

01674



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA
PRODUCCION Y DE LA SALUD ANIMAL

EXTRACTOS DE OREGANO, CHILE Y CANELA COMO
PROMOTORES DEL CRECIMIENTO SOBRE EL
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y LA MORFOLOGIA
INTESTINAL DEL CERDO RECIEN DESTETADO

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

P R E S E N T A :

GABRIELA ALEJANDRA VELAZQUEZ FLORES

TUTOR:
DR. GERMAN BORBOLLA SOSA

COMITE TUTORAL:
DR. GERARDO MARISCAL LANDIN
DRA. TERCIA CESARIA REIS DE SOUZA



MEXICO, D.F.

2005

m. 339903



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

H. H. H.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Gabriela Alejandra Velazquez Flores

FECHA: 11/01/05

FIRMA: Gabriela A. Velazquez Flores

ru

80.055.01

CONTENIDO

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
INTRODUCCION	6
El tracto gastrointestinal del cerdo-joven	7
Antimicrobianos promotores del crecimiento	10
Nutracéuticos	13
Extractos herbales como aditivos en la alimentación animal	16
Perspectiva futura de los antimicrobianos promotores del crecimiento animal en México	18
OBJETIVO	19
HIPÓTESIS	20
JUSTIFICACION	21
MATERIAL Y METODOS	22
EXPERIMENTO 1	
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO	22
Localización	22
Animales	22
Alojamiento	23
Duración	23
Dietas experimentales	23
Distribución de animales	24
Diseño experimental	25
Análisis estadístico	25
EXPERIMENTO 2	
MORFOLOGÍA INTESTINAL	26
Localización	26
Animales	26
Alojamiento	26

Duración	26
Dietas experimentales	27
Distribución de animales	27
Toma de muestras	27
Variables de respuesta	28
Diseño experimental	29
Análisis estadístico	29
RESULTADOS	31
EXPERIMENTO 1	
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO	31
Peso vivo	31
Ganancia diaria de peso	31
Consumo diario de alimento	32
Conversión alimenticia	34
EXPERIMENTO 2	
MORFOLOGÍA INTESTINAL	35
Altura de las vellosidades intestinales	
Duodeno	35
Yeyuno	35
Íleon	36
Profundidad de las criptas intestinales	
Duodeno	37
Yeyuno	37
Íleon	38
DISCUSIÓN	40
EXPERIMENTO 1	
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO	40
EXPERIMENTO 2	
MORFOLOGÍA INTESTINAL	44
CONCLUSIÓN	47
BIBLIOGRAFÍA	48

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1. Composición porcentual de las dietas experimentales para cerdos recién destetados en fase I y fase II. (Experimentos 1 y 2)	58
CUADRO 2. Efecto de la inclusión de extractos de orégano, chile y canela como promotores del crecimiento en dietas de cerdos recién destetados sobre el peso vivo semanal (Experimento 1)	59
CUADRO 3. Efecto de la inclusión de extractos de orégano, chile y canela como promotores del crecimiento en dietas de cerdos recién destetados sobre la ganancia diaria de peso (Experimento 1)	60
CUADRO 4. Efecto de la inclusión de extractos de orégano, chile y canela como promotores del crecimiento en dietas de cerdos recién destetados sobre el consumo diario de alimento (Experimento 1)	61
CUADRO 5. Efecto de la inclusión de extractos de orégano, chile y canela como promotores del crecimiento en dietas de cerdos recién destetados sobre la conversión alimenticia (Experimento 1)	62
CUADRO 6. Altura de vellosidades y profundidad de las criptas intestinales a los 0, 7, 14, y 21 días posdestete en cerdos destetados alimentados con extractos de orégano, chile y canela como promotor del crecimiento en la dieta (Experimento 2)	63
CUADRO 7. Efecto de la inclusión de extractos de orégano, chile y canela como promotores del crecimiento en dietas de cerdos recién destetados sobre la altura de vellosidades y profundidad de criptas intestinales a los 7 días posdestete (Experimento 2)	64
CUADRO 8. Efecto de la inclusión de extractos de orégano, chile y canela como promotores del crecimiento en dietas de cerdos recién destetados sobre la altura de vellosidades y profundidad de criptas intestinales a los 14 días posdestete (Experimento 2)	65
CUADRO 9. Efecto de la inclusión de extractos de orégano, chile y canela como promotores del crecimiento en dietas de cerdos recién destetados sobre la altura de vellosidades y profundidad de criptas intestinales a los 21 días posdestete (Experimento 2)	66

RESUMEN

Se realizaron dos experimentos con cerdos recién destetados para evaluar el crecimiento y la morfología intestinal al incluir en la dieta extractos herbales (EH) como promotor del crecimiento en comparación de una dieta libre de antibióticos y otra con un antibiótico promotor del crecimiento (carbadox). En el primer experimento (comportamiento productivo) se utilizaron 84 cerdos de 19 días de edad; destetados en dos lotes con una semana de diferencia cada uno, y distribuidos aleatoriamente en cuatro tratamientos CN (control negativo); CP (control positivo), N150 (EH a 150 ppm) y N300 (EH a 300 ppm). Las variables evaluadas fueron: peso vivo, PV; ganancia diaria de peso, GDP, consumo diario de alimento, CDA; y conversión alimenticia, CA. En el segundo experimento (morfología intestinal) se utilizaron 52 cerdos de 24 días de edad, distribuidos aleatoriamente en cuatro tratamientos: CN, CP, N150 y N300. Las variables medidas fueron: altura de las vellosidades intestinales, AV; y profundidad de las criptas, PC; en duodeno (D), yeyuno (Y) e íleon (I), a los 0, 7, 14 y 21 días posdestete. En el primer experimento, el CP tuvo al finalizar la prueba el mejor PV ($P < 0.001$) comparado con N150, N300 y CN (14.5kg vs. 12.9kg, 12.5kg y 11.9kg, respectivamente). En la segunda semana de la fase II, N150, N300 y CP tuvieron las mejores GDP ($P < 0.05$) comparadas con CN (516.2g, 477.9g y 525g vs. 398.8g, respectivamente). El CDA en ambas fases fue más elevado en CP comparado con los demás grupos experimentales ($P < 0.05$). La CA en la fase I fue menor para los animales de los grupos experimentales N300 y CP ($P < 0.005$) comparada con CN y N150 (2.0, 1.7 vs. 2.4 y 2.5, respectivamente); en la fase II N150, N300 y CP presentaron la mejor CA comparados con CN ($P < 0.005$) (1.3, 1.3, 1.4 vs. 1.6, respectivamente). En el segundo experimento, a los 7 días posdestete se observó una disminución ($P < 0.002$) en la AVD, AVY y AVI con respecto a la variable al destete; con una recuperación en la AV en el tiempo ($P < 0.001$) sin llegar a los valores del destete en duodeno, pero sí en yeyuno e íleon ($P < 0.002$). Donde la AV de las diferentes porciones de intestino a los 7 y 14 días posdestete fueron similares ($P > 0.05$). Sin embargo a los 21 días posdestete, la AVD de N150 fueron las mayores ($P < 0.05$); y en yeyuno e íleon el CN presentó tendencia a tener mayor AV ($P < 0.07$ y $P < 0.09$, respectivamente). Con respecto a la PC de los tres segmentos intestinales con el paso del tiempo la PC fue disminuyendo en profundidad ($P < 0.005$) con respecto a los valores del destete. El día 7 y 14 posdestete la PC en duodeno e íleon fueron similares ($P > 0.05$) para todos los tratamientos; en yeyuno la menor PC ($P < 0.05$) fue para CP, N150 y N300. El día 21 posdestete, la PC de duodeno de todos los tratamientos fue similar ($P > 0.05$); en yeyuno la menor ($P < 0.01$) PC fue para N300 comparada con CP (95 μ vs. 130 μ , respectivamente). En íleon, los grupos N150, N300 y CP obtuvieron las PC más bajas ($P < 0.01$) con respecto al CN (100 μ , 100 μ y 101 μ vs. 140 μ , respectivamente).

Palabras clave: extractos herbales, comportamiento productivo, morfología intestinal, cerdos.

ABSTRACT

Two experiments were performed to evaluate the performance and intestinal morphology of weaned pigs fed with a diet containing oregano, cinnamon and chilli pepper herbal extracts (HE) as growth promoters. In the first experiment (productive performance) 84 pigs of 19 days of age were weaned in two groups with a difference of a week. At weaning all animals were randomly distributed in one of four treatments: CN (negative control); CP (positive control), N150 (150 ppm of HE) y N300 (300 ppm of HE). The variables measured were: live weight (LW); daily weight gain, DGW; daily food intake, DFI; and feed conversion (FC). In the second experiment (intestinal morphology) 52 piglets of 24 days of age were weaned and randomly distributed in one of four treatments: CN, CP, N150 and N300. The variables measured were: villous height (VH) and crypt depth (CD) of duodenum (D), jejunum (J) and ileum (I), at 0, 7, 14 and 21 postweaning days. At the end of the experiment one, the CP had the highest LW ($P < 0.001$) compared with N150, N300 and CN (14.5kg vs. 12.9kg, 12.5kg y 11.9kg, respectively). On week two of phase II, N150, N300 and CP showed the best DWG ($P < 0.05$) compared with CN (516.2g, 477.9g y 525g vs. 398.8g, respectively). The DFI for CP in both phases were the higher ($P < 0.05$) compared with the rest of experimental groups. In phase I, the lowest FC was for the N300 and CP groups ($P < 0.005$) compared with CN and N150 (2.0, 1.7 vs. 2.4 and 2.5, respectively); in phase II N150, N300 and CP showed the lowest FC ($P < 0.005$) compared with CN (1.3, 1.3, 1.4 vs. 1.6, respectively). In experiment two, at day 7 all experimental groups had a 60% decrease ($P < 0.002$) on DVH, JVH and IVH compared with the VH at weaning; with a recuperation in the time ($P < 0.001$) on VH of all intestinal portions. After 7 and 14 days of weaning the VH of all intestinal sections were not different ($P > 0.05$). However at 21 postweaning day, the highest DVH ($P < 0.05$) were for N150; and for jejunum and ileum there were a tendency ($P < 0.07$ and $P < 0.09$, respectively) to have the highest VH. In the time the CD of all intestinal sections were diminishing ($P < 0.005$) compared with the values at weaning. After 7 and 14 days at weaning, the DCD and ICD were equal ($P > 0.05$) for all treatments. But for jejunum, the lowest CD ($P < 0.05$) were for CP, N150 and N300. In the last day (21 days after weaning), the DCD were similar ($P > 0.05$); In jejunum the lowest CD ($P < 0.01$) was for N300 compared with CP (95 μ vs. 130 μ , respectively). In ileum, the groups N150, N300 and CP had the lowest CD ($P < 0.001$) compared with CN (100 μ , 100 μ and 101 μ vs. 140 μ , respectively).

Keywords: herbal extracts, growth, performance, intestinal morphology, pigs.

INTRODUCCIÓN

De forma natural en el cerdo, el destete es un proceso normal y paulatino que dura entre 8 y 12 semanas ^{1, 2}, tiempo en el cual el lechón inicia la ingestión de cantidades crecientes de alimento sólido, y de manera simultánea, comienza la disminución en la producción láctea por parte de la cerda, de tal modo que el cerdo lactante reduce la ingestión de leche gradualmente ^{2, 3, 4}. En los sistemas intensivos de producción porcina dependiendo del sistema de destete implementado; el destete es un suceso que se realiza rápidamente y a edades tempranas, siendo el lechón separado de forma precoz, súbita y definitiva de la madre ¹. En la edad en la que se realiza el destete, el animal lactante todavía no consume suficiente cantidad de alimento sólido ³, y no cuenta con el tiempo suficiente para adaptarse, tanto física como fisiológicamente, al nuevo ambiente; por lo que el destete resulta la etapa más crítica en aspectos ambientales, etológicos, fisiológicos, nutricionales y de manejo, representando cada uno de estos un factor de riesgo para el óptimo crecimiento del animal.

A nivel ambiental, en el área de maternidad el lechón debe estar alojado en un lugar con una temperatura que fluctúe entre los 28 a 32°C; a diferencia del área de destete donde el lechón se enfrenta a menores temperaturas (25-28°C), en áreas abiertas, y sin la presencia de la cerda⁵. A nivel etológico en maternidad, el lechón solo tiene que pelear para establecer su posición en la glándula mamaria para el amamantamiento; tiene horarios de comida y estímulos establecidos por la madre; en contraste en el área de destete el lechón pierde su jerarquía social y tiene que pelear para establecer nuevas jerarquías de dominancia con mayor cantidad de animales de diferente tamaño y camada ^{5, 6, 7}, y así mismo están ausentes los estímulos maternos.

Con respecto al aspecto fisiológico, el lechón en maternidad no tiene que enfrentarse a grandes desafíos, ya que constantemente es estimulado inmunológicamente mediante la leche materna ⁸, de igual forma mediante la leche se suministran hormonas y factores tróficos necesarios para el desarrollo y

crecimiento del animal ³; a diferencia del área de destete donde el cerdo ya no tiene más el suministro de la leche materna.

A nivel de manejo, el cerdo en el área de destete se enfrentará a situaciones como pesajes, aplicación de antibióticos, desparasitantes, vacunas, vitamínicos, etc., manejos a los cuales no estaba familiarizado en maternidad ¹. Nutricionalmente, en el área de maternidad el lechón tiene el aporte de un alimento líquido, caliente, palatable, que es consumido en periodos muy cortos de tiempo durante el día, y al cual su tracto digestivo está adaptado perfectamente para su digestión y absorción ^{3, 9, 10}; a diferencia del área de destete donde el lechón tendrá que adaptarse a consumir alimento seco, con diferente composición nutricional, textura, sabor, olor, y donde las horas de comida no están establecidas; por lo que deberá alimentarse por sí mismo cada vez que sea necesario ^{11, 12}. De igual manera su tracto digestivo deberá adaptarse fisiológicamente al nuevo alimento.

El tracto gastrointestinal del cerdo joven

El tracto gastrointestinal (TGI) es de vital importancia durante la vida productiva del cerdo, actúa como la principal puerta de entrada al organismo de los nutrientes necesarios para soportar el crecimiento del cerdo durante toda su vida productiva, además de ejercer una barrera física entre el individuo y el medio externo ¹³. Sin embargo, en el periodo inmediato y posterior al destete estas dos funciones se ven grandemente afectadas debido a los cambios que experimenta el TGI en esta etapa, siendo el intestino delgado el mayormente afectado ^{3, 13}.

