

Efecto de butirato de sodio y del nivel de proteína dietética sobre los parámetros productivos, la morfología intestinal y la presencia de diarreas en lechones recién destetados.

González CC*, Reis STC*, Mariscal LG**, Guerrero CMJ*, Aguilera BA*, Escobar GK*, Bernal SMG*

Resumen

Se utilizaron 40 lechones de 20.7 ± 0.5 días de edad, con un peso promedio de 6.9 ± 0.7 Kg (**morfología intestinal**) y 89 lechones de 20.5 ± 1.1 días de edad, con 6.5 ± 0.8 Kg (**Comportamiento productivo**). Para estudiar cómo la presencia o ausencia de ácido butírico en una dieta baja en proteína cruda (PC) afecta el comportamiento productivo, la morfología de las vellosidades intestinales y la presencia de diarreas durante las tres primeras semanas posdestete. Se evaluarán tres dietas experimentales (tratamientos), dieta APC-Ab: alta en PC (20%) con antibiótico sin la adición de butirato (control positivo), dieta BPC-But: baja en PC (17 %) con 0.2% de butirato de sodio, sin antibiótico, y dieta BPC: baja en PC (17 %) sin butirato de sodio y sin antibiótico (control negativo).

La adición de butirato de sodio en una dieta baja en proteína cruda consumida en las tres primeras semanas posdestete no afectó el desarrollo de las vellosidades intestinales, ni el comportamiento productivo de los lechones. Sin embargo, el uso del butirato de sodio disminuyó la severidad de las diarreas durante la primera semana posdestete.

PALABRA CLAVE: butirato de sodio, vellosidades intestinales, lechones, destete

*Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Av. de las Ciencias s/n. Juriquilla, 76000, Querétaro, Querétaro, México.

**CENID Fisiología INIFAP, km 1 Carretera a Colón, 76280, Ajuchitlán, Colón, Querétaro.

Introducción

El estrés que se ocasiona por la separación de la madre y hermanos, cambio de instalaciones y de alimentación al momento del destete y repercute en el desarrollo corporal de los lechones siendo el intestino delgado uno de los órganos digestivos más afectados, particularmente su mucosa. En consecuencia de esto los lechones sufren un periodo de anorexia transitoria, pérdida de peso y susceptibilidad al síndrome de diarreas posdestete (Lallès et al; 2007). Las dos semanas que siguen al destete parecen ser el período más difícil para la utilización digestiva de los nutrientes, y es cuando los lechones son más sensibles a los diferentes factores que afectan negativamente la digestibilidad en el tracto digestivo anterior haciéndolos más susceptibles a los trastornos gastrointestinales, principalmente después de la prohibición del uso de antibióticos en la alimentación animal. Sin embargo, en algunos sistemas de producción porcina intensiva se agregan antibióticos en el alimento a niveles subterapéuticos como promotores de crecimiento; sin embargo, queda la posibilidad de que sus residuos se quedan en los productos que al ser consumidos por el hombre puedan producir resistencia de los microorganismos patógenos a la acción de dichos medicamentos.

Debido a estos problemas aunados a los problemas ambientales, en Europa se prohibió el uso de antibiótico y otros promotores de crecimiento, lo cual repercute en los rendimientos productivos así como en la manifestación de la diarrea posdestete (Reis de Souza et al; 2010). Que se han incrementado en la última década (Reis de Souza et al; 2010). Esto porque los lechones recién destetados tienen una baja capacidad digestiva y el exceso de alimento que no es absorbido, es fermentado por la microbiota propia del tracto gastrointestinal, produciendo metabolitos tóxicos para la mucosa intestinal y generando los procesos diarreicos (Reis de Souza et al; 2010). Para hacer frente a este nuevo escenario sin antibióticos, se han propuesto diferentes estrategias de alimentación, una de las más estudiadas es el uso de dietas bajas en proteína cruda (Reis de Souza et

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.

