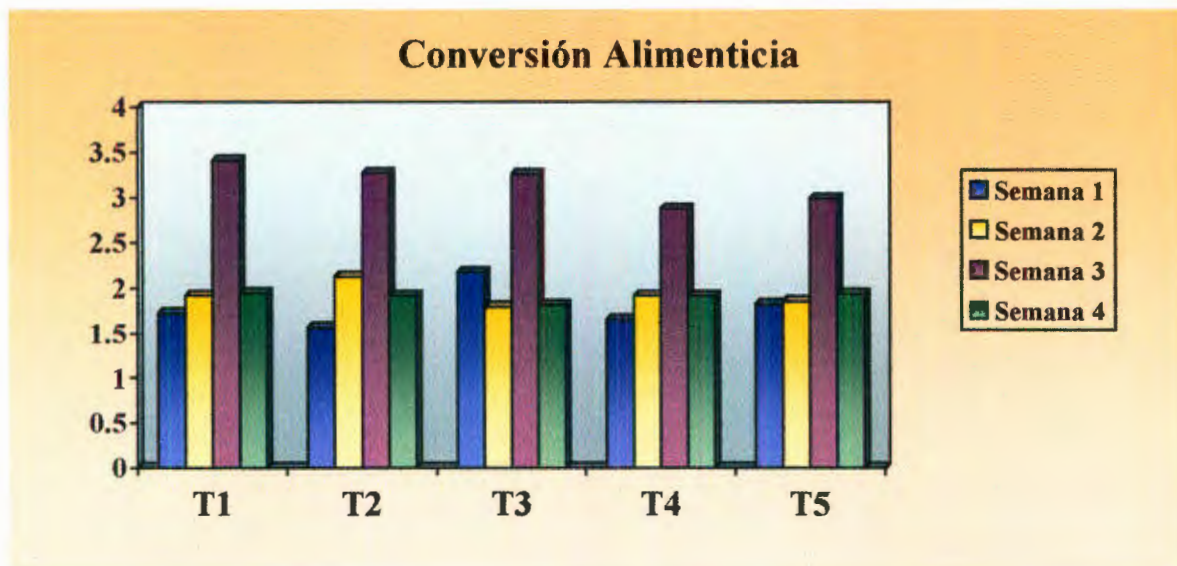
No fue observada en la primera o la 2<sup>a</sup> semana posdestete el efecto positivo del plasma porcino en relación con los subproductos lácteos sobre la ganancia diaria de

**Gráfica 11.** Efecto del nivel y de la fuente de lactosa sobre la ganancia diaria de peso durante las primeras cuatro semanas postdestete.



SL= suero de leche, LC= lactosa cristalina.

**Gráfica 12.** Efecto del nivel y de la fuente de lactosa sobre la conversión alimenticia durante las primeras cuatro semanas postdestete.



SL= suero de leche, LC= lactosa cristalina.

peso y/o sobre el consumo de alimento según los distintos autores citados en la bibliografía.

Es sabido que en esta fase (1ª y 2ª posdestete) el plasma es estimulador del consumo (Medel et al., 1988; Sohn et al., 1991; Ermer et al., 1992; Sierra, 1996 y Grinstead et al., 1998) e incrementa la ganancia de peso (Richert et al., 1992; Dritz et al., 1994 y Liu et al., 1997). Por otro lado, Sewell y West (1965) y Mahan (1992) afirman que la lactosa puede ser determinante en la respuesta zootécnica que se da a las dietas compuestas por proteínas de origen animal o vegetal, Touchette et al. (1995b) observaron que la respuesta a la lactosa es dependiente del plasma en la dieta. Touchette et al. (1995a), Liu et al. (1997) y Sohn et al. (1991) observaron también mayores beneficios en el desarrollo zootécnico de lechones combinando estos dos ingredientes en la ración preiniciadora.

Nessmith et al. (1997b) y Touchette et al. (1995a) concluyeron que el efecto sobre el desempeño zootécnico de los lechones es independiente de la fuente y nivel de lactosa utilizada en el alimento lo que corrobora los resultados del presente estudio.

Es interesante resaltar que en la semana 3 cuando se dio el cambio de alimento de la fase 1 a 2 (dieta común a todos los lechones) se observó una desaceleración en el consumo de alimento en todos los animales (*gráfica 10*) independientemente del tratamiento experimental previo; es decir, entre las semanas 1 y 2 el aumento del CDA fue en promedio 219%, ya entre las semanas 2 y 3 este incremento fue de un 117%. Este efecto se mantuvo hasta la cuarta semana donde hubo un incremento de apenas 108% con relación a la semana 3.