El tracto gastrointestinal del lechón está adaptado para digerir y absorber los componentes de la leche; la cual provee al lechón de nutrientes altamente digestibles, de inmunoglobulinas, y de factores que estimulan y regulan su crecimiento: IGF I y II, (factor de crecimiento parecido a la Insulina); EGF, (factor de crecimiento epidérmico); y TGF- α , (factor tumoral crecimiento- α) ¹³. Desde el nacimiento mediante cada uno de los componentes de la leche, el intestino

delgado del lechón es estimulado continuamente para renovarse, crecer, madurar y llevar a cabo de forma óptima las funciones inmune, de digestión y absorción ¹³.
¹⁴.

El intestino delgado del lechón es un órgano de grandes dimensiones (hasta 12m de largo), que consta de tres segmentos (duodeno, yeyuno e ileon); donde del 4 al 4.5% es duodeno, del 88 al 91% es yeyuno, y del 4 a 5% es ileon ³. Morfológicamente el intestino delgado consta de una lámina propia, dos capas de músculo liso, una capa submucosa y una superficie mucosa, con un patrón de distribución muy semejante en toda su longitud. La mucosa tiene como célula funcional al enterocito; los cuales están acomodados a lo largo del órgano en formaciones alargadas en forma de dedo hacia el lumen intestinal (vellosidades), con unas depresiones tubulares glandulares en su base (criptas de Lieberkühn) ³.
¹⁴. ¹⁵. Cada vellosidad intestinal tiene en el centro tejido conectivo revestido por una capa de epitelio simple (microvellosidades o borde de cepillo) con los elementos funcionales (enzimas y transportadores). Todas estas microestructuras en conjunto, son responsables de la función digestiva de Intestino delgado, en la parte proximal y media (duodeno y yeyuno), y de absorción en la parte media y distal (yeyuno e ileon), con una superficie de más de 200 metros cuadrados ¹⁵.

Las funciones de digestión y absorción dependen en gran medida del recambio y renovación celular de la mucosa epitelial ¹⁴; proceso que inicia con las células basales de las criptas de Lieberkühn mediante un proceso primario de diferenciación celular (mitosis), en cinco tipos celulares: células columnares absorbentes, células calciformes, células enteroendócrinas, células de Paneth, y células columnares indiferenciadas ³; posteriormente se da una migración celular por todo lo largo de la vellosidad, tiempo en el cual existe una maduración celular; de manera que a la punta de la vellosidad llegan enterocitos funcionalmente maduros ³. ¹⁴. El proceso de renovación celular a nivel intestinal es considerado de los más rápidos en el organismo, con un tiempo de recambio celular de entre 2 a 4 días en animales adultos, y de 7 a 10 días en animales jóvenes ¹⁶.

Las funciones de digestión y absorción son dependientes de la integridad en la

mucosa epitelial. Durante la lactancia, la morfología intestinal que se observa son vellosidades intestinales largas en forma de dedo, criptas de Lieberkühn poco profundas, enterocitos en todas sus etapas de madurez, y con alta actividad de las enzimas del borde de cepillo ^{16, 17}. Sin embargo, al destete la integridad de la mucosa epitelial del intestino delgado en el lechón es profundamente afectada como consecuencia del estrés ocasionado y de la incapacidad del tracto intestinal de adaptarse rápidamente al nuevo ambiente nutricional en el lumen intestinal al destete ^{6, 18}. Por lo tanto, se observan vellosidades anchas y cortas en forma de lengua, como consecuencia de la atrofia causada por la ausencia de alimento en el lumen intestinal. Así mismo, se observa un incremento en la profundidad de las criptas de Lieberkühn a causa de la hiperplasia del tejido epitelial para compensar dicha pérdida celular ^{17, 18}. Además de afectarse estructuralmente la mucosa epitelial del intestino, también se afecta grandemente la función de las carbohidrasas y peptidasas (enzimas del borde de cepillo), como resultado de la pérdida del 30 al 60% de las vellosidades ¹⁷. Diversos estudios con lechones recién destetados coinciden en que inmediatamente después del destete los cambios en la morfología de intestino delgado incluyen atrofia vellositaria hasta de un 75%, e hiperplasia de criptas de Lieberkühn, con una concomitante disminución en las funciones de digestión y absorción; así mismo, indican una depresión en el consumo de alimento y en la ganancia diaria de peso, y un incremento en la incidencia de diarreas asociadas a microorganismos patógenos ^{19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28}. Concluyendo, que la combinación de los cambios en la integridad intestinal, la disminuida capacidad de digestión, la reducida superficie de absorción de nutrientes alimenticios, aunados al aumento de la incidencia de enfermedades entéricas y diarreas, en los primeros diez días postdestete; repercuten enormemente sobre el desempeño productivo del animal; sin embargo, son un indicativo del cambio en la morfología intestinal de animal joven a adulto.

Antimicrobianos promotores del crecimiento

La producción pecuaria, tiene como objetivo el proveer alimento (carne, leche y huevo) a la población humana; la cual cada vez es más demandante de la calidad de los alimentos que consume.

La investigación pecuaria ha buscado incesantemente incrementar la eficiencia productiva de los animales; sin dejar a un lado el producir alimentos de origen animal con la mejor calidad posible. Una de las aportaciones más importantes a la producción animal por parte de los investigadores del área de salud animal, fue el uso de compuestos farmacológicamente activos como los antimicrobianos, hormonas y agentes anabólicos (promotores del crecimiento), los cuales favorecen el crecimiento animal, y disminuyen el tiempo de engorda. Extendiéndose el uso de algunos, gracias a que se podían utilizar durante casi toda la vida productiva de los animales. Los antimicrobianos reúnan estas características, por lo que su uso se difundió grandemente en la alimentación animal.

Es a partir de 1946, cuando en una investigación se alimentaron a pollos de engorda con el desperdicio fermentado de la producción de tetraciclina como fuente de vitamina B₁₂, encontrando que los pollos que recibieron el desperdicio fermentado crecieron más rápido que los animales control ^{29, 30, 31}. En aquel estudio se determinó que el efecto promotor del crecimiento no fue debido al contenido vitamínico sino a los residuos de tetraciclina ^{32, 33}. Efecto que fue confirmado en años posteriores con otros antibacterianos y con otras especies animales. Otros investigadores observaron que el efecto promotor del crecimiento de los antimicrobianos era mayor en animales jóvenes comparado con animales cercanos a la pubertad ³⁴. Definiendo a partir de dichas investigaciones a los antimicrobianos promotores del crecimiento (APC) como sustancias producidas a partir de organismos vivos (bacterias, hongos y levaduras) ó compuestos sintéticos, que destruyen o inhiben el crecimiento bacteriano, y que son utilizados en cualquier especie animal en el alimento o el agua de bebida, en dosis

subterapéuticas por periodos prolongados para promover el crecimiento y la salud de los individuos ^{35, 36, 37}. El uso de los antimicrobianos en la alimentación animal se convirtió en un recurso útil y eficaz de toda producción animal; provocando que la industria pecuaria fuera la segunda más grande consumidora de antimicrobianos después del área de medicina humana.

Los investigadores advirtieron que un mal uso de los antimicrobianos, podía generar en los microorganismos una resistencia a estos compuestos. La Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos en 1956, manifestó la preocupación hacia la salud humana de los riesgos que pudieran presentarse por un mal uso de los antimicrobianos en los animales destinados para consumo humano. Los riesgos de mayor preocupación fueron los riesgos ocasionados por la presencia en la carne de residuos de antimicrobianos análogos a los de uso humano, lo que pudiera provocar el desarrollo de resistencia bacteriana a los antimicrobianos tanto en el animal como en el humano. A esta teoría se asociaron principalmente las bacterias de los géneros Salmonella, Campylobacter, Escherichia coli y Enterococcus. Sin embargo, hasta el momento estos postulados no han sido probados completamente ^{30, 37, 38, 39, 40, 41}.

A partir de esa época y hasta la fecha, diversas organizaciones internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Internacional de Epizootias (OIE) y otras más, alertan cada vez con mayor frecuencia de los posibles riesgos para la salud humana por el mal uso y abuso de los antimicrobianos como aditivos promotores del crecimiento en la producción animal ^{30, 32, 38}.

En respuesta, en 1969 en Europa el Comité Swann dio la recomendación que todos aquellos antibióticos utilizados para infecciones en animales y humanos no debían utilizarse como promotores del crecimiento animal ^{30, 32, 38, 41, 42}. En 1986, Suecia es el primer país que establece leyes donde prohíbe el uso de los antimicrobianos como aditivos promotores del crecimiento en la alimentación animal ^{41, 42, 43, 44}, pudiendo utilizar solo aquellos antimicrobianos que no son de uso humano; y exclusivamente como terapéuticos y bajo estricta supervisión del

médico veterinario. En años posteriores (1995-1998), Dinamarca, Noruega y Suiza se unen voluntariamente a la lista de naciones que prohíben el uso de dichos compuestos en dietas animales ^{41, 45}; dando como resultado, que entre 1998 y 2001 el resto de los países que conforman la Unión Europea y otros países más comenzarán igualmente a prohibir el empleo de antimicrobianos de uso humano y animal (Avoparcina, tetraciclinas, macrólidos, etc.), así como de aquellos de uso únicamente animal (Virginiamicina, bacitracina de zinc, Fosfato de Tilosina, Espiramicina); permitiendo hasta el momento únicamente la administración de tres antimicrobianos: avilamicina, flavofosfolipol y salinomicina ^{43, 46, 47, 48} no como promotores del crecimiento sino como mejoradores digestivos; y de otros aditivos utilizados en la alimentación animal como conservadores, antioxidantes, secuestrantes, saborizantes, pigmentos, vitaminas, minerales, y mejoradores de la flora microbiana, pero todos bajo estricta supervisión médica y constante monitoreo ⁴⁹. Sin embargo, a pesar de todas estas prohibiciones la preocupación por parte de la comunidad europea no cesa, por lo que para el primero de enero del 2006 en la Unión Europea se prohibirá legalmente el empleo de cualquier antimicrobiano de uso humano y animal como aditivo promotor de crecimiento ^{41, 44}, incluso de aquellos antimicrobianos mejoradores digestivos (avilamicina, flavofosfolipol y salinomicina) que actualmente están permitidos ⁴⁷.

En contraste a la Unión Europea, en Estados Unidos actualmente se permite el uso de 17 diferentes antimicrobianos promotores del crecimiento en la industria pecuaria (bovinos, aves, cerdos, etc.) de los cuales siete son de uso humano ^{31, 50, 51}. Ante dicha problemática la Comisión Europea, la Organización Mundial de la Salud, el Centro Americano del Control de Enfermedades y la Asociación Americana de Salud Pública demandan en ese país la prohibición definitiva mediante la Food and Drug Administration (FDA), principalmente de penicilinas, tetraciclinas, eritromicina, lincomicina, fosfato de tilosina y virginiamicina; y de todo tipo de antimicrobiano promotor del crecimiento de uso humano o que este íntimamente relacionado con este ^{37, 50}, sin que hasta la fecha se haya logrado una respuesta positiva.

Ante la presión de los gobiernos de aquellos países que prohíben el uso de los antimicrobianos promotores del crecimiento animal, y de las diferentes organizaciones mundiales que exteriorizan su preocupación por los posibles riesgos que conlleva el uso de los mismos en el animal hacia la salud humana; el mismo consumidor de alimentos tanto de origen vegetal como animal ha desarrollado una gran preocupación e interés por consumir alimentos libres de todo tipo de sustancia o agente químico que puedan dañar su salud; por lo que cada vez más demanda productos alimenticios de elevada calidad, lo más sanos y naturales posible ⁵². Situación que ha dado como resultado, que la industria productora de alimentos de origen animal se vea forzada a la búsqueda de alternativas en la promoción del crecimiento animal, efectivas e inocuas, que sean adoptadas por el productor pecuario y aceptadas por el consumidor. Surgiendo diversas alternativas en aditivos promotores del crecimiento animal novedosas tales como los probióticos, prebióticos, enzimas, acidificantes, productos inmunoestimulantes, minerales altamente disponibles, y nutraceuticos ^{53, 54, 55, 56, 57}, como respuesta a la demanda de alimentos de origen animal (carne, leche, huevo, etc.) libres de residuos de antimicrobianos y cualquier otra sustancia que pueda resultar tóxica para el hombre.

Nutraceuticos

En los últimos quince años, la sociedad se ha inclinado grandemente por el uso de productos naturales que mejoren su salud como un estilo de vida, con un enfoque principalmente hacia la prevención de enfermedades. Lo cual ha estimulado a la industria médica para llevar a cabo investigaciones que permitan alternativas con productos naturales que cumplan con los objetivos que la sociedad busca; siendo el área de nutrición, la de mayor interés por parte de los Investigadores médicos, debido a que una gran diversidad de alimentos naturales tanto de origen animal como vegetal, se pueden considerar como fuentes de sustancias mejoradoras de la salud, funciones biológicas y el bienestar ^{58, 59}.

