



ALIMENTACION

Introducción

El ciego en los conejos puede ser parcialmente comparado con el de otros animales monogástricos como el cerdo, el caballo o la rata, aunque con características estructurales y fisiológicas específicas. Por esta razón, los conocimientos sobre la fisiología cecal obtenidos en otros animales monogástricos no pueden ser fácilmente aplicados en el caso del conejo. Además, la fisiología cecal del conejo muestra una problemática específica en la patología digestiva relacionada con la nutrición. En este momento, uno de los principales objetivos de los investigadores sobre el metabolismo cecal del conejo es el de conocerlo y descubrir la influencia de la actividad de la flora microbiana que se supone juega un papel importante en la aparición de problemas digestivos originados por un inadecuado aporte nutritivo. Por otro lado, el ciego participa en la digestión de los nutrientes, siendo el lugar donde se produce una mayor degradación y fermentación de la fibra. Por ejemplo, en los conejos adultos la absorción de los ácidos grasos volátiles puede representar el 30% del metabolismo basal. Consecuentemente, las investigaciones a medio plazo se dirigen hacia el conocimiento del proceso digestivo a nivel cecal para conseguir una mejor eficiencia en la utilización de los nutrientes. Como es sabido, la actividad microbiana cecal juega un papel clave en la nutrición y

(*) Dirección del autor:
 Institut National de la Recherche Agronomique,
 Centre de Recherches de Toulouse, Station de
 Recherches Cunicoles.
 BP 27, 31326 Castanet-Tolosan, France.
 Tel (33) 61285103 - Fax (33) 612 85319.
 E.mail: gidemme@toulouse.inra.fr

Fisiología digestiva cecal y factores que la influyen

- T. Gidenne (*)
- 6º Congreso Mundial de Cunicultura, Toulouse, julio 1996.

en la salud del conejo. Un cambio en la dieta puede modificar la naturaleza del contenido digestivo que va a ser fermentado en el ciego, pudiendo alterar, en consecuencia, a esta microflora y a su actividad. Sin embargo, existen otros factores que deben ser considerados (ontogénicos), ya que los problemas digestivos se producen principalmente en los conejos en crecimiento y, particularmente, durante el periodo de la lactancia. Es por ello importante describir cómo esta actividad microbiana cecal se desarrolla e interactúa con los factores nutricionales hacia las tres semanas de edad (inicio del consumo de alimento sólido) y hasta el final del periodo de crecimiento. Antes de ello realizaremos un breve repaso sobre algunos aspectos de la fisiología di-

gestiva así como de los recientes descubrimientos realizados a este respecto.

Algunos aspectos sobre la fisiología digestiva en el ciego

El ciego (ver figura 1) es el compartimento digestivo de mayor tamaño en el conejo (el 40% del tracto digestivo). Proporcionalmente el ciego del conejo es de 5 a 6 veces mayor que el del caballo. Su volumen se modifica a lo largo del día y según la actividad cecotrófica. Durante o después de la cecotrofia se ha observado que el contenido cecal es bajo (menor del 20%) usando soluciones marcadoras o sacrificando a los animales y midiendo dicho contenido. La motilidad del ciego no debe ser conside-

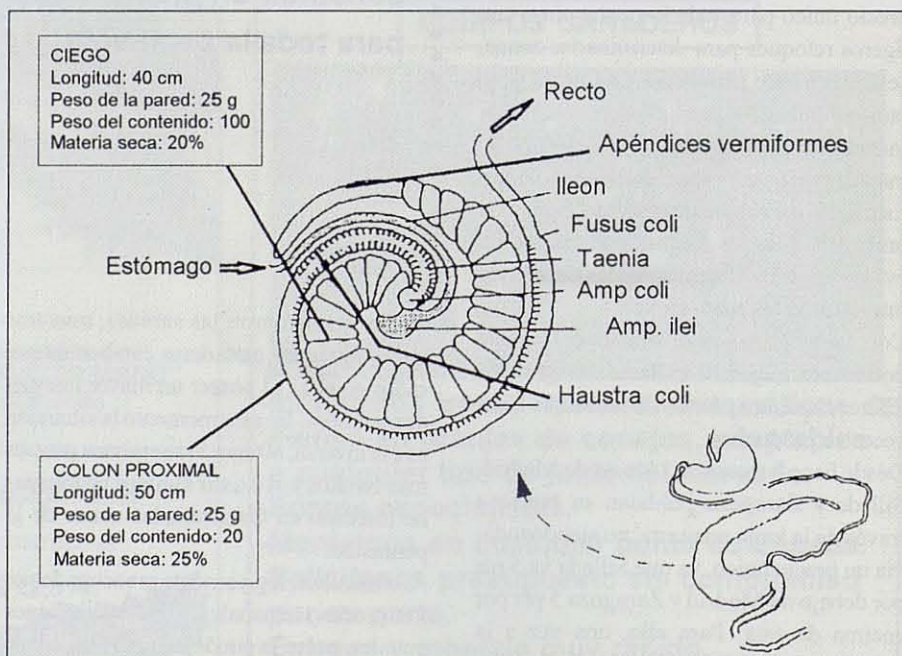


Fig. 1. diagrama del segmento ileo-cólico del tracto digestivo del conejo a las 12 semanas de edad.

Queremos mejorar CUNICULTURA

¿Tiene alguna sugerencia, opinión o pregunta sobre el contenido de la revista?

Nombre y apellidos (*) -----
Dirección -----
Población ----- C.P. ----- Provincia -----
Teléfono -----
(* No imprescindible, solamente si desea respuesta o publicación de su opinión.

Para una revista de Cunicultura más ágil e interesante, rellene y envíenos este pequeño cuestionario

- ¿Desearía que periódicamente aparecieran reportajes de granjas? SI NO
- ¿Tiene algún truco u originalidad que desee enseñar a los lectores? SI NO
- ¿Le gustaría que le hiciéramos un reportaje, sin coste alguno, sobre su granja para publicarlo en la revista? (*) SI NO

(*) No comercial.

Nombre y apellidos
Dirección
Población C.P. Provincia
Teléfono de contacto

LA REDACCION DE CUNICULTURA Y LOS LECTORES
LE AGRADECEMOS DE ANTEMANO SU COLABORACION
EN PRO DEL SECTOR CUNICOLA.

SERVICIOS A LOS SUSCRIPTORES

■ La Real Escuela de Avicultura ofrece a los suscriptores de sus revistas su Servicio de Asesoría Técnica y Documental -ATIDA- para resolver sus consultas, dudas y problemas.

■ Indíquenos la índole de éstos a través de estas líneas o llamando al **teléfono 93-792 11 37** (o al Fax **93-792 15 37**), señalando que es suscriptor de esta revista.