al; 2010). La cual parece ser una alternativa importante en el control de este síndrome; sin embargo, puede afectar el crecimiento de las vellosidades intestinales (Gu y Li, 2004). En los últimos años, son muchos los estudios que han demostrado la eficacia de los diferentes tipos de aditivos para preservar la integridad intestinal (Lu *et al.*, 2008), así como mejorar los rendimientos productivos (Piva *et al.*, 2002) y combatir las diarreas. El mecanismo de acción utilizado por estos aditivos es distinto; todos ellos buscan acelerar la estabilización de la microflora, promoviendo el crecimiento de una flora saprófita en detrimento de la patógena, o a mejorar la digestibilidad o la gustosidad del alimento, o bien a preparar al lechón para afrontar procesos patológicos (Quiles, 2006). El butirato de sodio es un aditivo acidificante que promueve la salud intestinal, ya que es fuente de ácido butírico, el cual es resultado de la fermentación de carbohidratos en el intestino, se le considera un nutriente importante para el epitelio; principalmente como fuente de energía para las células del intestino grueso y del íleon terminal (Biagi *et al.*, 2007), se le ha atribuido una mejora en el desempeño zootécnico de lechones (Lu *et al.*, 2008). Por otra parte, tiene un efecto positivo sobre las vellosidades intestinales (Tonel *et al.*, 2010), teniendo como resultado una buena salud intestinal. El objetivo del presente trabajo fue estudiar cómo el nivel de proteína dietaria y el uso de butirato de sodio afecta el comportamiento productivo, la morfología de las vellosidades intestinales y la presencia y severidad de diarreas durante las tres primeras semanas posdestete.

Material y Métodos

La parte experimental se realizó en la granja porcina experimental del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (CENID Fisiología), respetando los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Los análisis histológicos se realizaron en el laboratorio de Histopatología Animal de la Facultad de ciencias naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.

Se realizaron dos experimentos utilizando tres dietas experimentales (tratamientos), dieta APC-Ab: alta en PC (20%) con antibiótico sin la adición de butirato (control positivo, dieta BPC-But: baja en PC (17 %) con 0.2% de butirato de sodio, sin antibiótico, y dieta BPC: baja en PC (17 %) sin butirato de sodio y sin antibiótico (control negativo)(Cuadro 1).

Experimento 1.

En el primer experimento se midió la evolución de la morfología de las vellosidades y criptas intestinales en los días 0 (destete), 7, 14 y 21 posdestete utilizándose 40 lechones destetados a los 20.7 ± 0.5 días de edad con un peso promedio de 6.9 ± 0.7 Kg. Inmediatamente después del destete en base a su peso inicial, 36 lechones se alojaron en 9 corrales de destete suspendidos, provistos de bebedero de chupón y comedero con seis bocas. Los lechones tuvieron libre acceso al alimento y agua, durante todo el periodo experimental.

Cuatro lechones se sacrificaron al día del destete, como un grupo control que no consumió alimento (día 0), y en los días 7, 14, 21 posdestete, de cada tratamiento se sacrificaron cuatro lechones de un corral, para colectar las muestras para los análisis histológicos. Los lechones se desensibilizaron por inhalación de CO₂ durante 3 minutos y posteriormente se sacrificaron realizando disección de la vena yugular para su exsanguinación. Una vez sacrificados se procedió a la apertura de la cavidad abdominal para la colecta del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon) y grueso (ciego y colon). Se cortó una porción de cada región de aproximadamente 10 cm de largo para medir la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas de Lieberkühn (Reis de Souza *et al.*, 2007).

Experimento 2.

En el segundo experimento se midió la ganancia diaria de peso (GDP), el consumo diario de alimentos (CDA) y la eficiencia alimenticia (EA) durante las tres primeras semanas posdestete. También se determinó la presencia y la severidad de diarreas. Se utilizaron 89 lechones destetados a los 20.5 ± 1.1 días de edad con un peso promedio de 6.5 ± 0.8 Kg. En base a su peso inicial, inmediatamente después del destete, los lechones se alojaron en 18 corrales de destete suspendidos, provisto de bebedero de chupón y comedero con seis bocas. Los lechones tuvieron acceso al alimento y agua, durante todo el periodo experimental. La cantidad de alimento ofrecido fue registrada diariamente, y al final de cada semana experimental se le restó la cantidad de alimento rechazado para calcular el CDA. Los lechones se pesaron al inicio y al final de cada semana experimental, y se calculó la GDP. La EA se calculó dividiéndose la GDP entre el CDA.