Los alimentos de consumo cotidiano forman una mezcla química compleja que contiene sustancias fisiológicamente activas que se proveen al mismo tiempo de los nutrientes esenciales, aportando una función benéfica en el organismo hacia la prevención de enfermedades y por ende una buena salud ^{60, 61}. De manera que, desde 1989 la Fundación para la Innovación en Medicina de Nueva York define como "Nutracéutico o Alimento Funcional" a todo aquel alimento o componente de un alimento de origen animal ó vegetal, incluyendo nutrientes aislados, suplementos alimenticios, minerales, vitaminas, productos herbales, alimentos procesados y alimentos de alta ingeniería genética, que proveen efectos benéficos a la salud de quien los consume. Se incluye la prevención y el tratamiento de enfermedades a través de los nutrientes tradicionales o compuestos que contienen ^{61, 62}. Los nutracéuticos pueden encontrarse en un amplio rango de alimentos tanto de origen animal como vegetal entre los que están: productos lácteos, pescados, cereales, frutas, verduras, hojas verdes y especias, entre otros ^{63, 64}. Los más estudiados han sido los alimentos de origen vegetal, ya que la humanidad los ha utilizado por siglos para el tratamiento de numerosos padecimientos ⁶⁵. Entre los mayormente investigados están frutas como la papaya, manzana, piña, uvas, arándanos, limón, naranja, etc.; verduras como el brócoli, alcachofas, chile, jitomate, zanahorias, etc.; hierbas como las espinacas, apio, hierbabuena, manzanilla, eucalipto, menta, laurel, romero, ginseng, etc.; y especias como el ajo, orégano, clavo, pimienta, y canela, entre otros ^{63, 64, 65}. Enfocándose las investigaciones a los diferentes fitonutrientes de dichos productos, principalmente a reconocer los mecanismos de acción y efectos sobre el organismo vivo; obteniendo como principales efectos de los fitonutrientes: el antibacteriano, antioxidante, anticancerígeno, inmunomodulador, antimicótico, antiviral, desparasitante, hipoglucémico, hipocolesterolémico, hipolipémico, estimulante del apetito, antidiarreico, expectorante, diurético, etc. ^{32, 59, 66, 67, 68, 69}. Como resultado de los efectos benéficos que confieren los componentes de los alimentos de origen vegetal al organismo; y el interés de las organizaciones mundiales por lograr una completa prohibición en el uso de antimicrobianos

promotores del crecimiento en la producción animal, existe un gran interés de los nutriólogos animales por llevar a cabo investigaciones con nutracéuticos en diferentes especies, de manera que, dichos productos puedan complementar o sustituir por completo a los antimicrobianos promotores del crecimiento que actualmente se utilizan en la producción animal. Estando en un importante plano de investigación el uso de plantas, sus aceites esenciales y extractos, como alternativa para la promoción del crecimiento de los animales destinados al consumo humano.

Extractos herbales como aditivos en la alimentación animal

El uso de ciertas hierbas y especias enfocándose principalmente a sus aceites esenciales y extractos herbales puede ser una útil herramienta en la producción animal ⁷⁰. Un número limitado de investigadores en el área pecuaria han realizado estudios con diversos extractos herbales y aceites esenciales en diferentes especies. Su principal objetivo ha sido evaluar el efecto causado por la adición de extractos en el alimento como aditivos promotores del crecimiento, los resultados han sido inconsistentes. Al respecto, Urbánczyk et al. (2003) ⁷¹, evaluaron una mezcla herbácea multicomponente (*Melissa officinalis*, *Mentha piperita*, *Urtica dioica*, *Thymus vulgaris*, *Allium spp.*, *Capsicum annum*, *Origanum mejorana*, *Coriandrum sativum*, y *Silybum marianum*) como sustituto de un antibiótico promotor del crecimiento en dietas para cerdos de engorda; los cerdos de la dieta a la que se adicionó la mezcla herbácea obtuvieron las mejores ganancias de peso y características de la canal, cuando se compararon con aquellos animales que recibieron o no en la dieta 20 mg/kg de flavomicina. Así mismo, Savoini et al. (2000) ⁷², indicaron que al adicionar en la dieta de cerdos recién destetados extractos de *Echinacea*, genciana, enebro y tomillo a 300ppm, los animales tuvieron una respuesta productiva, respuesta inmune, cuenta de leucocitos y neutrófilos similares a la encontrada en animales alimentados con dietas a las que se les adicionaron 50 mg/kg de carbadox, ó 120 mg/kg de colistina,. En una

investigación realizada por De Rodas et al. (2002)⁷³, en la que se alimentaron cerdos recién destetados con dietas que contenían una mezcla de aceites esenciales, hierbas y especias con y sin antibiótico (50 mg de carbadox/kg de alimento) se encontró que los cerdos que recibieron la mezcla botánica tuvieron mejor conversión alimenticia que los animales que consumieron la dieta con el antibiótico. De igual forma, Tslnas et al. (1998)⁷⁴, evaluaron el efecto de la inclusión de aceites esenciales de orégano en cerdos de engorda sobre el desarrollo de la enteropatía proliferativa porcina, encontraron que al incluir 250ppm y 500ppm de extracto herbal de orégano se logró optimizar el comportamiento productivo y controló efectivamente el desarrollo de la enfermedad en los cerdos, en contraste con los animales que en su dieta no recibieron ningún antimicrobiano o aditivo promotor del crecimiento. Así mismo, se lograron controlar las diarreas posdestete y mortalidades causadas por *E. coli* al adicionar en la dieta 250ppm y 500ppm de extracto herbal de orégano en dietas de cerdos recién destetados⁷⁵. Un limitado número de Investigadores del área farmacológica, y de la transformación y elaboración de alimentos han estudiado *in vitro* las propiedades antibacterianas y antioxidantes de diversos extractos herbales y aceites esenciales. Dorman y Deans (2000)⁷⁶ encontraron que el carvacrol (extracto de orégano, *Origanum vulgare*), el eugenol (extracto de clavo, *Syzygium aromaticum*) y el timol (extracto de tomillo, *Thymus vulgaris*) tienen fuerte poder antibacteriano contra un gran número de especies bacterianas entre las que están: *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica*, *Staphylococcus aureus*, *Moraxella sp.*, *Enterobacter aerogens*, *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecalis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium sporogenes*, etc. Burt y Reinders (2003)⁷⁷ cuantificaron *in vitro* las propiedades antibacterianas de cinco extractos herbales (orégano, carvacrol; timol, tomillo rojo y blanco; eugenol, clavo; citral, laurel) contra *Escherichia coli* O157:H7, encontrando que los extractos de orégano (carvacrol) y tomillo (timol) tuvieron el mayor efecto bactericida y bacteriostático contra *E. coli* seguidos por los extractos de clavo y laurel. Hammer et al. (1999)⁷⁸ estudiaron la actividad antimicrobiana de 52

distintos aceites esenciales y extractos herbales específicamente contra *Acinetobacter baumannii*, *Aeromona veronii*, *Candida albicans*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomona aeruginosa*, *Salmonella enterica typhimurium*, *Serratia marcescens* y *Staphylococcus aureus*, obteniendo que los extractos herbales de hoja de limón, orégano y laurel fueron los que inhibieron el crecimiento de todos los microorganismos utilizados a una concentración mínima inhibitoria de $\leq 2.0\%$. Igualmente, Hill et al. (1997)⁷⁹ probaron la actividad antimicrobiana de 51 aceites esenciales contra una gran diversidad de bacterias gram positivas y gram negativas, concluyendo que de los 51 aceites esenciales los pertenecientes al clavo, canela y tomillo causaron una reducción de más del 50% en el crecimiento de los microorganismos utilizados, dentro de los que figuran *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. Posteriormente, Chang et al. (2001)⁸⁰ investigaron las propiedades antimicrobianas y Ranasinghe et al. (2002)⁸¹ las propiedades fungicidas del extracto de canela (cinnamaldehído), encontraron que dicho extracto herbal presenta una fuerte actividad antibacteriana contra *Escherichia coli*, *Pseudomona aeruginosa*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella sp.* y *Vibrio parahemolyticus* con una concentración mínima inhibitoria en un rango de 250 a 1000 mg de extracto/ml de bacteria; así como una fuerte actividad fungistática y fungicida contra *Colletotrichum musae*, *Lasiodiplodia theobromae* y *Fusarium proliferatum* en un rango de Inhibición del 0.03 al 0.11%, respectivamente. Smith-Palmer et al. (1998)⁸² demostraron que los extractos herbales de canela, laurel, clavo y tomillo tienen fuertes propiedades antibacterianas contra cinco importantes patógenos (*Campylobacter jejuni*, *Salmonella enteritidis*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*) que contaminan los alimentos.

Perspectiva futura de los antimicrobianos promotores del crecimiento animal en México

Ante la creciente prohibición de todo antimicrobiano promotor del crecimiento en dietas animales en la Unión Europea; pero la permitida libre venta y uso de estos compuestos en Estados Unidos y Canadá; se mantiene un futuro incierto en relación con el uso de dichos productos en la producción pecuaria mexicana, ya que México mantiene relaciones comerciales muy estrechas con Estados Unidos y Canadá regidas por las leyes de esas dos naciones. En la medida en que tanto Estados Unidos y Canadá, en un futuro permitan la entrada de productos derivados del cerdo y prohíban el uso de los antimicrobianos promotores del crecimiento en la alimentación animal al considerar que existen riesgos para la salud pública, México tendrá de cierta manera que acatar dichas normas ya que EUA y Canadá no permitirán la entrada de animales y alimentos que hayan estado en contacto estrecho ó presenten residuos de antimicrobianos promotores del crecimiento en los tejidos.

OBJETIVO

Evaluar el efecto de la inclusión de extractos de orégano, chile y canela como promotores del crecimiento en dietas para cerdos recién destetados sobre el comportamiento productivo y la integridad del intestino delgado.

- 1. Evaluar el efecto de la inclusión de extractos de orégano, chile y canela como promotores del crecimiento en dietas de cerdos recién destetados sobre el peso vivo, ganancia diaria de peso, consumo diario de alimento y conversión alimenticia.**
- 2. Evaluar el efecto de la inclusión de extractos de orégano, chile y canela como promotores del crecimiento en dietas de cerdos recién destetados sobre la altura de las vellosidades intestinales y la profundidad de las criptas de duodeno, yeyuno e íleon a los 7, 14 y 21 días posdestete.**

HIPÓTESIS

Ho.

La inclusión de extractos de orégano, chile y canela como promotor del crecimiento en dietas para cerdos recién destetados (N150 y N300), igualará la respuesta de comportamiento productivo y morfología de intestino delgado en comparación con una dieta libre de antibiótico promotor del crecimiento (CN); y no tendrá un efecto positivo sobre el comportamiento productivo y la morfología de intestino delgado con respecto a cerdos recién destetados alimentados con un antimicrobiano utilizado como promotor de crecimiento.

Ha.

La inclusión de extractos de orégano, chile y canela como promotores del crecimiento en dietas para cerdos recién destetados, tendrá un efecto positivo sobre el comportamiento productivo y la morfología de intestino delgado; e igualará la respuesta de cerdos recién destetados alimentados con un antimicrobiano utilizado como promotor de crecimiento.

JUSTIFICACIÓN

La completa prohibición de los antimicrobianos promotores del crecimiento en la alimentación de las especies animales de consumo humano en la Unión Europea y otros países vecinos; y la creciente presión hacia los Estados Unidos que ejercen aquellas naciones, organizaciones mundiales, asociaciones e instituciones públicas y privadas de salud para que la Food and Drug Administration prohíba el uso en la producción pecuaria de los antimicrobianos promotores del crecimiento; ha forzado a los investigadores en nutrición animal hacia la búsqueda urgente de alternativas naturales prometedoras, que puedan reemplazar completamente el uso de los antimicrobianos promotores del crecimiento en las dietas animales sin que se vean afectados los parámetros productivos y la salud del animal, siendo una posible opción el uso de nutraceuticos particularmente los extractos herbales.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el presente estudio se realizaron dos experimentos. En el primero se evaluó el comportamiento productivo, y en el segundo se evaluó la morfología de intestino delgado.

EXPERIMENTO 1

Comportamiento productivo

Localización

El estudio se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina (C.E.I.E.P.P.) ubicado en el Km 2 de la carretera Jilotepec-Corrales en Jilotepec, Estado de México, perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Animales

Se utilizaron un total de ochenta y cuatro lechones para abasto de 19 ± 2 días de edad, producto de la cruce de cerdos Yorkshire-Landrace x Hampshire. Los lechones permanecieron lactando con su madre desde el nacimiento hasta el destete (19 ± 2 días de edad), momento en el cual los lechones fueron trasladados al área de destetes del C.E.I.E.P.P.

Cuarenta lechones de cinco camadas se destetaron y alojaron en un área de destete; y una semana después otros cuarenta y cuatro lechones de siete camadas se destetaron y llevaron a otra sala de destete.

Al momento del destete, cada grupo de cerdos se pesó e identificó mediante un tatuaje en la oreja para posteriormente distribuirlos aleatoriamente en cuatro grupos experimentales. Los tratamientos (dietas experimentales) se administraron

a libre acceso desde el destete y hasta el término del experimento (28 días posdestete).

Alojamiento

Cada grupo de lechones se alojó en un edificio de destete con dimensiones de 9.2 m x 9.6 m.; cada edificio contó con 12 corraletas elevadas distribuidas en dos líneas paralelas de seis corraletas respectivamente. Las corraletas tenía una dimensión de 1.5 m x 1.5 m, con pisos de rejilla y equipado con un comedero tipo tolvá de lámina con seis bocas y un bebedero automático de mordida, lo cual garantizó el libre acceso al agua. La temperatura se controló con criadoras de gas como fuente de calor, y la luz se proporcionó con dos focos de 200 watts.

Duración

El estudio duró 28 días, el periodo se dividió en dos fases según la edad de los cerdos. La fase I abarcó del destete (19 ± 2 días) a los 35 días de edad (14 días) y la fase II de los 36 a los 49 días de edad (14 días).

Dietas experimentales

Tanto en la fase I como en la fase II, se utilizaron cuatro dietas experimentales (Cuadro 1) las cuales se ofrecieron a libre acceso a los animales. En ambas fases, y grupos de animales las dietas experimentales fueron: 1) Control negativo (CN), dieta que aportó todos los requerimientos nutrimentales recomendados por el NRC (1998) para cerdos destetados, sin incluir ningún promotor del crecimiento; 2) Control Positivo (CP), igual a 1 más carbadox a 56 ppm tanto en fase I como en fase II, antibiótico promotor del crecimiento de uso cotidiano en la producción porcina; 3) 150ppm del nutraceutico (N150), igual a 1 más 150ppm del

nutracéutico en fase I y 100ppm en fase II, y 4) 300ppm del nutracéutico (N300), igual a 1 más 300ppm del nutracéutico en fase I y 200ppm en fase II.

El nutracéutico utilizado, consistió en una mezcla comercial de extractos de orégano (carvacrol), chile (capsaicina) y canela (cinamaldehído) (Xtract).

Distribución de animales

Antes de ser llevados al área de destete, los cerdos se pesaron y el peso inicial se utilizó como covariable. Cada grupo de animales se distribuyó aleatoriamente en dos salas de destete con 12 corraletas cada una (n=3 ó 4 cerdos/corral), e igualmente a cada corraleta se le asignaron al azar uno de cuatro tratamientos para finalmente tener 6 corrales para cada tratamiento.