■ Todas las consultas cuya resolución sea inmediata (por teléfono o a través de una breve carta) son gratuitas para nuestros suscriptores. Sólo en el caso de que su consulta requiera un estudio más exhaustivo, dispondrá de un interesante descuento en los servicios de ATIDA, por el simple hecho de ser suscriptor.

Mi consulta o problema es:

Por favor, indique su sector de actividad:

▶

 ▶

 ▶

 ▶

 ▶

 ▶

 ▶

- Cunicultor aficionado
- Cooperativa cunícola
- Fábrica de piensos
- Empresa de servicios
- Granja cunícola
 - de 20 a 100 conejas
 - de 100 a 300 conejas
 - de 300 a 900 conejas
 - de 900 a 1.500 conejas
 - de más de 1.500 conejas
 - de selección
- Laboratorio biológico
- Laboratorio farmacológico
- Matadero de conejos
- Veterinario
- Otros

Envíe esta hoja en un sobre
 (o bien llame por teléfono o Fax) a:
 Real Escuela de Avicultura.
 Plana del Paraíso, 14.
 08350 Arenys de Mar (Barcelona)

D/Dña NIF

Empresa NIF

Calle/Plaza nº

Población D. Postal

Provincia País

Tel Fax

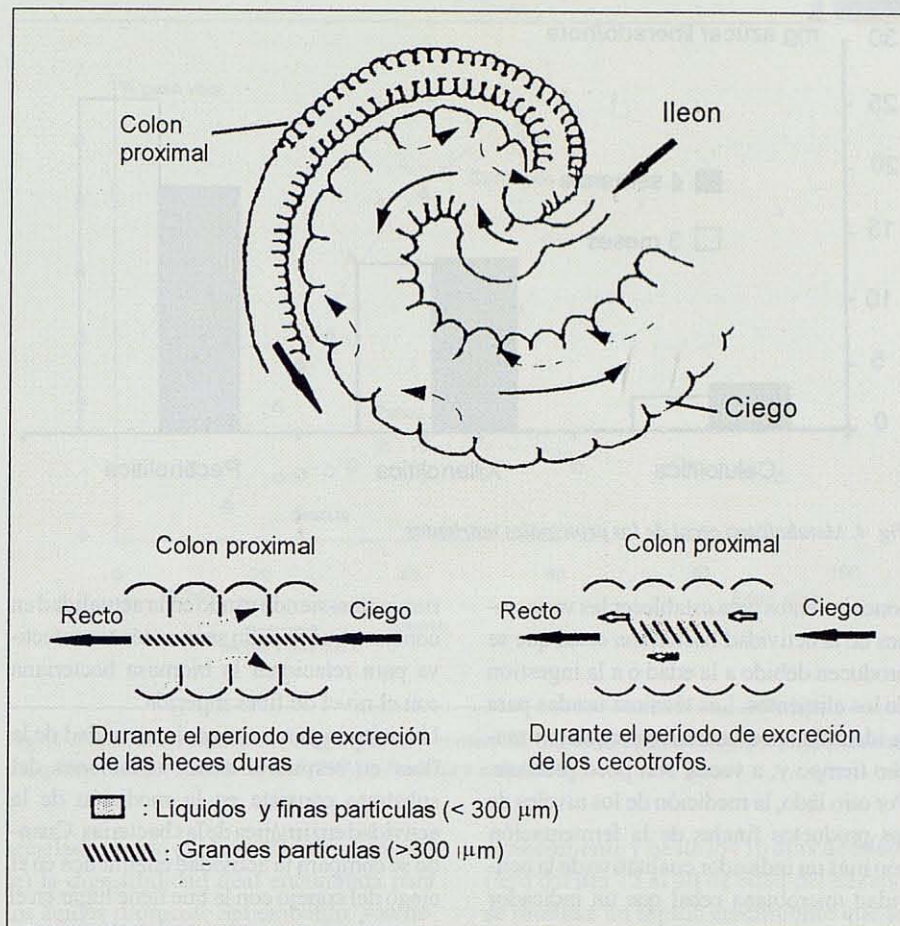


Fig. 2. Movimiento del contenido en el segmento íleo-ceco-cólico.

rada por separado, ya que la región íleo-cecal, el ciego y el colon proximal forman una unidad funcional. Debe recordarse que, cuando no se realiza la cecotrofia, esta unidad permite el paso de partículas de gran tamaño (alrededor de 300 mm y principalmente fibra) por su porción final (figura 2), mientras que solamente retiene las partículas más finas para que sean degradadas por los microorganismos en el ciego. Durante la cecotrofia, el contenido cecal pasa a través del intestino sin sufrir grandes cambios (excepto los intercambios que sufre el agua y los minerales), siendo incorporado a las heces blandas (cecotrofos).

A pesar de los estudios y trabajos realizados, para poder comprender totalmente el tránsito intestinal, son necesarios estudios que comprendan tanto su funcionamiento como el ritmo de paso del contenido. Este aspecto no se ha contemplado en ningún trabajo anterior, probablemente debido a la dificultad de registrar simultáneamente la motilidad y el ritmo de paso. Además, las mediciones del ritmo de paso del contenido intestinal requieren la implantación de una

cánula o catéter en el íleon y en el colon proximal, lo cual no deja de ser complicado.

En consecuencia, la literatura solamente aporta datos del tiempo de retención a nivel íleo-rectal o ceco-rectal, siendo entre 7 y 16 horas para la fase sólida y de 16 a 42 horas para la líquida. Para suplir a estas dificultades en la metodología de recolección de datos se ha creado, recientemente, un modelo matemático adaptado de los bovinos para poder calcular el ritmo de paso del contenido sin tener que aplicar una cánula