La presencia de diarreas (PD) se evaluó diariamente por observación directa de cada corral, y se calificó su severidad a través de la evaluación visual de la consistencia fecal, empleando una escala de 0 a 3, en donde: 0 indica heces normales, no existencia de diarrea; 1 una diarrea ligera, pastosa; 2 una diarrea moderada, semi-líquida y 3 una diarrea severa, muy líquida (Opapeju et al., 2009). La calificación diaria de cada corral se promedió por semana para calcular el índice de severidad de la diarrea (ISD). La PD corresponde al número de días que se observó diarrea por corral por semana (Reis de Souza et al., 2010).

Análisis estadísticos

Para el análisis estadístico de la morfología de las vellosidades se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 3×4 (tres dietas y cuatro edades), siendo la unidad experimental el lechón. En el caso de la presencia y severidad de diarreas se aplicó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 3×3 (tres dietas y tres semanas de experimentación). Para las variables productivas se utilizó un modelo de bloques completamente al azar, en donde el factor de bloqueo fue el peso inicial. La unidad experimental para estos dos últimos grupos de variables fue el corral. La comparación de medias en ambos casos se realizó por medio de la prueba de Duncan, utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (SAS institute, 1991).

Cuadro 1. Composición centesimal y química de las dietas experimentales.

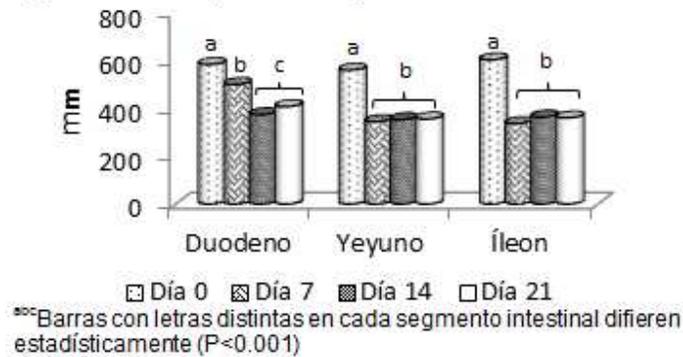
| Ingredientes | Dietas | | |
|------------------------------------|--------|---------|-------|
| | APC-Ab | BPC-But | BPC |
| Maíz | 45.07 | 51.76 | 51.96 |
| Pasta de Soya | 12.00 | 2.85 | 2.85 |
| CPS | 5.00 | 10.84 | 10.84 |
| H. de pescado | 4.76 | 1.00 | 1.00 |
| Suero de leche | 27.16 | 27.16 | 27.16 |
| Butirato de sodio | - | 0.20 | - |
| Antibiótico | 0.20 | - | - |
| L-Lisina HCl | 0.40 | 0.46 | 0.46 |
| Aminogut | 0.80 | 0.80 | 0.80 |
| L-Treonina | 0.01 | 0.10 | 0.10 |
| DL-Metionina | 0.08 | 0.18 | 0.18 |
| L-Triptófano | 0.04 | 0.05 | 0.05 |
| L-Valina | 0.00 | 0.05 | 0.05 |
| Sal Común | 0.67 | 0.67 | 0.67 |
| Aceite de maíz | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| Carbonato de calcio | 0.93 | 0.90 | 0.90 |
| Fosfato Bicálcico | 0.58 | 0.68 | 0.68 |
| Vitaminas y Minerales ¹ | 0.30 | 0.30 | 0.30 |
| Composición Química | | | |
| MS ² | 91.15 | 91.11 | 91.33 |
| PC ² | 19.6 | 17.2 | 17.4 |
| EM ³ | 3.2 | 3.2 | 3.2 |