Como consecuencia al cambio de alimento, las ganancias de peso semanales (*gráfica 11*) también fueron reducidas en un 71% (201 vs 143 g/día en promedio de la segunda y tercer semanas posdestete, respectivamente). Estos fenómenos se reflejan en la conversión alimenticia en la semana 3 (*gráfica 12*) donde presentó sus peores índices de las cuatro primeras semanas posdestete (1.79, 1.92, **3.16** y 1.91; promedio de las conversiones de las semanas 1 a 4, respectivamente).

El efecto negativo del cambio de alimento también fue observado en trabajos semejantes (Kats et al., 1992, Balderas, 1999 y Uribe, 2000). Por otro lado, Pope et al. (1982) afirman que es tan efectivo dar una dieta con altos niveles de lactosa durante 2 semanas como durante 5 semanas; sin embargo, el cambio de dieta debe ser gradual. Esto lleva a pensar en la necesidad de suministrar una dieta de transición entre la formulada para la fase 1 y la fase 2 en el presente estudio, en la cual esté todavía presente un subproducto lácteo en menor proporción que el incluido en la dieta fase 1.

En esta prueba fue extraordinaria la capacidad de recuperación de los lechones (crecimiento compensatorio) y en la semana que siguió al cambio (cuarta semana), siendo que la ganancia diaria de peso fue muy importante (178% con relación a la semana 3) (*gráfica 11*) lo que reflejó en una mejora de la conversión alimenticia.

### 3.- Desarrollo por fase experimental.

El análisis por fases se encuentra resumido en el *cuadro 10* en el cual se evaluó el desempeño zootécnico de los lechones en la fase uno y dos posdestete además de evaluarse en forma total la prueba.

**Cuadro 10.** Efecto de la fuente y nivel de lactosa sobre el desarrollo de los lechones en las fases posdestete.

| Variables            | Control | Suero de Leche |      |      | Lactosa<br>Cristalina |                  | Análisis<br>Estadístico |                  |
|----------------------|---------|----------------|------|------|-----------------------|------------------|-------------------------|------------------|
|                      |         | 0%             | 6%   | 12%  | 6%                    | 12%              | Efecto                  | EEM <sup>2</sup> |
| Nivel<br>Tratamiento | T1      | T2             | T3   | T4   | T5                    | TTM <sup>1</sup> |                         |                  |
| <b>CDA (g/día)</b>   |         |                |      |      |                       |                  |                         |                  |
| <i>F1</i>            | 277     | 290            | 275  | 273  | 290                   | NS               |                         | 5.82             |
| <i>F2</i>            | 468     | 486            | 447  | 469  | 448                   | NS               |                         | 9.61             |
| <i>TO</i>            | 372     | 388            | 361  | 371  | 369                   | NS               |                         | 7.24             |
| <b>GDP (g/día)</b>   |         |                |      |      |                       |                  |                         |                  |
| <i>F1</i>            | 148     | 141            | 141  | 145  | 157                   | NS               |                         | 4.52             |
| <i>F2</i>            | 195     | 206            | 195  | 206  | 193                   | NS               |                         | 6.02             |
| <i>TO</i>            | 172     | 172            | 168  | 175  | 175                   | NS               |                         | 4.03             |
| <b>CA</b>            |         |                |      |      |                       |                  |                         |                  |
| <i>F1</i>            | 1.87    | 2.06           | 1.95 | 1.88 | 1.84                  | NS               |                         | 0.07             |
| <i>F2</i>            | 2.46    | 2.36           | 2.29 | 2.27 | 2.32                  | NS               |                         | 0.06             |
| <i>TO</i>            | 2.16    | 2.21           | 2.12 | 2.07 | 2.08                  | NS               |                         | 0.04             |

<sup>1</sup> Tratamiento. <sup>2</sup> Error estándar de la media. CDA= consumo diario de alimento. GDP= ganancia diaria de peso. CA= conversión alimenticia, TO= promedio de Fase 1 y Fase2.

Al igual que el análisis de los resultados semanales, no fue observada ninguna diferencia entre los tratamientos en todos los parámetros estudiados (CDA, GDP y CA). Por otro lado, los resultados de conversión alimenticia de los tratamientos T3 y T5 concuerdan con trabajos de Campabadal y Navarro (1996) para la primera fase (O-14 dpd). Es interesante mencionar que la dieta control fue tan eficiente como las demás, las cuales tenían distintas fuentes y niveles de inclusión de lactosa, esto concuerda con trabajos de Richert et al. (1992), Davis et al. (1997), Pérez y Cuarón (1998a, 1998b) y Grinstead et al. (1998). Por otro lado estos datos contradicen las afirmaciones de Mahan (1992) y Nessmith et al. (1997b) en donde se resalta la

importancia de la lactosa para mejorar el desempeño zootécnico en alimentos de lechones recién destetados.