- No se pueden extrapolar
- los datos obtenidos
- en adultos
- a los gazapos

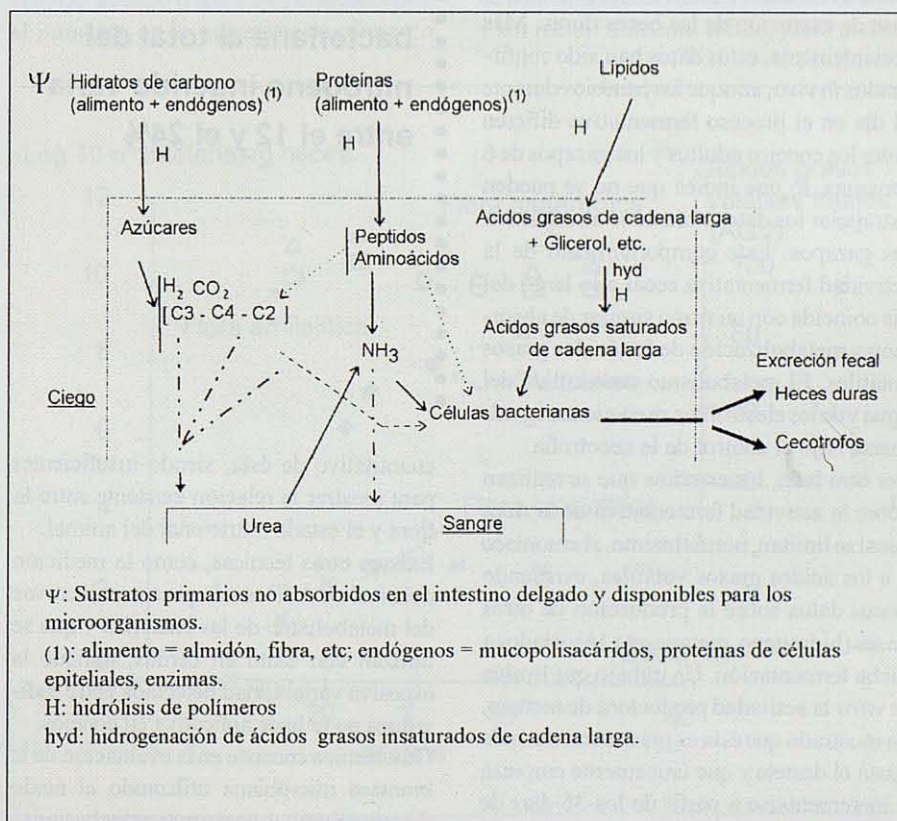


Fig. 3. Metabolismo cecal de los principales nutrientes.

a los animales. Sin embargo, todavía es un modelo experimental cuya validez como nueva técnica debe ser confirmada.

La flora cecal presenta dos características: una implantación lenta (al menos hasta el tercer día de vida de los gazapos no hay flora) y una relativamente simple composición (principalmente bacilos no esporulados gramnegativos). Sin embargo, varias actividades han sido detectadas en dicha flora cecal: celulolítica, pectinolítica o xilanolítica, ureolítica, proteolítica y amilolítica. La actividad metabólica de esta flora permite la producción de ácidos grasos volátiles y amoníaco debido a la fermentación de azúcares simples y de aminoácidos respectivamente (figura 3). El perfil de ácidos grasos volátiles es específico del conejo, con un predominio del acetato, seguido del butirato y del propionato. Por otro lado, un trabajo *in vitro* ha mostrado que este patrón de ácidos grasos volátiles es específico de la flora cecal y no depende de la composición del sustrato fermentado.

La actividad fermentativa de las bacterias varía de acuerdo a un ritmo diario, produciéndose una baja concentración de ácidos grasos volátiles (<25%) durante el periodo en el que se realiza la cecotrofia, con respecto al alto nivel que alcanzan durante la fase de excreción de las heces duras. Más recientemente, estos datos han sido confirmados *in vivo*, aunque los cambios durante el día en el proceso fermentativo difieren entre los conejos adultos y los gazapos de 6 semanas, lo que indica que no se pueden extrapolar los datos obtenidos en adultos a los gazapos. Este comportamiento de la actividad fermentativa cecal a lo largo del día coincide con un ritmo similar de absorción y metabolización de los ácidos grasos volátiles. El metabolismo ceco-cólico del agua y de los electrolitos se encuentra igualmente bajo el control de la cecotrofia.

Por otro lado, los estudios que se realizan sobre la actividad fermentativa de la flora cecal se limitan, normalmente, al amoníaco y a los ácidos grasos volátiles, existiendo pocos datos sobre la producción de otros gases (hidrógeno, metano, etc.) asociados a dicha fermentación. Un trabajo que evalúa *in vitro* la actividad productora de metano, ha mostrado que ésta es prácticamente nula hasta el destete y que únicamente empieza a incrementarse a partir de los 36 días de edad.

En la actualidad son necesarios mayores

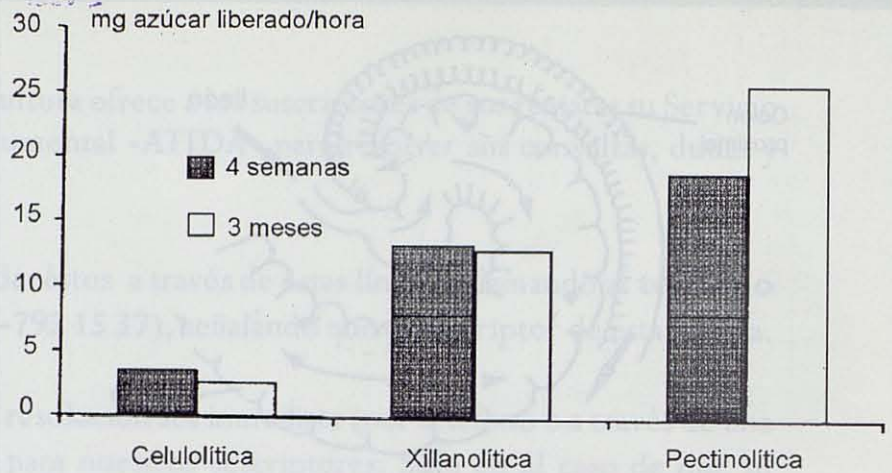


Fig. 4. Metabolismo cecal de los principales nutrientes.

conocimientos para establecer las variaciones de la actividad bacteriana cecal que se producen debido a la edad o a la ingestión de los alimentos. Las técnicas usadas para la identificación bacteriana requieren mucho tiempo y, a veces, son poco precisas. Por otro lado, la medición de los niveles de los productos finales de la fermentación son más un indicador cualitativo de la actividad microbiana cecal que un indicador

• **La contribución bacteriana al total del nitrógeno ingerido varía entre el 12 y el 24%**

cuantitativo de ésta, siendo insuficientes para mostrar la relación existente entre la flora y el estado nutricional del animal.

Existen otras técnicas, como la medición del nivel de ATP cecal, que son indicativas del metabolismo de las bacterias y que se utilizan con éxito en cerdos, aunque la excesiva variabilidad detectada entre individuos no la hace aplicativa en conejos.

Otra técnica consiste en la evaluación de la biomasa microbiana utilizando el ácido diaminopimélico como marcador bacteriano y que fue usado en un principio en los

rumiantes, siendo usado en la actualidad en conejos y mostrando ser una técnica efectiva para relacionar la biomasa bacteriana con el nivel de fibra ingerida.

Un método para conocer la actividad de la flora en respuesta a las variaciones del sustrato consiste en la medición de la actividad enzimática de las bacterias. Cuando se compara la actividad enzimática en el ciego del conejo con la que tiene lugar en el rumen de los rumiantes, se detecta que en el ciego la actividad fibrolítica es menor, mientras que la amilolítica y la proteolítica son mayores debido a las contribuciones del propio individuo. En el conejo no se puede diferenciar, como ocurre en los rumiantes, una flora asociada a la fracción líquida de otra asociada a la sólida debido a la homogeneidad del contenido digestivo a nivel cecal.