¹Cada kilogramo de alimento contiene: vitamina A 10.20 UI, vitamina D 1.98 UI, vitamina E 0.06 UI, Vitamina K 1.20 mg, Riboflavina (b2) 7.20 mg, vitamina B12 (canocobalamina) 0.04 mg. Colina 968.58 mg, niacina 36 mg, ácido pantotenico 16.55 mg, tiamina (b1) 0.30 mg, piridoxina (B6) 0.31 mg, biotina 0.08 mg, ácido fólico 0.75 mg.² Analizado.³Calculado.

Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se observa que no hubo ($P > 0.05$) un efecto del nivel de proteína de la dieta, ni de la adición de butirato de sodio sobre la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas, en ninguno de los segmentos intestinales estudiados. Estos resultados contradicen las observaciones de otros autores que encontraron un efecto negativo de la restricción de PC sobre la altura de las vellosidades en duodeno, yeyuno e íleon (Gu and Li, 2004), o solamente a nivel de yeyuno acompañada de un aumento de la profundidad de las criptas (Nyachoti et al., 2006). Probablemente la diferencia es que en el presente trabajo se suplementó la dieta BPC con una fuente de glutamina, que también ayuda a mantener la integridad intestinal, por proveer energía a los enterocitos. La

Figura 1. Edad posdestete y altura de vellosidades.



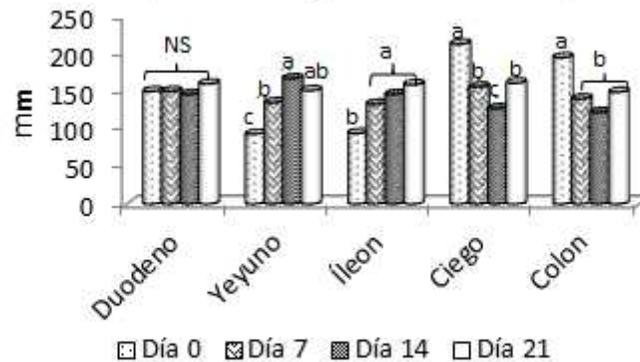
inclusión de butirato de sodio no afectó el tamaño de las vellosidades y de las criptas, como lo observan Biagi et al. (2007), contradiciendo los resultados encontrados por Lu *et al.* (2008). Por su parte Le Gall et al. (2007) menciona que el peso de todo el tejido y mucosa del intestino delgado se reduce por la adición de butirato a la dieta, además de tener cambios mínimos en la arquitectura de las criptas y en la actividad enzimática específica digestiva. Mientras que Pérez (2010) corrobora que el butirato incluso en presencia de glucosa y glutamina tiene un efecto trófico complejo en el epitelio intestinal, además de estimular el índice de proliferación y mitosis en las criptas.

Se observó un efecto de la edad ($P < 0.001$) de los animales sobre la altura de las vellosidades del duodeno, yeyuno e íleon. En la Figura 1 se puede apreciar que las vellosidades disminuyeron ($P < 0.001$) su altura del destete al día 7. En el duodeno el decremento de las vellosidades perduró hasta el día 14, cuando hubo un ligero incremento entre los días 14 y 21 posdestete. Del día 7 hasta el 21 posdestete no se observaron diferencias en la altura de las vellosidades del yeyuno e íleon. El crecimiento de las vellosidades indica que a los 21 días posdestete los animales todavía no lograron tener la misma capacidad de secreción y absorción que al momento del destete.