Finalmente los resultados por fases demostraron que los lechones alimentados con dietas compuestas por fuentes de proteína y de energía de alta calidad, como las del presente trabajo, tuvieron un desarrollo zootécnico muy similar entre ellos al final de la prueba.

Los resultados obtenidos de esta prueba de comportamiento (experimento 2) no son compatibles con los observados en la prueba de digestibilidad total aparente (experimento 1); ya que en el experimento 2 no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, los cuales fueron iguales a los del experimento 1 en donde se observó que la lactosa cristalina tiene un efecto negativo sobre la digestibilidad de los nutrimentos; sin embargo, es posible que el efecto de la lactosa cristalina sea mas bien probiótico al estimular el crecimiento de la flora bacteriana, lo cual la hace tan eficiente como las dietas con suero de leche e incluso con la dieta control.

## VII. CONCLUSIONES.

Con base en los resultados de los dos experimentos desarrollados en esta tesis podemos concluir que:

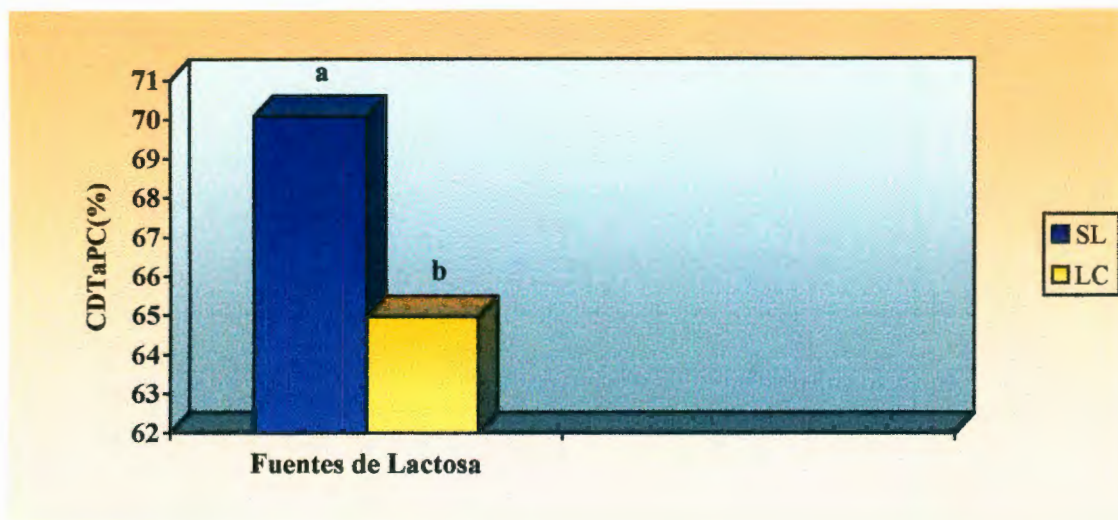
- \* *La adición de Suero de Leche como fuente de lactosa en las dietas posdestete aumentó la digestibilidad de la materia seca, proteína cruda y energía en los lechones.*
- \* *La adición de Lactosa Cristalina como fuente de lactosa en las dietas posdestete disminuyó la digestibilidad de la materia seca, proteína cruda y energía en los lechones.*
- \* *No hubo un efecto significativo en el nivel de lactosa empleado en este estudio sobre la digestibilidad de la materia seca, proteína cruda y energía. Por otro lado, únicamente con el nivel más alto de lactosa proveniente de suero de leche se observó un aumento en el CDTa de la proteína cruda.*
- \* *Es probable que exista un sinergismo entre la fracción protéica del suero de leche y la lactosa cristalina adicionada a la dieta al ser ambos combinados; sin embargo, los efectos de este sinergismo no pudieron ser observados en su totalidad en este estudio.*
- \* *La fuente y nivel de lactosa no afectaron el desarrollo zootécnico de los lechones; sin embargo, la presencia de la lactosa independientemente de su procedencia parece ser una fuente de energía fácilmente utilizada por los lechones en los primeros días posdestete, lo cual posiblemente estimula el consumo de alimento sólido principalmente cuando es empleada en el nivel más alto (12%).*