La actividad fibrolítica del ciego ha sido investigada por algunos autores que destacan una elevada actividad pectinolítica, seguida por la xilanolítica y de la celulolítica (figura 4). Esta jerarquía en la actividad es debida a la diferente digestibilidad en el conejo de los constituyentes de la pared celular vegetal (pectinas > hemicelulosa > celulosa), y se corresponde también con el nivel de fermentabilidad de la fracción fibrosa *in vivo*. Además, estas enzimas fibrinolíticas también pueden hallarse en los cecotrofos, siendo asimismo la actividad pectinolítica relativamente alta en el estómago del conejo, mientras que la actividad xilanolítica y celulolítica es casi nula a este nivel. Este reciclado de las enzimas proteolíticas plantea la cuestión sobre su capacidad para ser activas durante su paso por el estómago y el intestino delgado. Este

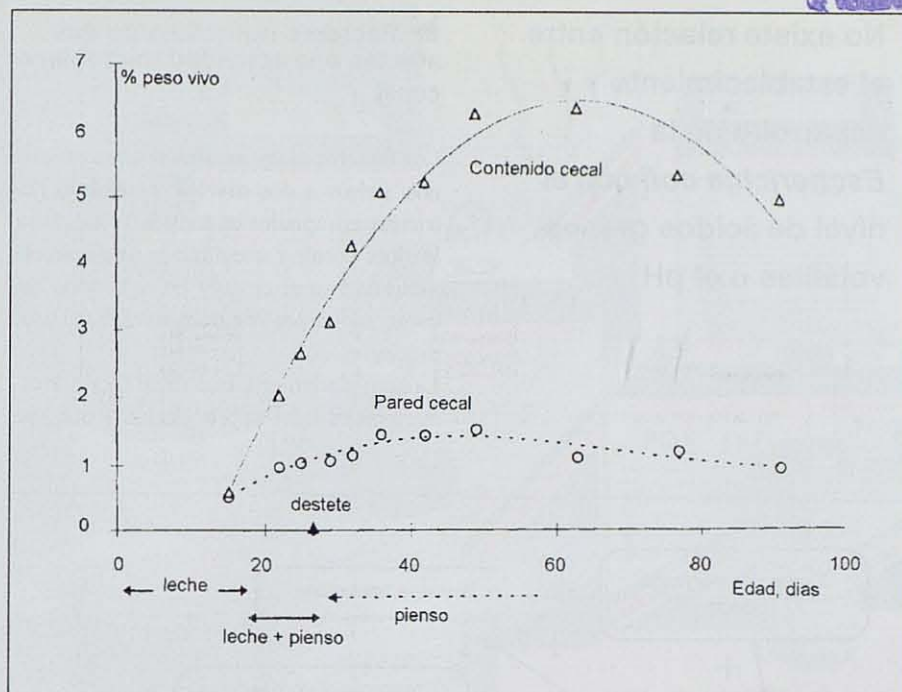


Fig. 5. Desarrollo relativo del ciego (pared y contenido) según la edad del conejo. (según Lebas y Laplace (1972); Candau y col (1978); Padilha y col. (1995).

reciclado podría explicar (al menos en parte) la digestibilidad ileal encontrada para los ácidos urónicos. Sin embargo, son necesarios más estudios sobre la digestión de la fibra en el tramo preileal (estómago e intestino delgado) para conocer mejor este fenómeno en el conejo (único mamífero en el que ocurre).

La actividad microbiana cecal puede ser también estimada por su aportación en nutrientes a través de la ingestión de heces blandas (cecotrofos). Se ha estimado que alrededor del 50% del nitrógeno cecal posee un origen bacteriano mediante un indicador basado en la relación ARN/proteína bruta. El nitrógeno producido por la flora y reciclado por los cecotrofos ha sido evaluado usando una metodología que mide la relación purinas/nitrógeno bacteriano o el nivel de ácido diaminopimélico en el contenido del ciego. De acuerdo con los resultados de dicha técnica, la contribución bacteriana al total del nitrógeno ingerido varía entre el 12 y el 24%.

► **Factores individuales que afectan a la actividad microbiana cecal**

El crecimiento del ciego (de su pared y de su contenido) es relativamente lento desde

el nacimiento y hasta los 10 días de edad. Pero del día 15 al 40 de edad del gazapo se produce un rápido crecimiento que se traduce en multiplicar por 10 veces su peso, pasando del 0,5% al 5% del peso vivo del gazapo (figura 5), paralelamente al aumento en la ingestión de alimento

seco (pienso), mientras que el ritmo de crecimiento del estómago y del intestino permanecen constantes hasta los 30 días de edad.

La implantación de la flora celulolítica no se inicia hasta que empieza la ingestión de pienso (hacia las 3 semanas), alcanzando niveles de 10^4 a 10^7 bacterias/gramo hacia las 7-9 semanas de edad, mientras que a los 15 días de edad, tanto la flora amilolítica como la anaerobia total lo han hecho (10^{10} y 10^{11} bacterias/gramo de contenido cecal, respectivamente, figura 6). A partir del día 15 y hasta el 30 de edad, el nivel de ácidos grasos volátiles aumenta desde 8 hasta 35 mMol/l, la relación propiónico/butírico se invierte y el nivel de amoniaco desciende bruscamente a la mitad cerca del periodo del destete. Estos acontecimientos se encuentran relacionados con el desarrollo de la flora celulolítica.

El nivel de ácidos grasos volátiles podría estar también relacionado con el estado fisiológico del animal, puesto que en gazapos libres de patógenos específicos (SPF), los niveles son un 50% menores que en conejos normales (50 a 80 mM/l). Asimismo también se encontraron mayores niveles de flora celulolítica en los conejos normales de granja (10^4 - 10^5 bacterias/gramo de contenido cecal) de dos semanas de edad y sin recibir alimento sólido, junto con un