Esto se debe a que la disminución del nivel de consumo de alimento impide que el animal alcance a satisfacer los requerimientos necesarios de energía y proteína, lo que afecta la proliferación, diferenciación y migración de las células del epitelio intestinal, además de que diversos autores coinciden en que las vellosidades pueden disminuir 75% de su altura durante las primeras 24 horas posdestete, debido a la pérdida de enterocitos maduros. Esta disminución se manifiesta en un cambio morfológico de las vellosidades, de largas como un dedo en los recién nacidos y cerdos lactantes, a más cortas y anchas como una hoja o una lengua en los recién destetados (Reis de Souza et al; 2012)

También se observa un efecto ($P < 0.001$) de la edad sobre la profundidad de las criptas en todos los compartimientos intestinales, excepto en el duodeno (Figura 2). Al día 0 el ciego y el colon, tuvieron criptas más profundas disminuyéndose hasta el día 14, cuando empezaron su proceso de recuperación hasta el día 21 posdestete indicando un incremento en la capacidad de regeneración epitelial en respuesta a la adaptación al estrés. La literatura menciona que los cambios funcionales y estructurales que se observan en el intestino delgado suceden dentro de las primeras 24 a 36 horas posdestete y traen como consecuencia una disminución del 20 al 30% del peso intestinal. La recuperación del crecimiento de las vellosidades se observa desde el día 3 posdestete, lo cual se ha relacionado con la presencia de alimento en el tubo digestivo (Reis de Souza et al; 2012).

Figura 2. Edad posdestete y profundidad de criptas.



^{abc} Barras con letras distintas en cada segmento intestinal difieren estadísticamente ($P < 0.001$)

Los parámetros productivos semanales y en el periodo total del experimento no fueron afectados ($P > 0.05$) por la dieta consumida, excepto en el caso de la eficiencia alimenticia, pues los animales que consumieron la dieta alta en proteína cruda con antibiótico, fueron más eficientes ($P < 0.05$) en la segunda semana posdestete (Cuadro 3). El uso de dietas bajas en proteína es recomendado para evitar las diarreas posdestete; sin embargo, esta práctica puede tener un efecto negativo en los parámetros productivos y en el desarrollo de los lechones (de Lange *et al.*, 2010). Según diferentes autores la adición de aminoácidos sintéticos a las dietas bajas en PC, mejoran los parámetros productivos de los lechones, pues un balance de aminoácidos promueve el consumo de alimento y por ende un mayor aporte energético al lechón. En el presente trabajo se suplementó la dieta BPC para cubrir los requerimientos de lisina, treonina, metionina, triptófano, glutamina, y principalmente valina que suele ser un aminoácido limitante en dietas bajas en PC (Theil *et al.*, 2004); lo que probablemente mitigó el efecto negativo de las dietas bajas en proteína sobre los parámetros productivos observados por de Lange *et al.* (2010). El butirato de sodio es un aditivo que promueve la salud intestinal, pues es fuente de ácido butírico, el cual es la principal fuente de energía para las células del intestino grueso y del íleon terminal (Biagi *et al.*, 2007), lo que debería mejorar el desempeño zootécnico de los animales, como lo observan Lu *et al.* (2008). En el presente estudio la adición de butirato de sodio tampoco mostró un efecto positivo en el desarrollo de los animales, probablemente por la menor dosis utilizada en relación a los trabajos de Piva *et al.* (2002) y de Lu *et al.* (2008).

En el caso de las diarreas posdestete, tampoco se observó un efecto de la dieta sobre su presencia de las diarreas en las tres semanas posdestete (Figura 3); sin embargo, la severidad de las diarreas en la primera semana posdestete fue menor ($P < 0.05$) en los animales alimentados con la dieta adicionada con butirato (BPC+Bu-Ab) en relación a los que no consumieron butirato ni antibiótico en su dieta (BPC-Bu-Ab) (Figura 4). Los animales que consumieron la dieta control positivo (APC+Ab) tuvieron una diarrea con severidad intermedia en relación a los animales de los demás tratamientos. En las segunda y tercera semanas posdestete, así como en el periodo total del experimento la presencia y severidad de las diarreas fue similar entre los animales de todos los tratamientos experimentales (Figuras 3 y 4).