- \* *El plasma porcino es un ingrediente de gran calidad para ser utilizado en las dietas preiniciadoras por lo que su incorporación en una dieta formulada para cubrir el perfil ideal de aminoácidos puede ser tan eficaz como las dietas suplementadas con subproductos lácteos.*
- \* *Finalmente es necesario un estudio complementario en donde se evalúe a nivel ileal la digestibilidad de los mismos ingredientes empleados en esta tesis, sin la interferencia de los microorganismos del intestino grueso.*

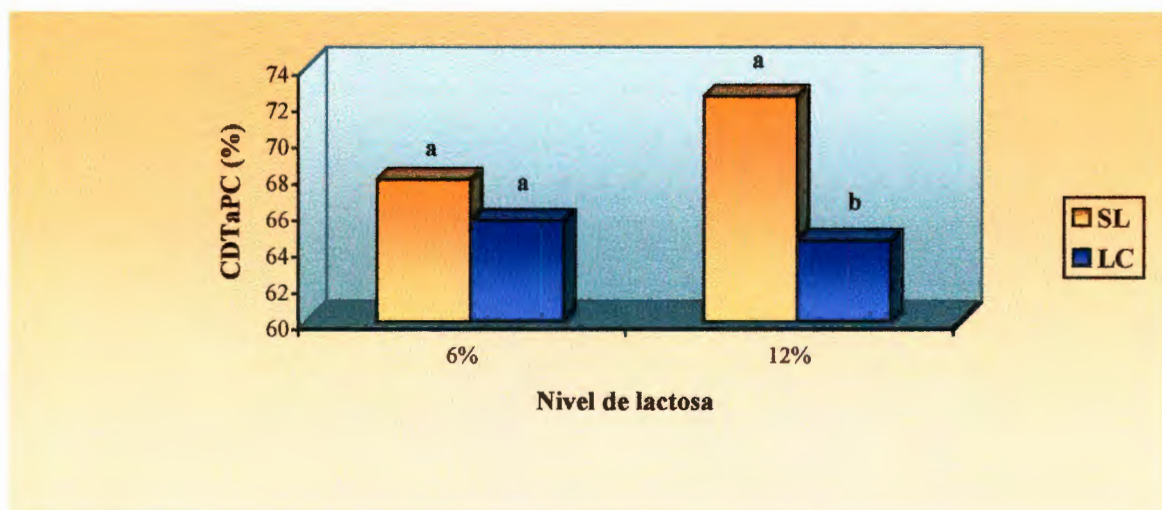
## VIII. ANEXOS

**Anexo 1.** Efecto de la fuente de lactosa sobre la digestibilidad total aparente de la proteína cruda.



<sup>a,b</sup> Promedio con letras diferentes en distintos grupos de barras difieren estadísticamente. SL= suero de leche, LC= lactosa cruda.

**Anexo 2.** Efecto de la incorporación de distintas fuentes de lactosa en diferentes niveles sobre la digestibilidad total aparente de la proteína cruda.



<sup>a,b</sup> Promedio con letras diferentes en distintos grupos de barras difieren estadísticamente. SL= suero de leche, LC= lactosa cristalina.

## IX. BIBLIOGRAFIA

1. Alonso, M. S. 1999. Medio ambiente y etología en la producción porcina. *Cerdos*. Año 3. No. 27. p. 38.
2. A.O.A.C. 1990. *Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists*. 15 th. Ed. Arlington. U.S.A.
3. Aumaitre, A. 1997. Avances recientes en la fisiología del lechón recién destetado: proceso de adaptación de la capacidad digestiva. *Memorias del curso sobre avances recientes en fisiología nutritiva del lechón y taller sobre nutrición de reproductoras*. AMENA. México. p. 1.
4. Baker, D. H. and T. K. Chung. 1992. Ideal protein for swine and poultry. *Biokyowa*. Technical Review-4.
5. Balderas, O. M. 1999. Uso de enzimas alimenticias en dietas de iniciación para lechones recién destetados formuladas con diferentes cereales: efecto sobre la digestibilidad de los nutrimentos y el comportamiento productivo. Tesis Licenciatura. LMVZ-FCN, UAQ.
6. Bateman, V. T. 1970. *Nutrición animal: manual de métodos analíticos*. Herrero Hnos. Suc. México.
7. Borbolla, S. G. y de la P. I. Aubert. 1997. Digestión de proteínas y su efecto en la integridad intestinal. *Memorias del curso sobre avances recientes en fisiología nutritiva del lechón y taller sobre nutrición de reproductoras*. AMENA. México. p. 54.
8. Burnell, T. W., G. L. Cromwell and T. S. Stahly. 1988. Effects of dried whey and copper sulfate on the growth responses to organic acid in diets for weanling pigs. *J. Anim Sci.* 66: 1100.
9. Campabadal, C. y G. H. Navarro. 1994a. Manejo y alimentación del lechón pre y posdestete. *Asociación Americana de Soya A. N.* No. 92: 13.