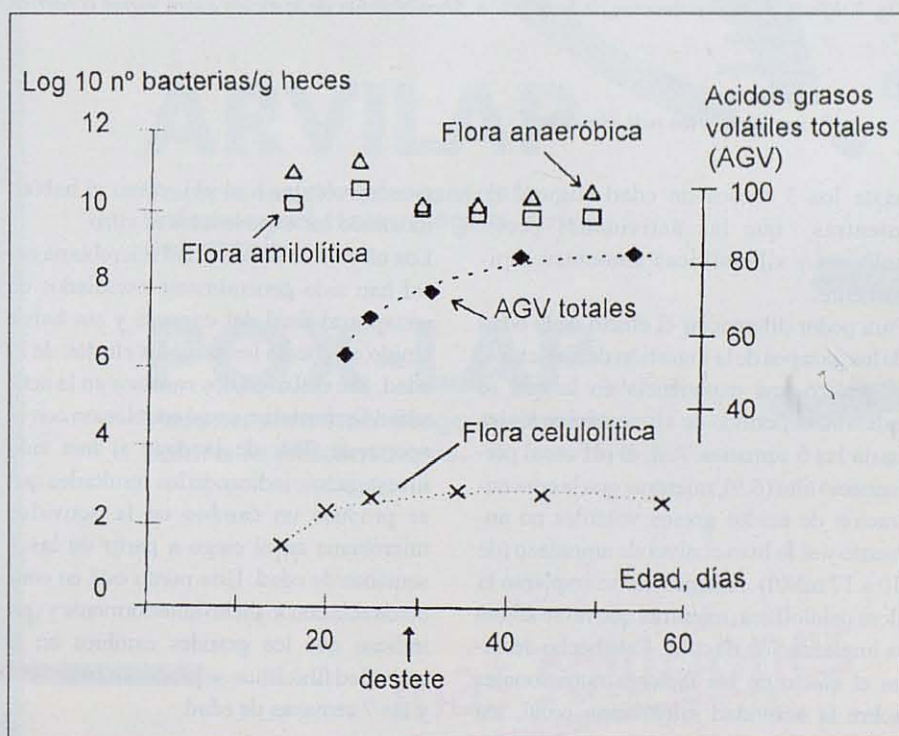


Fig. 6. Cinética de la instauración de la flora cecal y de la producción de ácidos grasos volátiles. (Según Boulahrouf y col (1991); Piattoni y col (1995); Padilha y col. (1995).

mayor nivel de ácidos grasos volátiles con respecto a los SPF.

El final de la implantación de la flora celulolítica se consigue hacia las 5 semanas de edad, cuando todavía siguen aumentando los niveles de ácidos grasos volátiles. Este simple hecho no refleja su actividad metabólica, ya que su actividad fermentadora depende del establecimiento de las diferentes bacterias fibrolíticas, lo cual depende de la edad del gazapo. Así, la actividad celulolítica de las enzimas bacterianas permanece baja desde las 4 semanas y

• No existe relación entre el establecimiento y desarrollo de la *Escherichia coli* con el nivel de ácidos grasos volátiles o el pH

► Factores nutricionales que afectan a la actividad microbiana cecal

Los factores nutricionales pueden, al menos, actuar a dos niveles: aportando nutrientes apropiados en cantidad y calidad a la flora cecal, y asegurando una correcta motilidad en el ciego y en el tránsito del contenido en los restantes tramos del tubo digestivo.

La actividad microbiana cecal depende estrechamente del aporte de nutrientes, ya

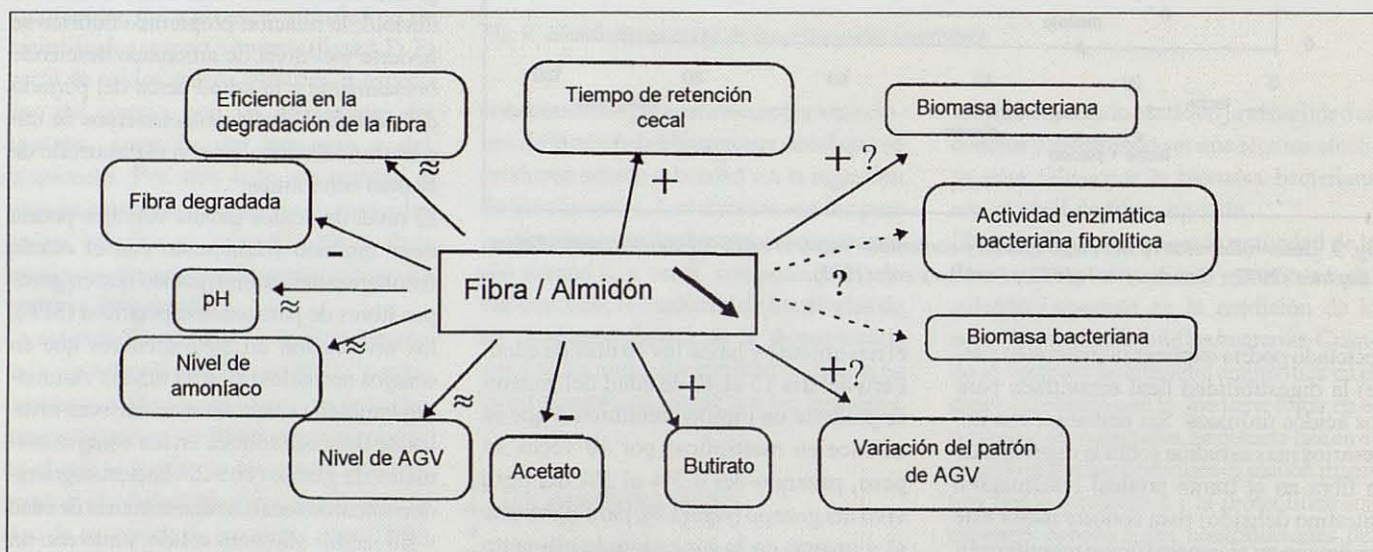


Fig. 7. Efecto de la disminución de la relación fibra/almidón de la dieta sobre varios criterios digestivos en gazapos de engorde sanos (*)

(*) +: aumenta

-: disminuye

≈: no varía

?: son necesarios más estudios

hasta los 3 meses de edad (figura 4), mientras que las actividades pectinolíticas y xilanolíticas aumentan rápidamente.

Para poder diferenciar el efecto de la edad de los gazapos de la ingestión de alimentos, se realizó una experiencia en la que se extendió el periodo de alimentación láctea hasta las 6 semanas. Así, el pH cecal permaneció alto (6,9), mientras que la concentración de ácidos grasos volátiles no aumentó y sí lo hizo el nivel de amoniaco (de 10 a 17 mM/l). Además, no se implantó la flora celulolítica, mientras que no se afectó la implantación de colis. Este hecho destaca el efecto de los factores nutricionales sobre la actividad microbiana cecal, así como muestra que no existe relación entre el establecimiento y desarrollo de la *Escherichia coli* con el nivel de ácidos

grasos volátiles o el pH, como sí habían mostrado las experiencias *in vitro*.

Los efectos de la actividad microbiana cecal han sido generalmente estudiados en gazapos al final del engorde y sin haber tenido en cuenta los posibles efectos de la edad. Sin embargo, los cambios en la actividad fermentativa cecal en relación con el aporte de fibra de la dieta sí han sido investigados, indicando los resultados que se produce un cambio en la actividad microbiana en el ciego a partir de las 7 semanas de edad. Este punto está en concordancia con lo dicho anteriormente y que indican que los grandes cambios en la actividad fibrolítica se producen entre las 3 y las 7 semanas de edad.

que a las pocas horas de estar en ayunas se produce una disminución brusca de los ácidos grasos volátiles en el ciego y una inversión en la relación propiónico/butírico.