Toma de datos y variables

Durante ambas fases de experimentación, las variables de respuesta que se analizaron fueron: consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y peso vivo.

1) Consumo diario de alimento (CDA), dicha variable se calculó para cada corral pesando el alimento ofrecido diariamente por una semana y restándole el alimento no consumido por los cerdos del corral del día anterior durante la semana, dividiendo la diferencia entre los siete días que comprendían la semana.

2) Ganancia diaria de peso (GDP), esta variable se calculó para cada cerdo. Ya que semanalmente se pesaron individualmente a los cerdos de cada corral, de manera que al peso de cada semana se le restaba el peso de la semana anterior y a la diferencia de peso obtenida se le dividía entre los siete días de la semana.

3) Conversión Alimenticia (CA), esta variable se calculó para cada corral dividiendo el alimento consumido semanalmente por los cerdos de cada corral entre el peso ganado en la misma semana por todos los cerdos de ese mismo corral.

4) Peso vivo (PV), dicha variable se obtuvo para cada cerdo en cada semana, ya que semanalmente se pesaban a cada uno de los cerdos.

Diseño experimental

En el presente estudio se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con covariable, con seis réplicas por tratamiento; donde el peso inicial fue utilizado como covariable, y los bloques comprendieron las semanas en las que los lechones fueron destetados. Para las variables ganancia diaria de peso y peso vivo, se utilizó como unidad experimental al cerdo; mientras que para las variables consumo diario de alimento y conversión alimenticia, el corral fue considerado la unidad experimental.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el procedimiento GLM (Modelo Lineal General) y LsMeans (Medias de Cuadrados Mínimos) del paquete estadístico SAS para Windows versión 8.0, para determinar las diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos. Teniendo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \delta(a_{ij} - \bar{a}_{..}) + E_{ij}$$

Donde,

Y_{ij} = Variable de respuesta.

μ = Media poblacional.

T_i = Efecto del i 'ésimo tratamiento $1 \leq i \leq 4$.

β_j = Efecto del j 'ésimo bloque $1 \leq j \leq 2$.

$\delta(a_{ij} - \bar{a}_{..})$ = Coeficiente para la regresión lineal de y_{ij} sobre a_{ij} .

E_{ij} = Error aleatorio experimental.

EXPERIMENTO 2

Morfología Intestinal

Localización

El presente estudio se realizó en una granja comercial del grupo porcícola RLA ubicada en el Km 27 de la carretera Santa Ana Pacueco-Ciudad Manuel Doblado, en el Municipio de la Ciénega de Galvanez, del Estado de Jalisco.

Animales

Para el presente estudio se utilizaron cincuenta y dos lechones con una edad aproximada de 22 ± 2 días. Los lechones permanecieron lactando con su madre desde el nacimiento hasta el destete (22 ± 2 días de edad), momento en el cual los lechones se trasladaron a una sala de destete durante la realización del experimento.

Alojamiento

Los lechones se alojaron en un edificio de maternidad con ambiente controlado. El área contó con 16 jaulas de maternidad distribuidas en una línea. Cada jaula de maternidad estuvo equipada con un comedero de PVC de cinco bocas, dos bebederos automáticos de chupón, un tapete térmico, y una lechonera con foco de 100 watts. La sala de maternidad contó además con calefacción e iluminación independiente.

Duración

El estudio tuvo una duración total de 21 días. Donde el destete se consideró el día cero y a partir de ahí se contaron 21 días posdestete, dividido en 2 fases de

alimentación (Fase I: Destete a 14 días posdestete, y Fase II: 14 a 21 días posdestete).

Dietas experimentales.

Durante los 21 días del experimento, se utilizaron las mismas cuatro dietas experimentales (Cuadro 1) empleadas en el experimento uno tanto en fase I como en fase II, y se ofrecieron fueron ofrecidas a libre acceso a los cerdos. Los tratamientos fueron: 1) Control negativo (CN), dieta que aportó todos los requerimientos nutrimentales recomendados por el NRC (1998) para cerdos destetados, sin incluir ningún promotor del crecimiento; 2) Control Positivo (CP), igual a 1 más carbadox a 56 ppm tanto en fase I como en fase II, antibiótico promotor del crecimiento de uso cotidiano en la producción porcina; 3) 150ppm del nutracéutico (N150), igual a 1 más 150ppm del nutracéutico en fase I y 100ppm en fase II, y 4) 300ppm del nutracéutico (N300), igual a 1 más 300ppm del nutracéutico en fase I y 200ppm en fase II.

Distribución de animales

Antes de ser llevados al área de destete, se sacrificaron 4 cerdos al azar, y los 48 animales restantes se distribuyeron aleatoriamente en 16 corrales (n=3 cerdos/corral), e igualmente a cada corral se le asignó al azar uno de cuatro tratamientos para finalmente tener cuatro corrales para cada tratamiento.

Toma de muestras

Al momento del destete, se sacrificaron al azar cuatro lechones para obtener mediciones morfológicas intestinales basales (lactantes). Los cuarenta y ocho cerdos restantes se pesaron e identificaron mediante un marcador en el cuerpo para posteriormente distribuirlos en cuatro tratamientos. Las dietas experimentales

se administraron a libre acceso desde el destete y hasta el término del experimento.

El sacrificio de los cerdos al destete, 7, 14 y 21 días posdestete, se realizó introduciendo a los animales a una cámara cerrada conectada a un tanque de dióxido de carbono (CO₂) con el objetivo de inducirlos a la inconciencia. Para corroborar esta el total de los animales, se aplicó presión en la parte inferior de la pezuña mediante una pinza de Kelly para verificar la ausencia del reflejo; una vez hecha la verificación, se procedió a desangrar al animal mediante un corte a nivel de vena yugular.

Una vez realizado el desangrado de los cerdos, se procedió a exponer las vísceras de la cavidad abdominal para la identificación de Intestino delgado. Al extraer el intestino delgado, se extendió sin estirar al órgano en su totalidad para registrar su longitud con la ayuda de una regla graduada en centímetros. Posteriormente, se identificó cada segmento de intestino delgado (duodeno, yeyuno e ileon) tomando como referencia para la toma de muestras de duodeno cercano al esfínter pilórico, de yeyuno la mitad exacta de intestino delgado, y de ileon la válvula ileocecal; procediendo a cortar aproximadamente 12 cm de tejido en cada segmento. Se lavó inmediatamente con solución salina fisiológica, se ató por los extremos e infiltró formol bufferado al 10% en el lumen, para posteriormente introducirlo en frascos previamente identificados, llenos de formol bufferado al 10%. Una vez transcurrido el tiempo para la fijación de tejidos en el formol, se procedió a realizar cortes de 1cm² de cada segmento para su posterior inclusión en parafina, tinción con hematoxilina-eosina y montaje en portaobjetos.

Variables de respuesta

Durante el estudio, las variables de respuesta que se analizaron fueron altura de vellosidades intestinales (AV), y profundidad de las criptas de Lieberkhún (PC), respectivamente.

Las variables de morfología intestinal se midieron de la siguiente forma:

- 1) Altura de las vellosidades intestinales, fue medida desde la abertura de la cripta hasta la punta de la vellosidad.
- 2) Profundidad de las criptas se midió desde su base hasta donde comenzó la apertura de la cripta.

De cada sección de intestino delgado muestreada, se eligieron al azar 6 vellosidades intestinales integras, y en ellas se llevo a cabo la medición de cada una de las variables de interés, mediante un microscopio binocular óptico marca Lider equipado con micrómetro ocular.

Diseño experimental

Para el presente estudio se utilizó un diseño de parcelas divididas. Donde la parcela grande fue considerada el tratamiento y la parcela chica los días de toma de muestras de cada segmento de intestino delgado (0, 7, 14 y 21 días postdestete). Para cada una de las variables de morfología intestinal evaluadas el cerdo fue la unidad experimental.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó un análisis de varianza utilizando el procedimiento ANOVA y la Prueba de Tukey mediante el paquete estadístico SAS para Windows versión 8.0. Considerando diferencia significativa cuando $P < 0.05$, y tendencias cuando $P < 0.09$ entre los tratamientos. Teniendo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \rho_j + n_{ij} + \beta_K + (\alpha\beta)_{ik} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable de respuesta

μ = Media general

α_i = Efecto del i 'ésimo tratamiento $1 \leq i \leq 4$

P_k = efecto del j 'ésimo segmento de Intestino $1 \leq j \leq 3$

n_{ij} = Error aleatorio de la parcela grande

β_k = Efecto del k 'ésimo tiempo $1 \leq k \leq 4$

$(\alpha\beta)_{ik}$ = Efecto de interacción entre el factor A y el factor B

E_{ijk} = Error aleatorio de la parcela chica

RESULTADOS

EXPERIMENTO 1: Comportamiento productivo

Para ninguna de las variables de respuesta evaluadas se observó efecto de la covariable (peso inicial) o efecto del bloque (semana de destete).

Peso Vivo

Los resultados del peso vivo (PV) para los periodos que comprenden la fase I y II, se muestran en el Cuadro 2.

El peso inicial corresponde a los 19 días de edad, momento en el cual se realizó el destete de los cerdos. El peso inicial promedio de los animales fue de 6.1 ± 0.3 Kg, y dicho peso no mostró diferencia estadística ($P > 0.05$) entre tratamientos. El peso vivo promedio de los cerdos, siete días posteriores al destete fue similar entre tratamientos ($P > 0.05$). En la segunda semana posdestete el grupo control positivo (CP) fue más pesado ($P < 0.01$) respecto a los tratamientos control negativo (CN), nutracéutico 150ppm (N150) y nutracéutico 300ppm (N300) (7.8 Kg vs. 7.0 Kg, 6.9 Kg, 7.0 Kg, para CP, CN, N150, N300, respectivamente). Igualmente, los días 21 y 28 posdestete, el peso vivo del grupo CP fue mayor ($P < 0.001$) comparado con los tratamientos N150, N300 y CN (10.8 Kg vs. 9.3 Kg, 9.3 Kg y 9.1 Kg, para 21 días posdestete; 14.5 Kg vs. 12.9 Kg, 12.5 Kg y 11.9 Kg, para 28 días posdestete, para CP, N150, N300 y CN, respectivamente).

Ganancia Diaria de Peso

Los resultados de la ganancia diaria de peso (GDP) para la fase I y fase II se muestran en el Cuadro 3.

A partir del destete y hasta los siete días posteriores a este, la GDP de todos los grupos experimentales fue similar ($P>0.05$). Sin embargo, en la segunda semana posdestete todos los cerdos recuperaron el peso perdido; siendo los animales del CP los que obtuvieron la mayor GDP ($P<0.001$), en 90.3%, 94.0% y 94.2% más comparado con CN, N150 y N300 (245.1 g vs. 128.8 g, 126.3 g y 126.2 g, respectivamente). De igual forma, en la tercera semana posdestete; el grupo CP obtuvo una GDP superior ($P<0.01$) con respecto a los tratamientos CN, N150 y N300, que respectivamente tuvieron 40.8%, 25.7% y 38.0% menores GDP de las obtenidas por los animales del CP (436.5 g vs. 309.8 g, 347.2 g, 316.1 g, respectivamente). La cuarta semana posdestete, la mayor GDP ($P<0.05$) se observó en los tratamientos CP y N150 (525 g y 516.2 g) comparadas con el grupo CN (398 g); mientras que la GDP del tratamiento N300 no fue diferente de ninguno de los tres grupos experimentales en esa misma semana.

En la fase I (0 a 14 días posdestete), la mejor GDP ($P<0.01$) fue obtenida por los cerdos pertenecientes al grupo CP (118.9 g.) en comparación con los animales de los grupos CN, N150 y N300 (62.9 g, 57.5 g y 63.8 g, respectivamente); y en la fase II (14 a 28 días posdestete), la GDP obtenidas por los cerdos CP y N150 fueron superiores 35.7% y 21.8% ($P<0.001$) con respecto al grupo CN; y 21.10% y 8.74% mayor en comparación con el tratamiento N300 (480.8 g y 431.7 g vs. 354.3 g y 397.0 g, para CP, N150, CN y N300, respectivamente).

Durante el periodo total, los cerdos pertenecientes al grupo CP obtuvieron la mejor GDP y esta fue 43.7%, 22.6% y 30.1% superior ($P<0.001$), comparada con los tratamientos CN, N150 y N300 (299.8 g vs. 208.6 g, 244.6 g y 230.4 g, para CP, CN, N150 y N300, respectivamente).

Consumo Diario de Alimento

Los resultados del consumo diario de alimento para los periodos comprendidos en la fase I y fase II se muestran en el Cuadro 4.

El CDA a partir del destete y hasta los siete días posteriores a este, fue similar ($P>0.05$) entre los grupos experimentales; los cuales consumieron en promedio 92.4 g de alimento al día. Durante los días 7 a 14 posdestete, la diferencia observada en el CDA estuvo a favor de los cerdos asignados al tratamiento CP ($P<0.05$), ya que consumieron 43.4%, 46.7%, y 70.2% más alimento que los grupos CN, N150 y N300 (313.3 g vs. 218.6 g, 213.6 g, y 184.1 g, para CP, CN, N150 y N300, respectivamente).

En la primera semana de la fase II (14 a 21 días posdestete), el CDA fue similar al del periodo anterior teniendo el CP mayor CDA ($P<0.05$) comparado con el resto de los tratamientos (566.1 g vs. 439.0 g, 404.5 g, 416.0 g, para CP, CN, N150 y N300, respectivamente). Igualmente en la semana comprendida entre los días 21 a 28 posdestete, los cerdos del CP mostraron una tendencia ($P<0.06$) a tener 26.8% y 29.9% mayor CDA en contraste con los cerdos del grupo experimental N150 y N300 (800 g vs. 630.9 g y 615.6 g, para CP, N150, y N300, respectivamente).

En la fase I (0 a 14 días posdestete), el CDA mostró una tendencia ($P<0.09$) para el CP, quien tuvo mayor consumo a diferencia de los grupos experimentales N150 y N300, pero no presentó diferencia con respecto al CN (199.5 g, 157.3 g, 148.4 g y 144.4 g, para CP, CN, N150 y N300, respectivamente). Así mismo, en la fase II (14 a 28 días posdestete), el grupo CP mostró mayor CDA ($P<0.05$) en un 32% comparado con los grupos N150 y N300, pero el mismo consumo con respecto al CN (683.0 g, 571.7 g, 517.7 g y 516.0 g, para CP, CN, N150 y N300, respectivamente).