10. Campabadal, C. y G. H. Navarro. 1994b. Alimentación de cerdos para maximizar los rendimientos económicos. Asociación Americana de Soya A. N. No. 132: 7.
11. Campabadal, C. y G. H. Navarro. 1996. Alimentación del lechón al destete. Asociación Americana de Soya A. N. No. 146: 26.
12. Casarín, V. A. y V. H. Brito. 1999. Los preiniciadores: su impacto sobre el lechón y el producto final. *Cerdos*. Año 2. No. 15. p. 8.
13. Cera, K. R., D. C. Mahan and G. A. Reinhart. 1989. Effects of dietary whey and corn oil on weanling pig performance, fat digestibility and nitrogen utilization. *J. Anim. Sci.* 66: 1438
14. Cervantes, L. J. 1997. Nutrición y alimentación del lechón. Memorias XXXII Congreso Nacional AMVEC. México. p. 27.
15. Chae, B. J., I. K. Han, J. H. Kim, C. J. Yang, J. D. Hamcock, I. H. Kim and D. A. Anderson. 1999. Effects of dietary protein sources on ileal digestibility and growth performance for early weaned pigs. *Liv. Prod. Sci.* 58: 45.
16. Chi, F. and D. C. Mahan. 1995. Effect of dietary energy source (fat and lactose) on weanling pig performance. *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1): 70 (Abstr).
17. Clarkson, J. R. and G. L. Allee. 1982. Effect of diet and method of feeding on performance of pigs weaned at three weeks. *J. Anim. Sci.* 55 (Suppl. 1): 90 (Abstr.).
18. Crow, S. D., K. J. Touchette, G. L. Allee and M. D. Newcomb. 1995. Late nursery pigs respond to lactose (day 7-21 post weaning). *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1): 71 (Abstr).
19. Cruz, J., G. Borbolla, F. Avila y G. Villar. 1997. Efecto de la inclusión de suero de leche líquido y L-Glutamina sobre los parámetros

- productivos de lechones destetados a los 14 días de edad. Memorias del XXXII Congreso Nacional AMVEC. México. p. 60.
20. Cruz, J., G. Borbolla, F. Avila y G. Villar. 1998. Efecto del suero de leche líquido sobre el comportamiento productivo de cerdos destetados precozmente. Memorias del XXXIII Congreso Nacional AMVEC. México. p. 15.
21. Davis, B. Z de R., C. V. Maxwell, B. J. Kerr, J. Chung and E. Broekman. 1997. Crystalline amino acid substitution for whey protein concentrate in the diets of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 75 (Suppl. 1): 179 (Abstr).
22. De la Cruz, A., R. Mendoza, G. Villar, E. Avila y G. Borbolla. 1998. Efecto de la L-glutamina sobre la integridad intestinal de los cerdos destetados precozmente. Memorias del XXXIII Congreso Nacional AMVEC. México. p. 29.
23. De la Cruz, A., R. Mendoza, G. Villar y G. Borbolla. 1999. Utilización de la L-glutamina como preservador de la integridad intestinal de cerdos destetados precozmente. Memorias del IX Congreso Nacional AMENA. México. p. 2.
24. Dritz, S. S., M. D. Tokach, R. D. Goodband, J. L. Nelssen and K. Q. Owen. 1994. Optimum level of spray dried porcine plasma for early weaned (10.5 d. of age) starter pigs. *J. Anim. Sci.* 75 (Suppl. 2): 69 (Abstr.).
25. Ekstrom, K. E., N. J. Benevega and R. H. Grummer. 1975a. Effects of various dietary levels of dried whey on the performance of growing pigs. 1975. *J. Nutr.* 105 (7): 846.
26. Ekstrom, K. E., N. J. Benevega and R. H. Grummer. 1975b. Effects of diets containing dried whey on the lactase activity of the small