A menudo, los estudios sobre la fisiología del ciego se limitan a medir la digestibilidad de la fibra, con alguna referencia al tipo de fermentación y/o con medidas de la velocidad de tránsito. Por ejemplo, un estudio sobre el aporte de nutrientes hacia el ciego provenientes del ileon es muy raro encontrarlo, lo que resta precisión a la hora de conocer el verdadero efecto de los factores nutricionales.

Fibra y almidón

Muchas experiencias han intentado evaluar el efecto del nivel conjunto de fibra y de



CORYLAP

Vacuna inactivada contra los Procesos Respiratorios del conejo.

WELCHILAP

Vacuna inactivada contra las Enterotoxemias del conejo.

BIOLAP

Vacuna polivalente contra los Procesos Septicémicos del conejo.

FIBROLAP

Vacuna viva heteróloga contra la Mixomatosis.

ARVILAP

Vacuna inactivada contra la Enfermedad Hemorrágica Virica del conejo.

POX-LAP

Vacuna viva homóloga atenuada contra la Mixomatosis.



LABORATORIOS OVEJERO, S.A.

más soluciones

Sede Central

Peregrinos, s/n - apdo. 321 • 24008 LEÓN • ESPAÑA

Tel.: (91) 22 53 00 - Tel.: (91) 22 53 00 - Tel.: (91) 22 53 00

¡LA OPORTUNIDAD PARA PONERSE AL DÍA!

Jornadas Profesionales de Reproducción Cunícola

26 - 29 noviembre de 1996

comprendiendo

- ✓ 3 Sesiones Técnicas, con 12 conferencias, por las mañanas
- ✓ 6 Mesas Redondas, por las tardes

y abarcando

- ✓ El Manejo de los reproductores
- ✓ La inseminación artificial
- ✓ Patología y alimentación de los reproductores.

Organiza la
Real Escuela de Avicultura,
con el patrocinio de la firma
Purina España, S. A.
y se celebrarán en el
Hotel Antemare, de Sitges.

*Solicite mayor información y reserva
de plaza a*

REAL ESCUELA DE AVICULTURA

Plana del Paraíso, 14
08350 ARENYS DE MAR (Barcelona)
Tel (93) 792 11 37
Fax (93) 792 15 37

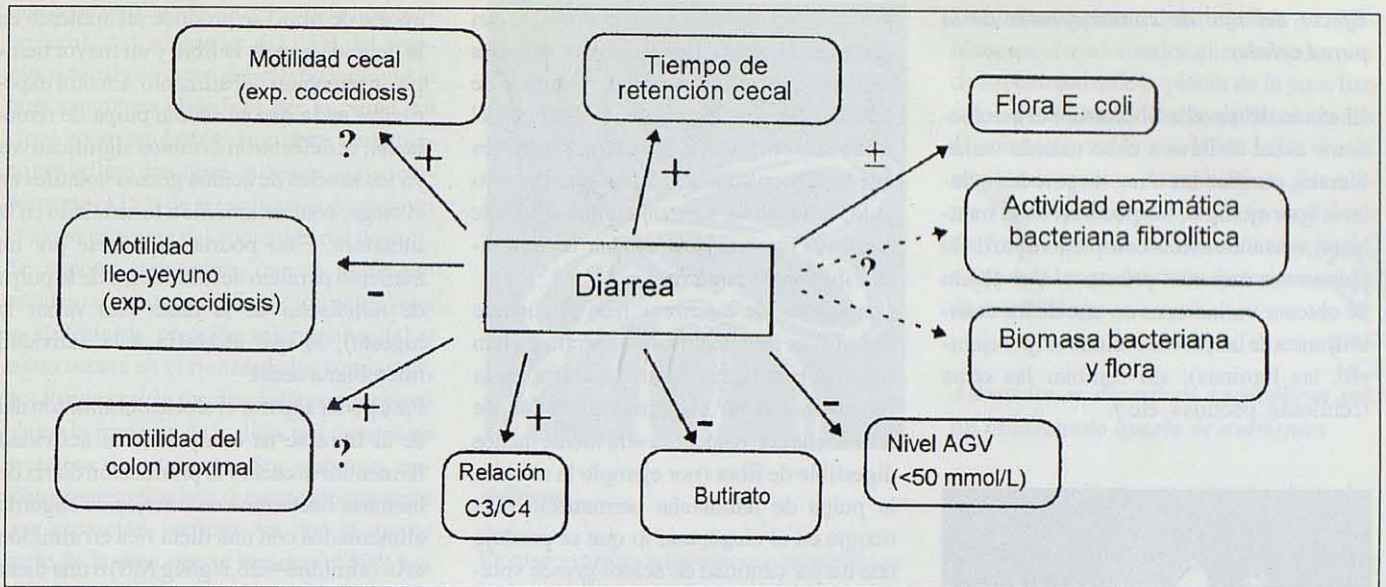


Fig.8. Cambios cecales durante la diarrea en gazapos de engorde (*)

- (*) +: aumenta
- : disminuye
- ±: no varía
- ?: son necesarios más estudios

almidón sobre el metabolismo cecal puesto que es conocido el hecho de que una deficiencia grande de fibra afecta a dicho metabolismo y a la salud del conejo. Sin embargo, existen escasos estudios que hayan sido capaces de separar el efecto del contenido en fibra de la ración del efecto del tipo de constituyentes de la pared celular vegetal. Ello puede ser debido al uso de modelos de dietas complejas asociados con la utilización de análisis demasiado globales de la fibra (a menudo limitados a señalar «proteína bruta»). Sin embargo, el nivel de almidón en la ración se encuentra correlacionado de forma inversa con el nivel de fibra, aunque en algunas experiencias no se ha determinado completamente dicho nivel de almidón, lo que puede indu-

cir a confundir los verdaderos efectos atribuibles a la fibra.

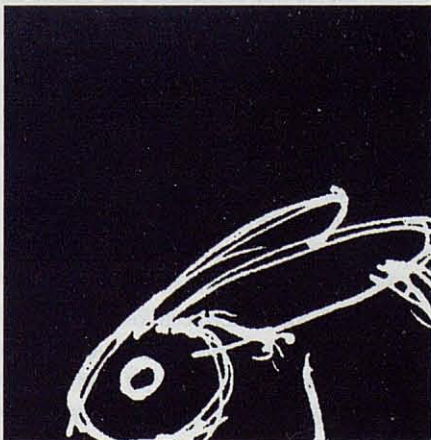
A partir de ahora trataremos, en primer lugar, sobre los efectos que sobre la digestión cecal produce un cambio en la relación fibra/almidón y sus efectos sobre la ingestión de fibra. En segundo lugar trataremos los efectos atribuibles al tipo de constituyentes de la pared celular para, finalmente, ver los efectos que produce la variación en la ingestión del almidón.