El CDA total (0 a 28 días posdestete) de los cerdos pertenecientes al CP (441.2 g) fue superior ($P<0.05$) 29% en promedio comparado con los grupos CN (364.5 g), N150 (333.0 g) y N300 (330.2 g).

Conversión Alimenticia

Los resultados de la conversión alimenticia para la fase I y fase II se muestran en el Cuadro 5.

La CA correspondiente a la semana comprendida entre los 0 y 7 días posdestete no se reportó, ya que los cerdos de todos los grupos experimentales no consumieron cantidades importantes de alimento. Sin embargo, en el periodo siguiente (7 a 14 días posdestete), la mejor CA ($P < 0.05$) fue observada en los animales asignados a los tratamientos, CP, N300 y CN; siendo estas 110%, 73% y 56.4% menores respectivamente, comparadas con el grupo N150 (1.3, 1.7, 1.5 vs. 2.7, para CP, CN, N300 y N150, respectivamente). Para la semana de los 14 a 21 días después del destete, todos los grupos experimentales presentaron una CA similar ($P > 0.05$). El periodo siguiente (21 a 28 días posdestete) las mejores CA ($P < 0.05$) fueron aquellas obtenidas por los cerdos de los tratamientos N150 y N300, las cuales fueron 38.5% y 42.4% mejores que la CA del grupo experimental CN, pero iguales a las del CP (1.3, 1.3, 1.5 y 1.8, para N150, N300, CP y CN, respectivamente).

En la fase I (0 a 14 días posdestete), los grupos CP y N300 mostraron mejor CA ($P < 0.01$) comparados con los grupos CN y N150 (1.7 y 2.0 vs. 2.4 y 2.5, respectivamente). En la fase II (14 a 28 días posdestete) la mejor CA ($P < 0.005$) fue la perteneciente a los grupos experimentales CP, N150 y N300, comparadas con la CA del grupo CN (1.4, 1.3 y 1.3 vs. 1.6, respectivamente).

La CA total (0 a 28 días posdestete) de los cerdos pertenecientes a los tratamientos N300 y CP mostró una tendencia ($P < 0.08$) a ser 28.7% y 26.2% mejor, comparada con la CA del tratamiento N150 (1.4 y 1.4 vs. 1.8, respectivamente).

EXPERIMENTO 2: Morfología intestinal

Altura de las Vellosidades Intestinales

Los resultados de la altura de las vellosidades a nivel de duodeno, yeyuno e ileon al destete (0d) y a los 7, 14 y 21 días posdestete, se muestran en los Cuadros 6, 7, 8 y 9.

Duodeno

En la AV de duodeno a los 7 días posdestete se observó una reducción generalizada del 60% ($P < 0.001$) en éstas estructuras intestinales en todos los tratamientos con respecto a la AV al momento del destete (643μ vs. 256μ , para el destete y 7 días posdestete, respectivamente) (Cuadro 6). Sin que se registrará diferencia ($P > 0.05$) entre los grupos experimentales (Cuadro 7). Contrario al acortamiento de las vellosidades duodenales registradas al día 7 posdestete, a los 14 días posdestete todos los grupos experimentales tuvieron un aumento promedio del 25% ($P < 0.001$) en estas estructuras (343μ vs. 256μ , para 14 y 7 días posdestete, respectivamente) (Cuadro 6). Similarmente al día 7 posdestete, en este periodo no hubo diferencia ($P > 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 8). Finalmente al día 21 posdestete, la AV aumentó 37% ($P < 0.001$) con respecto a AV al día 14 posdestete (469μ vs. 343μ , para 21 y 14 días posdestete, respectivamente) (Cuadro 6). En este periodo, el grupo experimental N150 presentó 27% mayor AV ($P < 0.05$) comparado con los tratamientos CN y CP (560μ vs. 413μ y 420μ , respectivamente); y la misma AV con respecto al grupo N300 (560μ y 476μ , para N150 y N300, respectivamente) (Cuadro 9).

Yeyuno

Al igual que en duodeno, la AV de yeyuno al día 7 posdestete disminuyó 14% en promedio ($P < 0.001$) para todos los tratamientos con respecto a la AV de los cerdos al destete (371μ vs. 320μ , respectivamente) (Cuadro 6). En este día todos

los grupos experimentales obtuvieron similares AV ($P>0.05$) en este segmento intestinal (Cuadro 7). En el día 14 posdestete, la AV de yeyuno mostró un comportamiento semejante a la AV de duodeno, aumentando 12% en promedio ($P<0.001$) con respecto al día 7 posdestete (365μ vs. 320μ , respectivamente), alcanzando el valor de las vellosidades al momento del destete (365μ y 371μ , para 14 y 0 días posdestete, respectivamente) (Cuadro 6). Sin que se registrará diferencia alguna ($P>0.05$) entre los distintos tratamientos (Cuadro 8). Al día 21 posdestete, la longitud promedio de las vellosidades intestinales fue 15% mayor ($P<0.01$) con respecto al valor encontrado el día 14 posdestete (430μ vs. 365μ , respectivamente), y superó en un 14% ($P<0.01$) a la AV del destete (430μ vs. 371μ , para 21 y 0 días posdestete, respectivamente) (Cuadro 6). En el último día de la fase experimental (21 días posdestete), los cerdos que consumieron la dieta con extractos herbales y el promotor de crecimiento, mostraron tendencia ($P<0.07$) a tener menor AV de yeyuno que aquellos del grupo CN (417μ , 426μ y 437μ vs. 505μ , para N150, N300, CP y CN, respectivamente) (Cuadro 9)

Íleon

Respecto a la porción distal de intestino delgado, al día 7 posdestete la AV disminuyó un 16% ($P<0.002$) en promedio para todos los tratamientos en comparación con la AV al día del destete (355μ vs. 306μ , para el destete y los 7 días posdestete, respectivamente) (Cuadro 6). En este día, al igual que en la AV de duodeno y yeyuno no se encontró diferencia ($P>0.05$) a favor de ninguno de los grupos experimentales evaluados (Cuadro 7). Al día 14 posdestete, la AV se incrementó ($P<0.002$) en promedio 17% en todos los tratamientos con respecto al día 7 posdestete (370μ vs. 306μ , para 14 y 7 días posdestete, respectivamente) (Cuadro 6). Sin que existiera diferencia estadística ($P>0.05$) entre ninguno de los grupos experimentales (Cuadro 8). El día 21 posdestete, la AV de este segmento intestinal mantuvo la misma longitud que el día 14 posdestete (371μ y 370μ , respectivamente) (Cuadro 6). Este día, los cerdos del grupo experimental CN presentaron tendencia ($P>0.09$) a tener mayor AV en comparación con el

tratamiento CP, pero tuvieron la misma AV con respecto a los grupos N150 y N300 (405 μ , 332 μ , 382 μ y 381 μ , para CN, CP, N150 y N300, respectivamente) (Cuadro 9).

Profundidad de las Criptas Intestinales

Los resultados de profundidad de criptas intestinales (PC) a nivel de duodeno, yeyuno e íleon al destete (día 0) y los 7, 14 y 21 días posdestete, se muestran en los Cuadros 6, 7, 8 y 9.

Duodeno

La profundidad de criptas de este segmento de intestino al destete, fue 26% mayor ($P < 0.001$) con respecto a lo observado a los 7 días posdestete (234 μ y 173 μ , para 0 y 7 días posdestete) (Cuadro 6). Sin embargo, en este periodo todos los grupos experimentales tuvieron similares PC ($P > 0.05$) (Cuadro 7). El día 14 posdestete, la PC se redujo ($P < 0.005$) en promedio 21% en todos los tratamientos con respecto al día 7 posdestete (136 μ vs. 173 μ , respectivamente) (Cuadro 6). Igualmente en este día, no se registró diferencia entre ninguno de los grupos experimentales ($P > 0.05$) (Cuadro 8). Similarmente, el día 21 posdestete la PC de todos los grupos experimentales se redujo 16% en promedio ($P < 0.001$), comparada con la PC del día 14 posdestete (114 μ vs. 136.0 μ , respectivamente) (Cuadro 6). En este periodo al igual que el periodo anterior, no se observó diferencia entre ninguno de los tratamientos evaluados (Cuadro 9).

Yeyuno

Contrario a la disminución de la PC en la porción inicial de intestino delgado (duodeno), en yeyuno éstas estructuras intestinales mostraron similar profundidad de criptas al día 7 posdestete con respecto a la PC de los animales al día del destete (172 μ y 146 μ , respectivamente) (Cuadro 6). La semana posterior al

destete, los cerdos del grupo experimental CP tuvieron la menor PC ($P<0.005$) comparada con el tratamiento CN, pero igual PC con respecto a N150 y N300 (161 μ , 203 μ , 176 μ y 174 μ , respectivamente) (Cuadro 7). Para el día 14 posdestete, se observó que la PC disminuyó un 33% en promedio ($P<0.001$) para todos los tratamientos con respecto al día 7 posdestete (127 μ vs. 172 μ , respectivamente) (Cuadro 6). En este periodo, los grupos experimentales N150, N300 y CP presentaron la mejor PC de yeyuno ($P<0.05$) con respecto a los cerdos del grupo CN (104 μ , 117 μ , y 113 μ vs. 153 μ , para N150, N300, CP y CN, respectivamente) (Cuadro 8). La PC de todos los tratamientos al día 21 posdestete fue similar a la PC observada al día 14 posdestete (117 μ y 127 μ , respectivamente) (Cuadro 6). En esta fase, el grupo experimental N300 mostró la menor PC ($P<0.01$) en comparación con el tratamiento CP (95 μ y 130 μ , respectivamente) (Cuadro 9).

Íleon

La PC de íleon a los 7 días posdestete fue similar a la PC al destete (137 μ y 126 μ , respectivamente) (Cuadro 6). Al igual que lo observado en la AV de íleon al día 7 posdestete, la PC de esta porción intestinal, no mostró diferencia ($P>0.05$) entre los tratamientos evaluados (130 μ , 129 μ , 156 μ y 142 μ , para N150, N300, CN y CP, respectivamente) (Cuadro 7). A los 14 días posdestete, se registró una disminución generalizada del 23% ($P<0.002$) en la PC de íleon con respecto a la PC de íleon al día 7 posdestete (105 μ vs. 137 μ , para 14 y 7 días posdestete, respectivamente) (Cuadro 6). Similar a las mediciones del día 7 posdestete, en este periodo (14 días posdestete) no se encontró diferencia ($P>0.05$) entre los tratamientos evaluados (91 μ , 97 μ , 101 μ y 110 μ , para N150, N300, CP, y CN, respectivamente) (Cuadro 8). Para los 21 días posdestete, la PC de íleon fue similar a la PC de los animales en el periodo anterior (113 μ y 105 μ , para 21 y 14 días, respectivamente) (Cuadro 6). La profundidad de las criptas en la última porción de intestino delgado fue menor ($P<0.05$) en los cerdos a los que se les

ofrecieron las dietas conteniendo los extractos herbales y el antibiótico promotor del crecimiento, que en aquellos del grupo CN (100 μ , 100 μ , y 101 μ vs. 140 μ , para N150, N300, CP y CN, respectivamente) (Cuadro 9).

DISCUSIÓN

EXPERIMENTO 1

Comportamiento productivo

Diversos estudios ^{83, 84, 85} muestran que en los primeros 10 días posteriores al destete, los cerdos atraviesan por una pérdida o nula ganancia de peso corporal; de manera similar en el presente estudio se observó que todos los cerdos en la primera semana posdestete tuvieron en promedio 0.5% menos peso vivo en relación con el peso inicial promedio (6.1 Kg). Esta disminución en el peso corporal es consecuencia del estrés causado por el cambio de alimentación, separación de la madre, ausencia de la leche materna, presencia de un nuevo ambiente, nuevos compañeros de jaula, etc.⁸³; de manera que todas estas situaciones de estrés en conjunto provocan que el cerdo joven consuma nulas o limitadas cantidades de alimento, induciéndose una movilización de tejidos corporales para satisfacer las demandas energéticas de mantenimiento mediante la gluconeogénesis, lo que finalmente se refleja en una pérdida del peso vivo en la primera semana posdestete. Para la segunda semana de la fase I, así como para las dos semanas de la fase II, los cerdos que consumieron la dieta con antibiótico (CP) presentaron mayor peso que aquellos animales de los grupos CN, N150 y N300, similares resultados fueron observados por Peet-Schwering y Swinkels (2000)⁸⁶, quienes reportaron que al incluir extractos de canela y ajo, y no utilizar antibióticos en dietas de cerdos recién destetados, se obtuvieron pesos inferiores de los registrados al incluir en la dieta antibiótico como aditivo promotor del crecimiento.

Similar al peso, la variable GDP en la primera semana posdestete, fue nula como consecuencia del estrés posdestete y al bajo consumo de alimento; sin embargo, en las siguientes dos semanas la mejor GDP fue para el CP comparado con los grupos N150, N300 y CN. Resultados semejantes han sido descritos por Savoini *et al.* (2002)⁸⁷, quienes observaron que la GDP de cerdos de 15 kg alimentados

con una dieta conteniendo 50 ppm de carbadox, fue superior a la de cerdos alimentados con una dieta que contenía extractos herbales de raíz de genciana, orégano y enebro. El efecto promotor del crecimiento del antibiótico en las primeras dos semanas posdestete, que son las semanas más críticas del cerdo después del destete^{3, 7, 17}, no pudo ser igualado o superado por los extractos herbales. Sin embargo, en la última semana de la fase experimental, los cerdos que consumieron la dieta con nutraceuticos a 150 ppm (N150) lograron una GDP semejante ($P > 0.05$) a aquellos del grupo CP. La GDP obtenida en los cerdos del grupo N150 en este estudio, evidencia el efecto promotor del crecimiento de los extractos herbales de orégano, chile y canela después de las primeras dos semanas posdestete; esta hipótesis puede ser sustentada por el estudio de Tsinas *et al.* (1998),⁸⁸ quienes indicaron mayor GDP de cerdos desde la fase de destete y hasta finalización alimentados con extracto herbal de orégano, comparada con la GDP de cerdos que consumieron una dieta libre de antimicrobianos promotores del crecimiento.