- intestinal mucosa and the contents of the small intestine and cecum of the pig. *J. Nutr.* 105 (7): 851.
27. Ermer, P. M., P. S. Miller, A. J. Lewis and M. A. Giesemann. 1992. The preference of weanling pigs for diets containing either dried skimmed milk or spray dried porcine plasma. *J. Anim. Sci.* 70 (Suppl. 1): 60 (Abstr.).
  28. Ermer, P. M., P. S. Miller and A. J. Lewis. 1994. Diet preference and meal patterns of weanling pigs offered diets containing either spray-dried porcine plasma or dried skim milk. *J. Anim. Sci.* 72: 1548.
  29. Fenton, T. W. and M. Fenton. 1979. An improved procedure for the determination of chromic oxide in feed and feces. *Can. J. Anim. Sci.* 59: 631.
  30. Ganong, W. F. 1994. *Fisiología Médica*. 14<sup>a</sup> Ed. Edit. Manual Moderno. México.
  31. Giensting, D. W., R. A. Easter and B. A. Roe. 1985. A comparison of protein and carbohydrate sources of milk and plant origin for starter pigs. *J. Anim. Sci.* 61 (Suppl. 1): 299 (Abstr.).
  32. Gómez, S. y I. J. A. Cuarón. 1994. Comportamiento productivo de lechones en función del peso al destete y del sistema de alimentación. *Memorias XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias*. p. 241.
  33. Gonyou, H. W. 1999. The eating behavior of pigs and feeder design. *Memorias del IX Congreso Nacional AMENA*. México. p. 55.
  34. Gonzalez, G. D. M. y R. V. Quintero. 1997. Técnica de alimentación para lechones destetados a los 17 días empleando sustituto de leche y alimento preiniciador peletizado. *Memorias del XXXII Congreso Nacional AMVEC*. México. p. 73.

35. Grinstead, G. S., R. D. Goodband, M. D. Tokach, J. L. Nelssen and J. C. Woodworth. 1998. Evaluation of a high protein, whey protein concentrate and spray dried animal plasma on growth performance of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 2): 93 (Abstr.).
36. Himmelberg, L. V., E. R. Peo, Jr. and A. J. Lewis. 1985. Weaning weight response of pigs to simple and complex diets. *J. Anim. Sci.* 61: 18.
37. Hiram, H. W. 1998. Nutrición y alimentación del lechón. Los Porcicultores y su entorno. Año I. No. 6. p.26
38. INEGI. 1997. Anuario estadístico del Estado de Querétaro.
39. Jaeger, L. A., C. H. Lamar, G. D. Bottoms and T. R. Cline. 1987. Growth-stimulation substances in porcine milk. *Am. J. Vet. Res.* 48: 1531.
40. Jin, C. F., J. H. Kin, I. K. Han and J. U. Yeon. 1998. Optimum lactose: sucrose ratio for the pigs weaned at 21 days of age. *Aust. J. Anim. Sci.* 11 (2): 185.
41. Kats, L. J., M. D. Tokach, R. D. Goodband and J. L. Nelssen. 1992. Influence of protein source fed to the early weaned pig during phase I (day 0-9) on response to various protein sources fed during phase II (day 9-28) postweaning. *J. Anim. Sci.* 70 (Suppl. 1): 60 (Abstr.).
42. Kelly, D., J. A. Smyth and K. J. McCracken. 1991. Digestive development of the early weaned pigs I. *Br. J. Nutr.*, 65 (2): 169.
43. Knabe, D. A. 1997. Uso de subproductos animales en la alimentación porcina. Memorias del curso sobre avances recientes en fisiología nutritiva del lechón y taller sobre nutrición de reproductoras. AMENA. México. p. 61.

44. Li, D. F., J. L. Nelssen, P. G. Reddy, F. Blecha, R. D. Klemm, D. W. Giensting, J. D. Hancock, G. L. Allee and R. D. Goodband. 1991. Measuring suitability of soybean products for early weaned pigs with immunological criteria. *J. Anim. Sci.* 69: 3299.
45. Lindemann, M. D., S. G. Cornelius, S. M. E. Kandelgy, R. L. Moser and J. E. Pettigrew. 1986. Effect of age, weaning and diet on the digestive enzyme levels in the piglet. *J. Anim. Sci.* 62: 1298.
46. Liu, H., K. J. Touchette, G. L. Allee and M. D. Newcomb. 1997. Effect of plasma, lactose and soy protein source in phase I diets on nursery pig performance. *J. Anim. Sci.* 75 (Suppl. 1): 198 (Abstr.).
47. Lizardo, R. 1997. Exploration de l'adaptation de la capacité digestive du porcelet après le sevrage: effet des facteurs antinutritionnels et des polysaccharides non amylacés sur l'activité des enzymes, la digestibilité et les performances zootechniques. Thèse de docteur de l'ensar. L'École Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, France. p 25.
48. Mahan, D. C. 1992. Efficacy of dried whey and its lactalbumin and lactose components at two dietary lysine levels on postweaning pig performance and nitrogen balance. *J. Anim. Sci.* 70: 2182.
49. Mahan, D. C. 1993. Evaluating two sources of dried whey and the effects of replacing the corn and dried whey component with corn gluten meal and lactose in the diets of weanling swine. *J. Anim. Sci.* 71: 2860.
50. Medel, P., F. Baucells, J. C. de Blas and G. Mateos. 1988. Use of spray dried plasma in combination with different types of milk proteins in diets for piglets. *J. Anim. Sci.* 77 (Suppl. 1): 193 (Abstr.).