Efectos de la relación fibra/almidón

Un nivel de fibra bajo en la ración, sin grandes cambios en las proporciones de los constituyentes de la pared celular (hemicelulosas, ligninas, etc.), no afecta de forma notable el peso del contenido cecal, aunque altera su composición. El nivel de fibra en el ciego disminuye, tal y como lo hace el nivel de proteína bruta, mientras que la cantidad de almidón permanece baja (alrededor del 1,5%). No se producen cambios notables en la concentración de los productos finales de la fermentación (amoniaco y ácidos grasos volátiles), ni en el pH cecal (figura 7) como respuesta a esta disminución en la ingestión de fibra. Sin embargo, la proporción molar de ácidos grasos volátiles se encuentra afectada por dicho nivel de fibra. En principio, la propor-

ción de butírico disminuye significativamente cuando disminuye la relación fibra/almidón.

La digestibilidad de la fibra no se ve muy afectada por el nivel de fibra, aunque la cantidad de fibra degradada disminuye (por combinación de una baja ingestión de alimento con un bajo contenido en fibra). De hecho podemos suponer que la cantidad de fibra que penetra en el ciego no constituye un factor limitante para el proceso de la fermentación, probablemente debido a que el tiempo de retención en el ciego es corto, permitiendo principalmente la degradación de las fracciones de fibra fácilmente digestibles como las pectinas o las hemicelulosas. Sin embargo, el tiempo de retención en el ciego aumenta proporcionalmente con la reducción de la ingestión de fibra y podría compensar una eventual limitación de la cantidad de fibra que penetra en el ciego. Sin embargo, para un nivel de fibra muy bajo (FAD menor del 10%) se ha apreciado algún aumento en la eficiencia en la degradación de la fibra que puede ser atribuida a un prolongado tiempo de retención en el segmento ceco-cólico. Además, el nivel de fibra no parece influenciar el aporte energético de la fermentación cecal, aunque estos datos fueron obtenidos en conejos adultos y con raciones semipurificadas, por lo que este último punto debería poder reconfirmarse.



Efecto del tipo de constituyentes de la pared celular

El efecto del tipo de fibra sobre el metabolismo cecal se lleva a cabo usando varias fuentes, purificadas o no, de paredes celulares (por ejemplo, las pectinas de la manzana), o usando dietas complejas a partir de numerosas materias primas con el objeto de obtener variaciones en uno de los constituyentes de las paredes celulares (por ejemplo, las ligninas), sin cambiar las otras (celulosas, pectinas, etc.).



La fracción de la lignina de la pared celular de las plantas no es digestible, en teoría, por las bacterias, aunque cuando se mide la digestibilidad fecal de las ligninas en el conejo se obtengan frecuentemente valores positivos (del 20 al 50%). En los conejos, los estudios sobre los efectos de las ligninas se han basado principalmente en el uso de subproductos (orujo de uva, por ejemplo), no muy bien definidos desde el punto de vista de su composición química (asociaciones con taninos y cutinas). Sin embargo, los resultados hallados en las experiencias llevadas a cabo han sido contradictorios, ya que tanto se han encontrado menores niveles en la producción de ácidos grasos volátiles y de amoníaco, como que éstos no variaban.

Un aumento en el nivel de lignina de la dieta junto con una menor digestibilidad de la fibra y un menor tiempo de retención parece ser una medida eficiente para reducir la mortalidad en conejos de engorde. Los efectos de las ligninas purificadas sobre las células de la pared cecal parecen similares a los obtenidos con las pectinas o la alfalfa, mientras que la inclusión de celulosa purificada en la dieta reduciría la

profundidad de las criptas en el ciego. Sin embargo, a pesar de los pocos estudios realizados, el efecto de la incorporación de celulosa sobre la digestión de la fibra y el ritmo de paso por el ciego parecen menores que los observados con la lignina. Por otro lado, la celulosa se muestra tan eficiente como las ligninas para reducir la mortalidad durante el engorde.

Los efectos de las fibras más fácilmente digestibles (hemicelulosas o pectinas) han sido más estudiadas. Cuando se compara la incorporación en el pienso de pulpa de remolacha con respecto a otra fuente menos digestible de fibra (por ejemplo la alfalfa), la pulpa de remolacha permaneció más tiempo en el ciego, con lo que se produjo una mayor cantidad de ácidos grasos volátiles y un menor pH a este nivel. El tiempo total de paso por el tracto digestivo o entre el ciego y el recto no varió en ambos casos, mientras que se mejoró la eficiencia en la degradación de la fibra con la remolacha. Así pues, un suplemento de fibra digestible estimularía la actividad microbiana cecal y favorecería su establecimiento en los gazapos de engorde. Así, con dietas a base de pulpa de remolacha se estabilizaría antes la flora cecal (hacia las 5 semanas de edad) que con respecto a una dieta con alfalfa (hacia las 7 semanas de edad).

Efectos de la ingestión de almidón

El almidón que no ha sido hidrolizado en el intestino delgado será rápidamente fermentado por la flora cecal. En los gazapos lactantes que reciben una alimentación con almidón, la proporción de éste que llegue al ciego va a ser mayor que en los de más edad debido a que la cantidad de amilasa pancreática presente en el intestino delgado y necesaria para hidrolizarlo es deficitaria y no se alcanzará su plena producción hasta las 6 semanas de edad. En una experiencia en gazapos de 6 semanas en el que se elevó el nivel de almidón del 16 al 25%, el contenido en el ileon de almidón se dobló, mientras que en el ciego fue del 6%. Esto sugiere que el almidón de la dieta puede tener un substancial papel, cuando interactúa con la fibra, en el control de la digestión en el tramo ceco-cólico del tracto digestivo.

En conejos adultos sometidos a restricción alimenticia, cuando se aumenta la cantidad de almidón en el ileon (sin cambios en el

aporte de fibra) se produce un aumento en la degradación de la fibra y un mayor tiempo de retención del alimento. En otra experiencia en la que se añadía pulpa de remolacha, se detectaron cambios significativos en los niveles de ácidos grasos volátiles en el ciego, contrariamente a lo señalado en la literatura. Esto podría explicarse por un aumento paralelo del almidón y de la pulpa de remolacha de la dieta (sin variar la ingesta), lo que afectaría a la actividad microbiana cecal.

Para poder separar el efecto del almidón del de la fibra se ha comparado la actividad fermentativa cecal y la producción diaria de biomasa bacteriana en conejos de engorde alimentados con una dieta rica en almidón «A» (almidón = 26,6 g/Kg MS) o una dieta rica en fibra digestible «FD» (hemicelulosa + pectina = 27,1 g/Kg MS), pero con un contenido similar en fibra ácido detergente (FAD = 20,5 g/Kg MS), de acuerdo con las recomendaciones para conejos. Las concentraciones cecales *in vivo* de ácidos grasos volátiles de los conejos alimentados con la dieta FD fueron mayores, al igual que la producción de biomasa bacteriana (excretada en las heces blandas y las duras). Sin embargo, la biomasa reciclada en las heces blandas (13% del alimento ingerido) no varió con el tipo de dieta, tal y como sí había ocurrido en otra experiencia usando heno de alfalfa, aunque los henos variaban en fibra neutro detergente.