La diarrea posdestete está asociada al estrés del destete, una vez que todos los animales presentaron diarrea, aún que esta fue ligera. La diarrea supone un déficit en la absorción de agua y de nutrientes, y en función de grado de deshidratación y del desequilibrio electrolítico dependerá la gravedad de la situación, pudiendo correr peligro la

supervivencia del lechón. En esta situación de desequilibrio de la flora intestinal tiene lugar una mala absorción de los nutrientes, con lo cual el organismo no logra incorporarlos al torrente sanguíneo para su participación en las funciones normales; pero es que, además, esta situación puede provocar un aumento de la filtración de las toxinas de los microorganismos patógenos que han hecho acto de presencia (Quiles y Hevia, 2004).

El efecto antibacteriano del butirato es selectivo. Se ha demostrado que el ácido butírico favorece el desarrollo de la flora láctica la cual compite contra la flora enteropatógena. El butirato sódico también mejora la absorción de electrolitos y reduce la incidencia de diarreas, aparentemente, el mecanismo por el cual el butirato actúa sobre la absorción de líquidos y electrolitos en el colon es por efecto generador de energía, favorecedor de sistemas transportadores de ciertos electrolitos (Norel, 2010). La presencia de butirato de sodio tuvo un efecto benéfico en la primera semana posdestete como lo observa Tonel *et al.* (2010); sin embargo este no perduró en las demás semanas. La reducción de la cantidad de proteína dietética ejerce un papel modulador de la diarrea (Nyachoti *et al.* 2006), pues hace con que los animales tengan menos sustrato para la fermentación bacteriana y consecuentemente menos productos tóxicos para la mucosa intestinal. En la segunda semana posdestete se observa la mayor presencia de diarreas con la severidad más elevada. La anorexia transitoria que presentan los animales durante el destete, disminuye la presencia de sustratos no digeridos a nivel intestinal por lo que la fermentación no es determinante en la producción de las diarreas durante la primera semana posdestete. Sin embargo, una vez los animales aumentan el consumo de alimento (segunda semana posdestete) se empiezan a presentar sustratos fermentables a nivel intestinal (principalmente de origen proteico), los cuales promueven el crecimiento de bacterias patógenas, produciéndose metabolitos potencialmente tóxicos (Morales, 2009) para la mucosa intestinal y se empieza a presentar la diarrea típica de esta etapa (segunda semana posdestete).

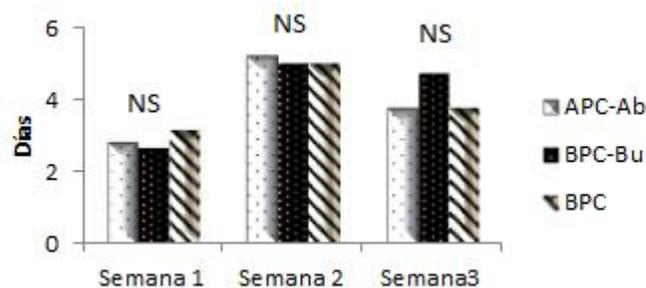


Figura 3. Efecto del tratamiento sobre la presencia de diarreas.

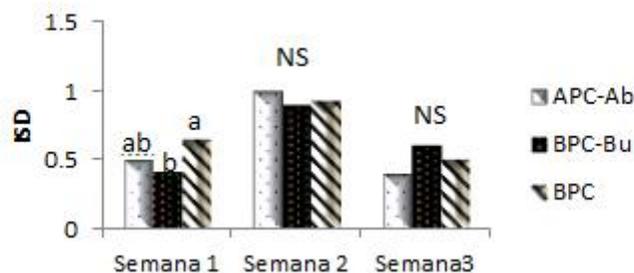


Figura 4. Efecto del tratamiento sobre el índice de severidad de diarreas (ISD)

Cuadro 2. Efecto de la dieta sobre la altura de vellosidades (AV) y profundidad de criptas (PC).