Jamaroz y Kamel (2002)⁸⁹ reportaron que la inclusión de 300 ppm y 150 ppm de extractos herbales de orégano, chile y canela en dietas de pollo de engorda, mejoran la GDP desde la etapa de producción temprana y hasta la finalización en comparación con pollos a los cuales se le ofreció una dieta simple sin la adición de ningún antimicrobiano promotor del crecimiento, además reportaron que las GDP son similares con respecto a pollos de engorda a los cuales se les adicionó un antimicrobiano promotor del crecimiento.

En general, en cada semana de fase I y fase II, el CDA de los cerdos del grupo CP fue mayor ($P < 0.05$) en un 35% en promedio comparado con los otros grupos experimentales (N150, N300 y CN). Este mayor consumo diario de alimento registrado por los cerdos a los que se les ofreció la dieta con carbadox puede ser debido al efecto que este tiene sobre el metabolismo de la proteína; a este respecto, algunos investigadores^{90, 91} reportaron que dicho antimicrobiano promotor de crecimiento favorece la síntesis de proteína de los cerdos al incrementar las concentraciones séricas de IGF-1. Por esta razón los animales

que consumen dicho promotor del crecimiento tendrán mayor masa muscular, por lo que su consumo de alimento deberá incrementarse para satisfacer las demandas energéticas de dicha masa muscular.

La GDP y el consumo diario de alimento registrado por los cerdos del grupo CP y N300 se reflejó en una mejor ($P < 0.005$) CA, durante la fase I de alimentación. En la fase II de alimentación el grupo N150, igualó la CA de los cerdos de los grupos N300 y CP, siendo todos estos mejores ($P < 0.005$) a la CA registrada por los cerdos CN. Este comportamiento coincide con lo reportado por Radford *et al.* (2002)⁹², quienes al adicionar extractos herbales de canela y orégano en dietas de cerdos recién destetados, observaron una similar CA, comparada con la CA de animales a los que se les adicionó con 55 ppm de carbadox en la dieta. La similitud observada, en este estudio, en la CA de cerdos que recibieron dieta con extractos herbales y dieta con antimicrobiano promotor del crecimiento en el periodo inmediato al destete, probablemente pudo deberse a que ambos ejercieron un efecto antibacteriano a nivel intestinal, reduciendo la cantidad de bacterias patógenas, toxinas y mejorando el ambiente del intestino; lo cual favorece un incremento de la superficie de digestión y absorción que ayuda a un mejor aprovechamiento de los nutrimentos de la dieta consumidos. Probablemente la reducción en el número de microorganismos patógenos a nivel intestinal, afectó el desafío del sistema inmune del cerdo, por lo que los nutrimentos asimilados fueron utilizados básicamente para el crecimiento del animal y no para la activación del sistema inmune⁹³. A diferencia del tratamiento CN en donde no se incluyó ningún promotor del crecimiento, por lo que el cerdo tuvo que destinar nutrimentos tanto para soportar el crecimiento como para otras funciones como la activación del sistema inmune, principalmente, a pesar de tener la misma edad. Aunado a la teoría del efecto antibacteriano de los extractos herbales, Platel y Srinivasan (1996)⁹⁴ indicaron que en ratas los extractos herbales de diversas especias y vegetales como el chile, comino, ajo, cilantro, cebolla, hinojo, menta y moztaza estimularon la secreción enzimática a nivel intestinal, especialmente de la disacaridasa maltasa; estos mismos investigadores (2000)⁹⁵, concluyeron que los

extractos herbales de las mismas especias y vegetales tienen un efecto estimulante sobre las enzimas pancreáticas tripsina, quimotripsina y lipasa de ratas albino.

EXPERIMENTO 2

Morfología intestinal

Bajo condiciones intensivas en el periodo inmediato al destete (primeros 10 días posdestete), el intestino delgado del cerdo sufre cambios en su estructura, principalmente debido a la ausencia de leche materna, al cambio brusco hacia una dieta completamente sólida generalmente menos digestible, y al bajo consumo de alimento por parte del cerdo ⁸³. Lo anterior fue evidente en el presente estudio con lechones destetados a los 21 días de edad, donde se observó que la altura de las vellosidades intestinales a nivel de duodeno, yeyuno e íleon de cerdos en todos los tratamientos evaluados, sufrieron un acortamiento hasta del 60%, para duodeno y del 13% en yeyuno e íleon, a los 7 días posdestete con respecto a la altura de las vellosidades intestinales en el destete. Sin embargo, de los siete días posdestete en adelante, existió un incremento gradual en la longitud de vellosidades intestinales, alcanzando en la segunda semana posdestete la altura observada al momento del destete (Cuadro 6). Esta recuperación en la altura de las vellosidades intestinales coincide con lo citado por algunos investigadores ^{19, 98, 97, 98}, quienes reportan una recuperación de éstas estructuras intestinales siete a diez días después del destete, y que concuerda con un incremento en el consumo del nuevo alimento de destete. Por otra parte, distintos investigadores ^{26, 99, 100, 101, 102} reportan un incremento hasta del 40% en la profundidad de las criptas intestinales, dado por un incremento en el metabolismo de éstas estructuras, en respuesta a la atrofia de las vellosidades intestinales, sucedida inmediatamente después del cese en el consumo de leche al destete y hasta 10 días después de éste. Sin embargo, lo anterior contrasta con lo observado en el presente estudio donde únicamente en duodeno disminuyó la profundidad de las criptas, y en yeyuno e íleon se mantuvo el valor del destete en profundidad de las criptas intestinales al día siete posdestete (Cuadro 6). Este efecto observado en la profundidad de las criptas de Lieberkühn, pudiera deberse a que los cerdos al momento del destete consumían además de leche, suficiente cantidad de alimento

sólido (no analizado) durante la lactancia, y que el poco alimento consumido en este periodo fue suficiente para acostumbrar al aparato digestivo a la dieta de destete; lo anterior pudiera explicarse por las mediciones de las vellosidades encontradas en los siete días posteriores al destete (Cuadro 6), las cuales no indican una atrofia tan drástica como la reportada en otros estudios ^{26, 99, 100, 101}, donde se ha evaluado el efecto del destete sobre la morfología intestinal del cerdo.

Respecto a los resultados del efecto de los diferentes tratamientos sobre la morfología intestinal, la adición de extractos herbales en 150ppm y 300ppm en la dieta de cerdos recién destetados durante la primer semana inmediata al destete, no previno la disminución en la altura de las vellosidades, ni el incremento en la profundidad de las criptas de Lieberhkün de intestino delgado, lo anterior brinda mayor evidencia en que los cambios morfológicos que sufre el intestino delgado están íntimamente asociados al proceso del destete, más que a la adición de algún aditivo que pueda prevenir dichos cambios estructurales. Esto coincide con Herrera (2004)¹⁰³, quien adicionó L-glutamina a la dieta de lechones recién destetados para ver sus efectos sobre la integridad de la mucosa de intestino delgado y la producción local de anticuerpos; observando en la primera semana posdestete una atrofia de las vellosidades intestinales e incremento en la profundidad de las criptas de Lieberhkün, a pesar que el aminoácido L-glutamina es la principal fuente de energía de células de rápida división celular como lo es el enterocito ^{104, 105}. La recuperación del epitelio intestinal es un proceso dinámico, en donde hay una regeneración de los enterocitos a partir de las células de la base de la cripta. Subsecuentemente, los enterocitos maduran y migran a la punta de la vellosidad, donde llevarán a cabo las funciones de digestión y absorción ¹⁰⁶. En el siguiente periodo (14 días posdestete), se observó la regeneración en la altura de las vellosidades de intestino delgado en todos sus segmentos, lo que refleja que el factor tiempo en combinación con el mayor consumo de alimento por parte de los cerdos tuvo un efecto positivo sobre la integridad estructural del órgano digestivo, sin importar, si se adicionan o no antibióticos promotores del

crecimiento o extractos herbales a la dieta. A este respecto, diversos investigadores mencionan que la regeneración celular a nivel de las vellosidades intestinales en animales jóvenes sucede de 5 a 10 días posdestete ¹⁰⁷. Respecto a las mediciones de criptas intestinales, en el día 14 posterior al destete, el incremento en la profundidad de estas estructuras a nivel de yeyuno en cerdos que consumieron la dieta sin la adición de antibiótico ni extractos herbales se reflejó en la altura de las vellosidades de este mismo segmento intestinal en el siguiente periodo (21 días posdestete). La mayor altura de vellosidades intestinales en duodeno del grupo N150, y la tendencia ($P < 0.07$) a mayor altura de vellosidades intestinales en yeyuno e íleon de los cerdos del grupo CN, comparadas con sus contrapartes pudo haber sido causada por ausencia de ingredientes presentes en la dieta CP (antibiótico, óxido de zinc, sulfato de cobre), los que probablemente inducen procesos inflamatorios leves a nivel intestinal; aunado a la ausencia de microorganismos patógenos, lo cual se corrobora por la ausencia de problemas digestivos en los cerdos durante la fase experimental. Por lo tanto, al no haber ingredientes extraños en la dieta, ni microorganismos patógenos que alteraran la morfología intestinal, se pudo observar una mejor estructura intestinal de los cerdos que consumieron las dietas N150 y CN. Así mismo, la pobre respuesta del antibiótico y de los extractos herbales hacia el control de microorganismos patógenos que pudieran causar trastornos digestivos (diarreas) se debió a la presencia de un medio ambiente limpio de la sala de destete. Esta hipótesis puede ser explicada mediante la teoría en la que el efecto antibacteriano de los antibióticos promotores del crecimiento presentan su mayor efecto en ambientes con carga bacteriana patógena comparados con el nulo efecto en ambientes limpios ¹⁰⁸. Este mismo efecto es posible transpolarlo a los extractos herbales, ya que como se mencionó anteriormente, estos presentan fuerte actividad antibacteriana.

CONCLUSIÓN

La incorporación de extractos herbales como aditivos promotores del crecimiento en la alimentación de cerdos recién destetados, son una alternativa de producción comparada con una producción animal en la que no se utilicen antibióticos promotores del crecimiento en la dieta, ya que promueven cambios sobre el comportamiento productivo y la morfología intestinal de los animales; sin embargo, para lograr los niveles de productividad obtenidos al utilizar los antimicrobianos promotores del crecimiento animal, será necesario optimizar medidas de manejo que en conjunto con los extractos herbales logren óptimos parámetros productivos. Así mismo, son necesarias mayor número de investigaciones enfocadas a dilucidar el mecanismo mediante el cual los extractos herbales ejercen el efecto promotor del crecimiento, el efecto antibacteriano, y el efecto sobre la morfología de intestino delgado del cerdo recién destetado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ribot A. El lechón: destete y transición. En: Buxadé C, editor. Porcinocultura intensiva y extensiva. Zootecnia Bases de Producción Animal. Tomo VI. España:Mundi Prensa, 1996:171-179.
2. Martin P. The meaning of weaning. *Anim Behav* 1984, 32:1257-1258.
3. Pluske JR, Williams IH, Aherne FX. Nutrition of the neonatal pig. En: Varley MA, editor. The Neonatal Pig. Development and Survival. USA, CAB International. 1995:187-234.
4. Pajor EA, Fraser D, Kramer DL. Consumption of solid food by suckling pigs: individual variation and relation to weight gain. *Appl Anim Behav Sci* 1991, 32:139-155.
5. Dybkjaer L. The identification of behavioural indicators of stress in early weaned piglets. *Appl Anim Behav Sci* 1992, 35:135-147.
6. Funderburke DW, Seerley RW. The effects of postweaning stressors on pig weight change, blood, liver and digestive tract characteristics. *J Anim Sci* 1990, 68:155-162.
7. Worobeck EK, Duncan IJH, Widoski TM. The effect of weaning at 7, 14 and 28 days on piglet behavior. *Appl Anim Behav* 1999; 62:173-182.
8. Rooke JA, Bland IM. The acquisition of passive immunity in the newborn piglet. *Livest Prod Sci* 2002, 78:13-23.
9. Van Heughten E. Feeding the early weaned pig. Proceedings of the North Carolina Healthy Hogs Seminar, North Carolina Swine Veterinary Group, 2000. North Carolina State University, Raleigh, NC.
10. Gutierrez AOA. Nutrición del lechón destetado. IV Jornadas Técnicas de Porcino NANTA. Centro Porcino de Nutreco, Holanda. 1-15.
11. Aumaitre A, Peiniau J, Madec F. Digestive adaptation after weaning and nutritional consequences in the piglet. *Pig News Inf* 1995, 16:73-79.
12. Zijlstra RT, Whang KY, Easter RA, Odle J. Effect of feeding a milk replacer to early-weaned pigs on growth, body composition, and small intestinal

- morphology, compared with suckled littermates. *J Anim Sci* 1996, 74:2948-2959.
13. Sanderson IR. Nutritional factors and immune functions of gut epithelium. *Proc Nutr Society* 2001, 60:443-447.
 14. Fan MZ. Growth and ontogeny of the gastrointestinal tract. En: Xu RJ, Cranwell P, editores. The neonatal pig. Gastrointestinal physiology and nutrition. Nottingham University Press, 2002:31-60.
 15. Zhang YQ, Xu RJ. Anatomy and histology of the gastrointestinal tract. En: Xu RJ, Cranwell P, editores. The neonatal pig. Gastrointestinal physiology and nutrition. Nottingham University Press, 2002:1-30.
 16. Xu RJ. Development of the newborn GI tract and its relation to colostrum/milk intake: a review. *Reprod Fertil Dev* 1996, 8:35-48.
 17. Cranwell PD. Development of the neonatal gut and enzyme systems. En: Varley MA, editor. The neonatal pig: Development and survival. UK Cab International. 1995; 99-145.
 18. Cera KR, Mahan DC, Cross RF, Reinhart GA, Whitmoyer R. Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. *J Anim Sci* 1988, 66:574-588.
 19. Li BT, Van Kessel AG, Caine WR, Huang SX, Kirkwood RN. Small intestinal morphology and bacterial populations in ileal digesta and feces of newly weaned pigs receiving a high dietary level of zinc oxide. *Can J Anim Sci* 2001, 81:511-516.
 20. Nabuurs MJA, Hoogendoorn A, Van Der Molen EJ, Van Osta ALM. Villous height and crypt depth in weaned and unweaned pigs, reared under various circumstances in the Netherlands. *Res Vet Sci* 1993, 55:78-84.
 21. JIang R, Chang X, Stoll B, Fan MZ, Arthington J, Weaver E, Campbell J, Burrin DG. Dietary plasma protein reduces small intestinal growth and lamina propria cell density in early weaned pigs. *J Nutr* 2000, 130:21-26.
 22. Van Dijk AJ, Niewold TA, Nabuurs MJA, Van Hees J, De Bot P, Stockhofe-Zurwieden N, Ubbink-Blanksma M, Beynen AC. Small intestinal morphology and