51. Mc Donald, P., R. A. Edwards and J. F. D. Greenhalgh. 1975. *Nutrición animal*. 2ª. Ed. Edit. Acribia. España.
52. Miller, E. R., D. E. Ullrey and A. J. Lewis. 1991. *Swine Nutrition*. Butterworth – Heinemann Press. USA.
53. Nessmith, W. B., J. L. Nelssen, M. D. Tokach, R. D. Goodband, J. R. Bergtröm, S. Dritz and B. T. Richert. 1997a. Evaluation of the interrelationships among lactose and protein sources in diets for segregated early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 75: 3214.
54. Nessmith, W. B., JR. , J. L. Nelssen, M. D. Tokach, R. D. Goodband and J. R. Bergtröm. 1997b. Effects of substituting whey and(or) crystalline lactose for dried whey on weanling pig performance. *J. Anim. Sci.* 75: 3222.
55. Noblet, J. and M. Etienne. 1987. Body composition, metabolic rate and utilization of milk nutrients in suckling piglets. *Reprod. Nutr. Dévelop.* 27 (4): 829.
56. NRC. 1988. *Nutrient Requirements of Swine* (9<sup>th</sup> Ed.). National Academy of Press, Washington, D. C.
57. Owen, K. Q., J. L. Neelsen, M. D. Tokach, R. D. Goodband, S. Dritz and L. J. Kats. 1993. The effect of increasing level of lactose in a porcine plasma-based diet for the early weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 71 (Suppl. 1): 175 (Abstr.).
58. Owsley, W. F., D. E. Orr, Jr. and L. F. Tribble. 1986. Effects of nitrogen and energy source on nutrient digestibility in the young pig. *J. Anim. Sci.* 63: 492.
59. Pérez, M. P. y I. J. A. Cuarón. 1998a. Efectos de la fuente de proteína en las dietas para lechones sobre el comportamiento productivo al

- destete. Memorias del XXXIII Congreso Nacional AMVEC. México. p. 35.
60. Pérez, M. P. y I. J. A. Cuarón. 1998b. Efectos de la fuente de proteína en las dietas para lechones al destete. Memorias de la XXXIV Reunión nacional de investigación pecuaria. México. p. 114.
61. Pluske, J. R., D. J. Hampson and I. H. Williams. 1997. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. *Liv. Prod. Sci.* 51:215.
62. Pope, S. and G. L. Allee. 1982. Use of whey in diets for pigs weaned at three weeks. *J. Anim. Sci.* 55 (Suppl. 1): 291 (Abstr.).
63. Radke, T. R., R. G. Shields, Jr. and D. P. Holzgraefe. 1991. Relative efficacy of whole whey and various lactose sources in diets for early weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 69 (Suppl. 1): 102 (Abstr.).
64. Reis, de Souza. T. C. 1992. Conséquences digestives, métaboliques et zootechniques de l'incorporation de lipides dans la ration du porcelet au sevrage. Tesis de Doctorado, Université de Rennes I, France, 154 p.
65. Reis, de Souza. T. C. y L. G. Mariscal .1997. El destete, la función digestiva y la digestibilidad de los alimentos en cerdos jóvenes. *Tec. Pecu. Mex.* 35 (3): 145.
66. Reis, de Souza. T. C. 1997. Digestión de las grasas y utilización de la energía en lechones. Memorias del curso sobre avances recientes en fisiología nutritiva del lechón y taller sobre nutrición de reproductoras. AMENA. México. p. 30.
67. Reis, de Souza. T. C, H. E. Muñoz y L. G. Mariscal. 1999. Fuente y nivel de lactosa en dietas posdestete y el desarrollo productivo de lechones. Memorias del IX congreso nacional AMENA. México. p. 01.