| Variable | Dieta | | | P | | | EEM |
|------------|--------|---------|-----|----|---------|-----|------|
| | APC-Ab | BPC-But | BPC | D | E | D*E | |
| Duodeno AV | 475 | 467 | 459 | NS | P<0.001 | NS | 12.2 |
| PC | 153 | 146 | 156 | NS | NS | NS | 4.9 |
| Yeyuno AV | 425 | 386 | 400 | NS | P<0.001 | NS | 9.2 |
| PC | 135 | 135 | 140 | NS | P<0.001 | NS | 4.4 |
| Íleon AV | 435 | 421 | 394 | NS | P<0.001 | NS | 9.9 |
| PC | 131 | 140 | 127 | NS | P<0.001 | NS | 4.9 |
| Ciego PC | 159 | 171 | 161 | NS | P<0.001 | NS | 4.1 |
| Colon PC | 149 | 152 | 153 | NS | P<0.001 | NS | 4.8 |

APC-Ab: Dieta alta en proteína cruda con antibiótico, sin la adición de butirato.

BPC-But: Dieta baja en proteína cruda, sin antibiótico, con butirato de sodio.

BPC: Dieta baja en proteína sin antibiótico y sin butirato de sodio.

P: probabilidad. NS: no significativo ($P>0.05$). EEM: error estándar de la media.

D: efecto dieta. E: efecto edad. E*D: efecto interacción dieta y edad.

Cuadro 3. Efecto de la dieta sobre los parámetros productivos durante la fase posdestete.

| Variable | Dieta | | | P | | | EEM |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|----|-----|------|
| | APC-Ab | BPC-But | BPC | D | B | D*B | |
| PD (Kg.) | 6.5 | 6.6 | 6.6 | NS | NS | NS | 0.03 |
| GDP (g/día) | | | | | | | |
| Semana 1 | 10 | 13 | 17 | NS | NS | NS | 5.8 |
| Semana 2 | 143 | 118 | 110 | NS | NS | NS | 5.7 |
| Semana 3 | 284 | 275 | 235 | NS | NS | NS | 10.7 |
| CDA (g/día) | | | | | | | |
| Semana 1 | 81 | 95 | 91 | NS | NS | NS | 6.5 |
| Semana 2 | 157 | 173 | 160 | NS | NS | NS | 7.8 |
| Semana 3 | 374 | 394 | 357 | NS | NS | NS | 10.3 |
| EA | | | | | | | |
| Semana 1 | 0.070 | 0.136 | 0.207 | NS | NS | NS | 0.07 |
| Semana 2 | 0.933 ^a | 0.677 ^b | 0.697 ^b | P<0.05 | NS | NS | 0.04 |
| Semana 3 | 0.761 | 0.705 | 0.663 | NS | NS | NS | 0.03 |

APC+Ab: dieta alta en proteína cruda con antibiótico sin la adición de butirato BPC+But-Ab: dieta baja proteína cruda en con ácido butírico, sin antibiótico. BPC+But-Ab: dieta baja en proteína cruda sin butirato y sin antibiótico. P: probabilidad. NS: no significativo ($P>0.05$). EEM: error estándar de la media. D: efecto dieta. E: efecto bloque. E*B: efecto interacción dieta y bloque.

Conclusiones.

La similitud de los resultados obtenidos entre los animales que consumieron la dieta alta en proteína con antibiótico y las dietas bajas en proteína muestran que la reducción del nivel de PC no tuvo un efecto negativo sobre el desarrollo de las vellosidades y criptas intestinales, además de no afectar de manera significativa el consumo de alimento y la ganancia diaria de peso. Sin embargo, afectó positivamente la presencia de diarreas. Todo lo anterior indica que con el uso de una dieta baja en proteína, en caso de que no se utilice antibióticos, la capacidad de secreción, de absorción y de proliferación del epitelio intestinal no estaría limitada; tampoco el desarrollo zootécnico de los lechones quedaría comprometido, y éstos tendrían un menor riesgo de presentar trastornos gastrointestinales.

La adición de butirato de sodio en una dieta baja en proteína cruda consumida en las tres primeras semanas posdestete no afectó el desarrollo de las vellosidades intestinales, ni el comportamiento productivo de los lechones; pero disminuyó la severidad de las diarreas durante la primera semana posdestete. El butirato de sodio no mostró un efecto positivo que justifique su utilización en dietas de iniciación.