- disaccharidase activities in early weaned piglets fed a diet containing spray dried porcine plasma. *J Vet Med A* 2002, 49:81-86.
- 23.Hederman MS, Højsgaard S, Jensen BB. Small intestinal morphology and activity of intestinal peptidases in piglets around weaning. *J Anim Physiol a Anim Nutr* 2003; 87:32-41.
- 24.McDonald DE, Pethick DW, Mullan BP, Hampson DJ. Increasing viscosity of the intestinal contents alters small intestinal structure and intestinal growth, and stimulates proliferation of enterotoxigenic *Escherichia coli* in newly weaned pigs. *Brit J Nutr* 2001, 86:487-498.
- 25.Tang M, Laarveld B, Van Kessel AG, Hamilton DL, Estrada A, Patience JF. Effect of segregated early weaning on postweaning small intestinal development in pigs. *J Anim Sci* 1999, 77:3191-3200.
- 26.Scholten RHJ, Van der Peet-Schwering CMC, Den Hartog LA, Balk M, Schrama JW, Verstegen MWA. Fermented wheat in liquid diets: Effects on gastrointestinal characteristics in weanling piglets. *J Anim Sci* 2002, 80:1179-1186.
- 27.Van Beers-Schreurs HMG, Nabuurs MJA, Vellenga L, Kalsbeek-Van Der Valk HJ, Wensing T, Breukink HJ. Weaning and the weaning diet influence the villous height and crypt depth in the small intestine of pigs and alter the concentrations of short-chain fatty acids in the large intestine and blood. *J Nutr* 1998,128:947-953.
- 28.Fan MZ, Stoll B, Jiang R, Burrin DG. Enterocyte digestive enzyme activity along the crypt-villus and longitudinal axes in the neonatal pig small intestine. *J Anim Sci* 2001, 79:371-381.
- 29.Anderson DB, McCracken VJ, Aminov RI, Simpson JM, Mackie RI, Verstegen MWA, Gaskins HR. Gut microbiology and growth promoting antibiotics in swine. *Pig News Inf* 2000, 70:101-108.
- 30.Barton MD. Antibiotic use in animal feed and its impact on human health. *Nutr Res Rev* 2000, 13:279-299.

31. Jones FT, Ricke SC. Observations on the history of the development of antimicrobials and their use in poultry feeds. *Poultry Sci* 2003, 82:613-617.
32. Edqvist LE, Pedersen KB. Antimicrobials as growth promoters: resistance to common sense. Disponible en: http://reports.eea.eu.int/environmental_issue_report_2001_22/en/issue_22-part-09.pdf
33. Doyle ME. Alternatives to antibiotic use for growth promotion in animal husbandry. Food Research Institute. University of Wisconsin–Madison 2001. medoyle@facstaff.wisc.edu
34. Thomke S, Elwinger K. Growth promotants in feeding pigs and poultry. I. Growth and feed efficiency responses to antibiotic growth promotants. *Ann Zootech* 1998, 47:85-97.
35. Thomke S, Elwinger K. Growth promotants in feeding pigs and poultry. II. Mode of action of antibiotic growth promotants. *Ann Zootech* 1998, 47:153-167.
36. The antibiotics debate: Antibiotics and safe food. Disponible en: www.ahi.org/antibiotics_debate/antibioticsandsafefood.asp
37. Hughes P, Heritage J. Antibiotic growth promoters in food animals. 2000. Disponible en: www.fao.org/docrep/article/agrippa/555_en.htm
38. Barton MD. Does the use of antibiotics in animals affect human health?. *Aust Vet J* 1998, 76:176-180.
39. McEwen SA, Fedorka CJ. Antimicrobial use and resistance in animals. *Clin Infect Dis* 2002, 34:s93-s106.
40. Harper A. Antibacterial growth promoters: Continued use, continued efficacy, continued controversy. *Livestock update* 2002. Disponible en: www.ext.vt.edu/news/periodicals/livestock/aps-02_03/aps-082.htm
41. Foote K. The battle of the bugs and other alternatives to antibiotics in pork production. Atlantic Veterinary College, PEI. 2003.
42. Hardy B. The issue of antibiotic use in the livestock industry: What have we learned?. *Anim Biotech* 2002, 13:129-147.
43. Stein HH. Experience of feeding pigs without antibiotics: A European perspective. *Anim Biotech* 2002, 13:85-95.

44. Montagne L, Pluske JR, Hampson DJ. A review of interactions between dietary fiber and intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Anim Feed Sci Tech* 2003, 108:95-117.
45. Kjeldsen N. Producing pork without antibiotic growth promoters: the Danish experience. *Advances Pork Prod* 2002, 13:107-115.
46. Bedford M. Removal of antibiotic growth promoters from poultry diets: Implications and strategies to minimize subsequent problems. *World Poultry Sci J* 2000, 4:347-365.
47. Huyghebeert G. Replacement of antibiotics in poultry. Eastern Nutrition Conference. Merelbeke, Bélgica. 2002.
48. Wenk C. Growth promoter alternatives after the ban on antibiotics. *Pig News Info* 2003, 24:11N-16N.
49. Anadón A, Martínez-Larrañaga MR. Current situation and future perspectives of the use of antibiotics as growth promoters. *Cah Options Méditerr* 1999, 37:65-76.
50. Cromwell GL. Why and how antibiotics are used in swine production. *Anim Biotech* 2002, 13:7-27.
51. Europe says "no" to using antibiotics to promote livestock growth. 2002. Disponible en: www.ucsus.org/food_and_environment/antibiotic_resistance_archive/pagecfmpage=id259
52. Reid G, Friendship R. Alternatives to antibiotic use: Probiotics for the gut. *Anim Biotech* 2002, 13:97-112.
53. Thomke S, Elwinger K. Growth promotants in feeding pigs and poultry. III. Alternatives to antibiotic growth promotants. *Ann Zootech* 1998, 47:245-271.
54. Close WH. Producing pigs without antibiotic growth promoters. *Adv Pork Prod* 2000, 11:47-55.
55. Turner JL, Dritz SS, Minton JE. Alternatives to conventional antimicrobials in swine diets. *Profess Anim Sci* 2001, 17:217-226.
56. Verstegen MWA, Williams B. Alternatives to the use of antibiotics as growth promoters for monogastric animals. *Anim Biotech* 2002, 13:113-127.

57. Wenk C. Herbs and botanicals as feed additives in monogastric animals. *Pig News Info* 2003, 24:11n-16n
58. Milner JA. Functional foods: the US perspective. *Am J Clin Nutr* 2000, 71(suppl):1654s-1659s.
59. Moughan PJ, Ravindran V. Maximizing nutrient utilization: from enzymes to nutraceuticals. En: Lyons PT, editor. *Biotechnology in the feed industry. Proceedings of Alltech's 16th annual symposium*. Nottingham: Nottingham University Press, 2000:61-78.
60. Salminen S, Bouley C, Boutron-Ruault MC, Cummings JH, Franck A, Gibson GR, Isolauri E, Moreau MC, Roberfroid M, Rowland I. Functional food and gastrointestinal physiology and function. *Brit J Nutr* 1998, Suppl 1:S147-S171.
61. Andlauer W, Fürst P. Nutraceuticals: a piece of history, present status and Outlook. *Food Res Int* 2002, 32:171-176.
62. Vasconcellos JA. Functional foods, concepts and health benefits. Food Science and Nutrition department, Chapman University, Orange, California, U.S.A. 2002.
63. Barnes DM. Aplicación de nutracéuticos en la producción animal. Memorias del Congreso de la Asociación de Médicos Especialistas en Nutrición Animal (AMENA), 2001:13-24. Puerto Vallarta, Jalisco, México.
64. Heber D, Bowerman S. Applying science to changing dietary patterns. *J Nutr* 2001, 131:3078S-3081S
65. Marriot B. Functional foods: an ecological perspective. *Am J Clin Nutr* 2000, 71(suppl):1728s-1734s.
66. O'hara MA, Keifer D, Farrel K, Kemper K. A review of 12 commonly used medicinal herbs. *Arch Fam Med* 1998, 7:523-536.
67. Murphy CM. Plant products as antimicrobial agents. *Clin Microb Rev* 1999, 12:564-582.
68. Craig WJ. Phytochemicals: guardians of our health. *J Am Diet Assoc* 1997, 10(2):s199-s204.
69. Craig WJ, Beck L. Phytochemicals: Health protective effects. *Can J Diet Pract Res* 1999, 60:78-84.

70. Wenk C. Herbs and botanicals as feed additives in monogastric animals. *Asian-Aust J Anim Sci* 2003, 16:282-289.
71. Urbanczyk J, Hanczakowska E, Swiatkiewicz M. Herb mixture as an antibiotic substitute in pig feeding. *Pig News Info* 2003, 24:58 (abstract).
72. Savoini G, Mancin G, Agazzi A, Cheli F, Baldi A, Monfardini E, Sala V, Dell'Orto V. Effect of dietary supplementation with phytogen substances, carbadox and colistin on performances and immune responses in postweaning pigs. *J Anim Sci* 2000, 78:748 (abstract).
73. De Rodas BZ, Millner BL, Walker R, Nelson DA, Marin-Guzman J. Dietary botanical product improve performance of nursery pigs. *J Anlm Sci* 2002, 80(Suppl 1):394 (abstract).
74. Tsinas AC, Kyriakis SC, Bourtzi-Chatzopoulos E, Arsenakis M, Sarris K, Papasteriades A, Lekkas S. Control of porcine proliferative enteropathy by in feed application of *Origanum* essential oils. Proceedings of the 15th IPVS Congress; 5-9 july, Birmingham, UK. 1998:166.
75. Kyriakis SC, Sarris K, Lekkas S, Tsinas AC, Giannakopoulos CG, Alexopoulos C, Saoulidis K. Control of postweaning diarrhea syndrome of piglets by in-feed application of *Origanum* essential oils. Proceedings of the 15th IPVS Congress; 5-9 july, Birmingham, UK. 1998:218.
76. Dorman HJD, Deans SG. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *J Appl Microbiol* 2000, 88:308-316.
77. Burt SA, Reinders RD. Antibacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157:H7. *Letters Appl Microb* 2003, 36:162-167.
78. Hammer KA, Carson CF, Riley TV. Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *J Appl Microb* 1999, 86:985-990.
79. Hill P, Evans HP, Veness RG. Antimicrobial action of essential oils: the effect of dimethylsulphoxide on the activity of cinnamon oil. *Lett Appl Microb* 1997, 24:269-275.

- 80.Chang ST, Chen PF, Chang SC. Antibacterial activity of leaf essential oils and their constituents from *Cinnamomum osmophloeum*. *J Ethnopharm* 2001, 77:123-127.
- 81.Ranasinghe L, Jayawardena B, Abeywickrama K. Fungicidal activity of essential oils of *Cinnamomum seylanicum* (L.) and *Syzygium aromaticum* (L.) Merr et L.M. Perry against crown rot and anthracnose pathogens isolated from banana. *Lett Appl Microb* 2002, 35:208-211.
- 82.Smith-Palmer A, Stewart J, Fyfe L. Antimicrobial properties of plant essential oils and essences against five important food borne pathogens. *Lett Appl Microb* 1998, 26: 118-122.
- 83.Pluske JR, Hampson DJ, Williams IH. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. *Livest Prod Sci* 1997, 51:215-236.
- 84.De la Cruz LA. Efecto del suero de leche líquido y L-Glutamina sobre la integridad intestinal de lechones lactantes y precozmente destetados. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. 1999.
- 85.Cruz CJ. Efecto de la L-glutamina a diferentes concentraciones sobre el comportamiento de cerdos destetados. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. 2001.
- 86.Peet-Schwering CMC, Swinkels JWGM. Enteroguard as an alternative feed additive to antibiotics in weanling pig diets. *J Anim Sci* 2000, 78:184 (Supl 1).
- 87.Savoini G, Bontempo V, Cheli F, Baldi A, Sala V, Mancin, G, Agazzi A, Dell'Orto V. Alternative antimicrobials In the nutrition of postweaning piglets. *Vet Rec* 2002, 151:577-580.
- 88.Tsinas AC, Giannakopoulos CG, Papasteriades A, Alexopoulos C, Mavromatis J, Kyriaklis SC. Use of *Origanum* essential oils as growth promoter in pigs. Proceedings of the 15th IPVS Congress; 5-9 July, Birmingham, UK. 1998:219.

89. Jamaroz D, Kamel C. Plants extracts enhance broiler performance. *J Anim Sci* 2002, 80:Supl1. (abstract).
90. Hathaway MR, Dayton WR, White ME, Pampusch MS. Effects of antimicrobials and weaning on porcine serum insuline like growth factor binding protein levels. *J Anim Sci* 2003, 81:1456-1463.
91. Hathaway MR, Dayton WR, White ME, Henderson TL, Henningson TB. Serum insuline like growth factor I (IGF-1) concentrations are increased in pigs fed antimicrobials. *J Anim Sci* 1996, 74:1541-1547.
92. Radford M, Jeurond E, Scumann B, Clunles M, De Lange CFM. Supplementation of diets with herbal extracts enhances growth performances in newly weaned piglets. *J Anim Sci* 2002, 80:Supl1 (abstract).
93. Torrallardona D, Conde R, Esteve-García E, Brufau J. Use of spray dried animal plasma as an alternative to antimicrobial medication in weaning pigs. *Anim Feed Sci Tech* 2002, 99:119-129.
94. Platel K, Srinivasan K. Influence of dietary spices or their active principles on digestive enzymes of small intestinal mucosa in rats. *Int J Food Sci Tech* 1996, 47:55-59.
95. Platel K, Srinivasan K. Influence of dietary spices or their active principles on pancreatic digestive enzymes in albino rats. *Nahrung* 2000, 44:42-46.
96. Hampson DJ. Alterations in piglet small intestine structure after weaning. *Res Vet Sci* 1986, 40:32-40.
97. Pluske JR, Williams IH, Aherne FX. Maintenance of villous height and crypt depth in piglets by providing continuous nutrition after weaning. *Anim Sci* 1996, 62:131-144.
98. Herrera GH. Efecto de la adición en la dieta de L-glutamina sobre la capacidad digestiva y el sistema inmune intestinal del lechón destetado. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. 2004.