68. Richert, J. D., R. H. Hancock, R. H. Hines and K. S. Burton. 1992. Use of whey protein concentrate, dried buttermilk and porcine plasma protein to replace dried skim milk in diets for weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 70 (Suppl. 1): 29 (Abstr.).
69. Sánchez. B., G. Borbolla, E. Avila, G. Villar y G. Mariscal. 1997. Efecto del suero de leche líquido sobre los parámetros productivos del lechón y el cerdo recientemente destetado. *Memorias del XXXII Congreso Nacional AMVEC: México.* p. 70.
70. Sánchez, B., A. De la Cruz. , G. Villar, R. Mendoza, G. Mariscal and G. Borbolla. 1998. Effect of liquid whey and L-glutamine on the productive parameters and intestinal integrity of the piglet and early weaned pig. *J. Anim. Sci.* 81 (Suppl. 1): 164 (Abstr.).
71. Sewell, R. F. and J. F. West. 1965. Some effects of lactose on protein utilization in the baby pig. *J. Anim. Sci.* 24: 239.
72. Shimada, A. S., 1983. *Fundamentos de nutrición animal comparativa.* PAIEPEME. México.
73. Sierra, D. J. 1996. *Uso de subproductos de sangre secados por aspersion como fuente de proteína para el lechón destetado. Tesis Licenciatura.* EMVZ, UAQ.
74. Sohn, K. S., C.V. Maxwell and D. S. Buchanan. 1991. Plasma protein an alternative protein source for early weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 69 (Suppl. 1): 362 (Abstr.).
75. Sohn, K. S., C.V. Maxwell, D. S. Buchanan and L L. Southern. 1994a. Improved soybean protein sources for early weaned pigs: effects on performance and total tract amino acid digestibility. *J. Anim. Sci.* 72: 622.

76. Sohn, K. S., C.V. Maxwell, L. L. Southern and D. S. Buchanan. 1994b. Improved soybean protein sources for early weaned pigs: II Effects on ileal amino acid digestibility. *J. Anim. Sci.* 74:631.
77. Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1985. *Bioestadística: principios y procedimientos*. 2ª. Ed. Edit. Mc Graw Hill, México.
78. Stephas, E. L. and B. L. Miller. 1998. Evaluation of dextrose as a replacement for crystalline lactose in phase I and phase II nursery diets. *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 2): 62 (Abstr.).
79. Tejada, de H. I. 1992. Control de calidad y análisis de alimentos para animales. Sistema de educación continua en producción animal A. C. México.
80. Thaler, R. C., J. L. Nelseen, G. L. Allee and M. E. Johnston. 1986. Response of starter pigs to dietary additions of copper sulfate and/or dried whey. *J. Anim. Sci.* 64 (Suppl. 1): 107 (Abstr.).
81. Tokach, M. D., J. L. Nelseen and G. L. Allee. 1989. Effect of protein and (or) carbohydrate fractions of dried whey on performance and nutrients digestibility of early weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 67: 1307.
82. Tokach, M. D., J. E. Pettigrew, L. J. Johnston, M. Overland, J. W. Rust and S. G. Cornelius. 1995. Effects 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.* 73: 3358.
83. Touchette, K. J., S. D. Crow, G. L. Allee and M. D. Newcomb. 1995a. Weaned pigs respond to lactose (day 0-14 postweaning). *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1): 70 (Abstr.).
84. Touchette, K. J., S. D. Crow, G. L. Allee and M. D. Newcomb. 1995b. Lactose response is dependent on plasma in the diet of weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1): 171 (Abstr.).

85. Touchette, K. J., G. L. Allee and M. D. Newcomb. 1996. The effects of plasma, lactose and soy protein source fed in a phase I diet on nursery performance. *J. Anim. Sci.* 74 (Suppl. 1): 170
86. Uribe, L. L. 2000. Efecto de la adición de diferentes fuentes de grasa en la alimentación de lechones destetados sobre la digestibilidad total de los nutrientes y el desarrollo zootécnico. Tesis Licenciatura. LMVZ-FCN, UAQ.
87. Viljoen, J., S. E. Coetzee, J. C. Fick, F. K. Siebrits and J. P. Hayes 1998. The ileal amino acid digestibility of different protein sources for early weaned piglets. *Liv. Prod. Sci.* 54: 45.
88. Wahlstrom, R. C., L. A. Hauser and G. W. Libal. 1974. Effects of low lactose whey, skim milk and sugar on diets palatability and performance of early weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 38: 1267.