BIBLIOGRAFIA

Biagi G. Piva A. Moschini M. Vezzali E. Roth F. X. Performance, intestinal microflora, and wall morphology of weanling pigs fed sodium butyrate. *Journal of animal science*. Volumen 85, pp. 1184-1191. 2007.

De Lange C.F.M. Pluske J. Gong J. Nyachoti. Strategic use of feed ingredients and feed additives to stimulate gut health and development in young pigs. *Livestock science*. Volumen 134, pp. 124-134. 2010.

Figueroa J.L. Chi E.E. Cervantes M. Domínguez I. Alimentos funcionales para cerdos al destete. *Revista veterinaria México*. UNAM. pp. 118. 2006.

Gu X. Li D. Effect of dietary crude protein level on villous morphology, immune status and histochemistry parameters of digestive tract in weaning piglets. *Animal feed science and technology*. Volumen. 114, p.p. 113-126. 2004.

Lallès J.P. Bosi P. Smidt H. Stokes C.R. Weaning — A challenge to gut physiologists *Livestock Science* volume 108. 82–93. 2007.

Le Gall M. Se`ve B. Sahar A. Leborgne M. Lalle`s J.P. Guilloteau P. Effect of sodium butyrate on growth, appetite and gastrointestinal tract development in piglet. 10th European Nutrition Conference, Paris, France. *Nutrition and Metabolism* volumen 51 (suppl. 1), p.p 113. 2007.

Lu J.J. Zou X.T. Wang Y.M. Effects of sodium butyrate on the growth performance, intestinal microflora and morphology of weanling pigs. *Journal of animal science*. Volumen 17, pp. 68–578. 2008.

Morales J. Resumen de la valoración, en condiciones prácticas, de diferentes productos sustitutivos de los antibióticos en lechones post- destete. *Pig champ pro Europa*, s.a. Ediporc. pp. 31. 2009.

Nyachoti C.M. Omogbenigun F.O. Rademacher M. Blank G. Performance responses and indicators of gastrointestinal health in early weaned pigs fed low-protein amino acid-supplemented diets. *Journal of animal science*. Volumen. 84, p.p. 125-134. 2006.

Piva A. Morlacchini M. Casadei G. Gatta P.P. Biagi G. Prandini A. Sodium butyrate improves growth performance of weaned piglets during the first period after weaning. *Journal of animal science*. Italia. Volumen 1, pp. 35-41. 2002.

Quiles A. Empleo de ácidos orgánicos en la alimentación de los lechones. Departamento de Producción Animal: Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. Ediporc. Nº 94. 2006.

Quiles A. Hevia M. El papel de los probióticos en la alimentación del lechón. Departamento de Producción Animal: Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. Ediporc. Nº 79. 2004.

Reis de Souza T.C. Mariscal L.G. Escobar K. Algunos factores fisiológicos y nutricionales que afectan la incidencia de diarreas post-destete en lechones. Revista veterinaria México.UNAM. pp. 275,277. 2010.

Reis de Souza T.C. Aguilera B. M. A. Aguilera B. A. Mariscal L. G. Guerrero C. M. J. Digestive tract morphology of piglets fed diets with isolated or concentrate soy protein. Archivo latinoamericano de producción animal. Volumen. 15, p.p.134-140.2007.

Statistical Analysis Systems Institute. SAS user's guide: Statistics. SAS Institute. Cary, NC., USA. 1991.

Tonel I. Pinho M. Lordelo M.M. Cunha L.F. Garres P. Freire J.P.B. effect of butyrate on gut development and intestinal mucosa morphology of piglets. Livestock science, volume 133, issues 1–3, p.p. 222-224. 2010.

Theil P. K. Fernández J. A. Danielsen V. Valine requirement for maximal growth rate in weaned pigs. Livestock production science. Volumen 88, pp. 99-106. 2004.