- 99.Hedemann MS, Højsgaard S, Jensen BB. Small intestinal morphology and activity of intestinal peptidases in piglets around weaning. *J Anim Physiol a Anim Nutr* 2003, 87:32-41.
- 100.Pluske JR, Williams IH, Aherne FX. Maintenance of villous height and crypt depth in piglets by providing continuous nutrition after weaning. *Anim Sci* 1996, 62:131-144.
- 101.Gu X, Li D, She R. Effect of weaning on small intestinal structure and function in the piglet. *Arch Anim Nutr* 2002, 56:275-286.
- 102.Kenwothy R. Observations on the effect of weaning in the young pig: clinical histopathological studies of intestinal function and morphology. *Res Vet Sci* 1976, 21:69-71.
- 103.Herrera GH. Efecto de la adición en la dieta de L-glutamina sobre la capacidad digestiva y el sistema inmune intestinal del lechón destetado. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. 2004.
- 104.Wu G, Meier SA, Knabe D, Dietary glutamine supplementation prevents jejunal atrophy in weaned pigs. *J Nutr* 1996, 126:2578-2584.
- 105.Wu G, Knabe DA, Flynn NE. Synthesis of citrulline from glutamine in pig enterocytes. *Biochem J* 1994, 298:1-7.
- 106.Argenzio RA. Digestión y absorción de carbohidratos, lípidos y proteínas. En: Swenson MJ y Reece WO editores. Fisiología de los animales domésticos. Noriega editores. Vol 1:362-375.
- 107.Zhang YQ, Xu RJ. Anatomy and histology of the gastrointestinal tract. En: Xu RJ, Cranwell P editors. The neonatal pig. Gastrointestinal physiology and nutrition. Nottingham University Press. 1-30 pp.
- 108.Coffey RD y Cromwell GL. The impact of environmental and antimicrobial agents on the growth responses of earlyweaned pigs to spray-dried porcine plasma. *J Anim Sci* 1995, 73:2532-2539.

Cuadros

Cuadro 1

Composición porcentual de las dietas experimentales para cerdos recién destetados en fase I y fase II.* (Experimentos 1 y 2).

Ingrediente, %	Tratamiento							
	CN		CP		N150		N300	
	Fase I	Fase II	Fase I	Fase II	Fase I	Fase II	Fase I	Fase II
Sorgo	50.22	51.90	50.16	51.14	50.22	51.90	50.22	51.90
Lactosa	17.17	4.11	17.17	4.11	17.17	4.11	17.17	4.11
Pasta de soya	13.00	13.15	13.00	13.30	13.00	13.15	13.00	13.15
Conc. Prot. Soya	5.00	8.00	5.00	8.00	5.00	8.00	5.00	8.00
H. de pescado	4.00	3.00	4.00	3.00	4.00	3.00	4.00	3.00
Suero de leche	0.00	13.00	0.00	13.00	0.00	13.00	0.00	13.00
Plasma porcino	3.50	3.00	3.50	0.00	3.50	3.00	3.50	3.00
Aceite vegetal	0.00	3.55	0.00	3.74	0.00	3.55	0.00	3.55
Harina de sangre	3.00	0.00	3.00	0.00	3.00	0.00	3.00	0.00
Fosfato 21/18	1.70	1.39	1.70	1.39	1.70	1.39	1.70	1.39
Carb. de calcio	1.06	0.73	0.70	0.73	1.06	0.73	1.06	0.73
Acidificante	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Metionina	0.28	0.08	0.28	0.17	0.28	0.08	0.28	0.08
Lisina	0.23	0.34	0.23	0.34	0.23	0.34	0.23	0.34
Levadura viva	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Premezcla mineral	0.12	0.13	0.12	0.13	0.12	0.13	0.12	0.13
Colina	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08
Sal	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00
Vitaminas	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Saborizante	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
L-triptofano	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00
Oxido de zinc	-	-	0.04	0.28	-	-	-	-
L-treonina	0.002	-	0.003	-	0.002	-	0.002	-
Sulfato de cobre	-	-	0.01	0.05	-	-	-	-
Carbadox	-	-	0.006	0.006	-	-	-	-
E. Herbales	-	-	-	-	0.015	0.010	0.03	0.02

* Fase I: destete a 14 días posdestete; y Fase II: 14 a 28 días posdestete.

** Extractos herbales de orégano, chile y canela.

Cuadro 2

Efecto de la inclusión de extractos de orégano, chile y canela como promotores del crecimiento en dietas de cerdos recién destetados sobre el peso vivo semanal (experimento 1).

Días postdestete	Tratamiento						EE	P
	CN	CP	Peso vivo, Kg			N300		
			N150					
0	6.0 ^a	5.9 ^a	6.1 ^a			6.3 ^a	0.30	>0.05
7	6.1 ^a	6.0 ^a	6.0 ^a			6.1 ^a	0.09	>0.05
14	7.0 ^b	7.8 ^a	6.9 ^b			7.0 ^b	0.18	<0.01
21	9.1 ^b	10.8 ^a	9.3 ^b			9.2 ^b	0.30	<0.001
28	11.9 ^b	14.5 ^a	12.9 ^b			12.5 ^b	0.40	<0.001

a, b Medias con distintas letras en el mismo renglón indican diferencia estadística (P<0.05).

Cuadro 3

Efecto de la inclusión de extractos de orégano, chile y canela como promotores del crecimiento en dietas de cerdos recién destetados sobre la ganancia diaria de peso (experimento 1).

Días posdestete	Tratamiento					EE	P
	CN	CP	N150	N300			
	Ganancia diaria de peso, g.						
0-7	-2.9	-7.3	-11.3	1.4		14.50	>0.05
7-14	128.8 ^b	245.1 ^a	126.3 ^b	126.2 ^b		19.80	<0.001
14-21	309.8 ^b	436.5 ^a	347.2 ^b	316.1 ^b		28.60	<0.01
21-28	398.8 ^b	525.0 ^a	516.2 ^a	477.9 ^{ab}		31.00	<0.05
Fase I ¹	62.9 ^b	118.9 ^a	57.5 ^b	63.8 ^b		13.30	<0.01
Fase II	354.3 ^b	480.8 ^a	431.7 ^{ac}	397.0 ^{bc}		22.50	<0.001
Total	208.6 ^b	299.8 ^a	244.6 ^b	230.4 ^b		14.00	<0.001

Fase I: 0 a 14 días posdestete.

Fase II: 14 a 28 días posdestete.

Total: 0 a 28 días posdestete.

a, b, c Medias con distinta literal en el mismo renglón indican diferencia estadística (P<0.05).

Cuadro 4

Efecto de la inclusión de extractos de orégano, chile y canela como promotores del crecimiento en dietas de cerdos recién destetados sobre el consumo diario de alimento (experimento 1).

Días postdestete	Tratamiento					EE	P
	CN	CP	N150	N300	N300		
	Consumo Diario de Alimento, g.						
0-7	96.1	85.6	83.3	104.8	104.8	10.36	>0.05
7-14	218.6 ^b	313.3 ^a	213.6 ^b	184.1 ^b	184.1 ^b	28.00	<0.05
14-21	439.0 ^b	566.1 ^a	404.5 ^b	416.0 ^b	416.0 ^b	34.25	<0.05
21-28	704.3 ^{ab}	800.0 ^a	630.9 ^b	615.6 ^b	615.6 ^b	49.56	<0.06
Fase I [†]	157.3 ^{ab}	199.5 ^a	148.4 ^b	144.4 ^b	144.4 ^b	16.03	<0.09
Fase II [*]	571.7 ^{ab}	683.0 ^a	517.7 ^b	516.0 ^b	516.0 ^b	40.75	<0.05
Total [*]	364.5 ^b	441.2 ^a	333.0 ^b	330.2 ^b	330.2 ^b	26.74	<0.05

Fase I: 0 a 14 días postdestete.

Fase II: 14 a 28 días postdestete.

Total: 0 a 28 días postdestete.

a, b Medias con distinta literal en el mismo renglón indican diferencia estadística (P<0.05), y/o tendencia (P<0.09).

Cuadro 5

Efecto de la inclusión de extractos de orégano, chile y canela como promotores del crecimiento en dietas de cerdos recién destetados sobre la conversión alimenticia (experimento 1).

Días posdestete	Tratamiento					EE	P<
	CN	CP	N150	N300	N300		
0-7	-	-	-	-	-	-	-
7-14	1.7 ^b	1.3 ^b	2.7 ^a	1.5 ^b	0.33	<0.05	
14-21	1.5 ^a	1.3 ^a	1.3 ^a	1.4 ^a	0.11	>0.05	
21-28	1.8 ^c	1.5 ^{cb}	1.3 ^{ab}	1.3 ^{ab}	0.12	<0.05	
Fase I'	2.4 ^{ab}	1.7 ^c	2.5 ^b	2.0 ^{ac}	0.13	<0.005	
Fase II	1.6 ^b	1.4 ^a	1.3 ^a	1.3 ^a	0.06	<0.005	
Total	1.7 ^{ab}	1.4 ^a	1.8 ^b	1.4 ^a	0.12	<0.08	

Fase I: 0 a 14 días posdestete.

Fase II: 14 a 28 días posdestete.

Total: 0 a 28 días posdestete.

a, b, c. Medias con distinta literal en el mismo renglón indican diferencia estadística (P<0.05), y/o tendencias (P<0.09).

Cuadro 6

Altura de vellosidades y profundidad de las criptas intestinales a los 0, 7, 14 y 21 días postdestete en cerdos destetados alimentados con extractos de orégano, chile y canela como promotor del crecimiento en la dieta (experimento 2)*.

Región	Día				EE	P
	0	7	14	21		
	Altura de vellosidades, μ .					
Duodeno	643 ^a	256 ^d	343 ^c	469 ^b	8.2	<0.001
Yeyuno	371 ^b	320 ^c	365 ^b	430 ^a	8.9	<0.001
Ileon	355 ^a	306 ^b	370 ^a	371 ^a	8.1	<0.002
	Profundidad de criptas, μ .					
Duodeno	234 ^a	173 ^b	136 ^c	114 ^c	4.3	<0.005
Yeyuno	146 ^{ab}	172 ^a	127 ^b	117 ^b	3.2	<0.001
Ileon	126 ^{ab}	137 ^a	105 ^c	113 ^{bc}	3.4	<0.002

*Corresponde al promedio general de todos los animales.

a, b, c Medias con distinta literal en el mismo renglón indican diferencia estadística (P<0.05).

Cuadro 7

Efecto de la inclusión de extractos de orégano, chile y canela como promotor del crecimiento en dietas de cerdos recién destetados sobre la altura de vellosidades y profundidad de criptas intestinales a los 7 días postdestete. (experimento 2).

Región	Tratamiento				EE	P
	CN	CP	N150	N300		
	Altura de vellosidades, μ .					
Duodeno	307 ^a	233 ^a	251 ^a	233 ^a	8.2	>0.05
Yeyuno	308 ^a	340 ^a	313 ^a	273 ^a	8.9	>0.05
Ileon	284 ^a	278 ^a	318 ^a	300 ^a	8.1	>0.05
	Profundidad de criptas, μ .					
Duodeno	161 ^a	178 ^a	194 ^a	158 ^a	4.3	>0.05
Yeyuno	203 ^a	161 ^b	176 ^{ab}	174 ^{ab}	3.2	<0.05
Ileon	156	142	130	129	3.4	>0.05

^aCorresponde al promedio general de todos los animales.

^{a, b} Medias con distinta literal en el mismo renglón indican diferencia estadística entre los tratamientos ($P < 0.05$).

Cuadro 8

Efecto de la inclusión de extractos de orégano, chile y canela como promotor del crecimiento en dietas de cerdos recién destetados sobre la altura de vellosidades y profundidad de criptas intestinales a los 14 días postdestete (experimento 2).

Región	Tratamiento				EE	P
	CN	CP	N150	N300		
	Altura de vellosidades, μ .					
Duodeno	339 ^a	340 ^a	338 ^a	356 ^a	8.2	>0.05
Yeyuno	378 ^a	368 ^a	331 ^a	389 ^a	8.9	>0.05
Ileon	355 ^a	367 ^a	374 ^a	399 ^a	8.1	>0.05
	Profundidad de criptas, μ .					
Duodeno	115 ^a	155 ^a	138 ^a	138 ^a	4.3	>0.05
Yeyuno	153 ^a	113 ^b	104 ^b	117 ^b	3.2	<0.05
Ileon	110 ^a	101 ^a	91 ^a	97 ^a	3.4	>0.05

^aCorresponde al promedio general de todos los animales.

^{a, b} Medias con distinta literal en el mismo renglón indican diferencia estadística entre los tratamientos ($P < 0.05$).

Cuadro 9

Efecto de la inclusión de extractos de orégano, chile y canela como promotor del crecimiento en dietas de cerdos recién destetados sobre la altura de vellosidades y profundidad de criptas intestinales a los 21 días posdestete (experimento 2).

Región	Tratamiento				EE	P
	CN	CP	N150	N300		
		Altura de vellosidades, μ .				
Duodeno	413 ^b	402 ^b	560 ^a	476 ^{ab}	8.2	<0.05
Yeyuno	505 ^a	437 ^b	417 ^b	426 ^b	8.9	<0.07
Ileon	405 ^a	332 ^b	382 ^{ab}	381 ^{ab}	8.1	<0.09
		Profundidad de criptas, μ .				
Duodeno	103 ^a	133 ^a	121 ^a	98 ^a	4.3	>0.05
Yeyuno	110 ^{ab}	130 ^a	103 ^{ab}	95 ^b	3.2	<0.01
Ileon	140 ^a	101 ^b	100 ^b	100 ^b	3.4	<0.01

^{a,b}Corresponde al promedio general de todos los animales.

^{a,b}Medias con distinta literal en el mismo renglón indican diferencia estadística entre los tratamientos (P<0.05), y/o tendencia (P<0.09)