Proteínas y lípidos

La cantidad de proteína bruta que penetra en el ciego y que está compuesta por la fracción indigestible de la dieta junto con la proteína endógena (descamaciones celulares, secreciones enzimáticas, etc), ha sido evaluada en los conejos adultos (suministrando dietas que contenían una fuente de proteína purificada) como un tercio de la cantidad de fibra neutro detergente (FND) en el ileon. Sin embargo, la cantidad de proteína bruta varía según las fuentes de fibra de la ración.

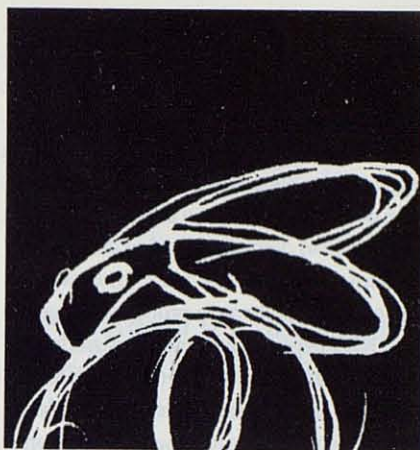
Las proteínas son fermentadas por la flora cecal y convertidas a amoníaco, el cual representa la mayor fuente para la síntesis de la proteína bacteriana (figura 3). La cantidad de amoníaco cecal oscila normalmente entre 4 y 18 mM/l, aunque algunos autores lo sitúan entre 25 y 30 mM/l. Además, existen otros procesos metabólicos

que contribuyen a la formación de amoníaco cecal. Así, alrededor del 25% del amoníaco cecal proviene del catabolismo de la urea sanguínea absorbida por la pared del ciego y convertida posteriormente a amoníaco por la flora ureolítica. Además, aproximadamente el 15% de la urea que se degrada en el ciego proviene del contenido del ileon.

Se supone, asimismo, que el amoníaco cecal no constituye un factor limitante para la síntesis de proteína microbiana, tal y como ocurre en el rumen de los rumiantes, por lo que podría resultar interesante reemplazar la proteína de la dieta por fuentes no proteicas de nitrógeno. Sin embargo, numerosos estudios han demostrado que sería una actuación ineficaz, ya que la mayor parte de la urea que se ingiere (el 90%) es hidrolizada y absorbida antes de que alcance el ciego. La urea solamente es utilizada eficientemente cuando se coloca directamente en el ciego. Por otro lado, en algunas experiencias se ha visto que la actividad celulolítica de las enzimas es más alta en dietas suplementadas con urea, y que ésta puede ser usada parcialmente por los gazapos en cebo para la síntesis de algunos aminoácidos. Más recientemente se ha señalado la posibilidad de uso del biuret en los gazapos en cebo debido a la presencia de una flora anaerobia específica a nivel cecal.

Existen pocos estudios sobre la actividad microbiana cecal en relación al aporte de proteína de la dieta. Se ha señalado que, aumentando el nivel de proteína bruta del 12,8 al 16% (sin cambios mayores en el nivel de FAD) se produce un aumento similar en la concentración de nitrógeno cecal y del pH cecal. Un exceso de proteína bruta puede favorecer la proliferación de *Clostridium* en los conejos adultos y el predominio de *E. coli*.

Las grasas insaturadas que no son digeridas en el intestino delgado de los monogástricos son hidrogenadas (aumenta el grado de saturación) por la flora cecocólica. En el conejo, sin embargo, puesto que el nivel de grasas en los piensos es baja (1 al 4%), la hidrogenación de las grasas por la flora cecal es, probablemente, un fenómeno de poca importancia. Existen pocos estudios sobre el efecto de las grasas y la actividad microbiana cecal. Solamente dos de ellos mencionan que la adición de grasas vegetales, en vez de animales, mejoran la digestibilidad de la fibra bruta, particularmente en las dietas de baja energía.



Aditivos

Existen «varios» aditivos cuyo propósito es la de modificar la composición del contenido cecal y/o la actividad microbiana cecal, entre los que se encuentran compuestos químicos, enzimas, sustancias tampones, acidificantes y microorganismos vivos.

Al principio las experiencias versaban sobre los intentos de control del pH cecal con objeto de impedir la proliferación de la flora perjudicial. Utilizando acético se consiguió una relativamente baja acidificación del contenido cecal, mientras que con lactosa o lactulosa no se consiguió, aunque esta última parece reducir las enteritis. Sin embargo, la evidencia de que una reducción del pH cecal previene las enteritis no ha podido ser demostrada.

Algunas experiencias han versado sobre el efecto de los oligosacáridos «sintéticos» (por ejemplo los obtenidos *in vitro* a partir de procesos de fermentación bacteriana). Estos compuestos son indigestibles en el intestino delgado, por lo que llegan íntegros al ciego y son rápidamente fermentados por la flora, pudiendo modificar la actividad microbiana, mejorando el crecimiento y/o el estado sanitario del animal. Sin embargo, no está todavía muy claro el efecto de los oligosacáridos sobre la fermentación cecal. Un aumento en los niveles de ácidos grasos volátiles han sido obtenidos usando galactooligosacáridos y fructooligosacáridos, aunque otras experiencias no han evidenciado efectos sobre la actividad fermentadora cecal. En cuanto al estado sanitario de los conejos, la adición de galactooligosacáridos ha mostrado efectos negativos, mientras que se ha demostrado los efectos beneficiosos de los fructooligosacáridos en conejos infectados experimentalmente con *E. coli*.

Los intentos para reducir el nivel de amoníaco cecal mediante los glicocomponentes de los extractos de la planta de la yuca han sido en vano, aunque se ha evidenciado una disminución en la mortalidad. De forma similar, la adición de probióticos (levaduras o lactobacilos) parece que no modifican de forma notable la fermentación cecal, aunque sí los parámetros de crecimiento y de mortalidad.

Alteraciones digestivas cecocólicas por un inadecuado aporte de nutrientes

La diarrea y la impactación cecal son los dos principales síntomas asociados con problemas digestivos a nivel cecocólico. Sin embargo no ha podido ser probada una relación entre la impactación cecal y los factores nutricionales. Por contra, existen varios estudios que demuestran un aumento en la incidencia de problemas digestivos cuando la relación entre fibra y almidón en la dieta es muy bajo. El antagonismo entre la conversión (la cual mejora cuando se reduce la relación fibra/almidón) y el estado sanitario del animal constituye uno de los principales problemas a los que debe

- Un suplemento de fibra
- digestible estimularía la
- actividad microbiana
- cecal y favorecería su
- establecimiento en los
- gazapos de engorde

afrontar la nutrición de los gazapos en el engorde. El contenido y funcionalidad cecal, así como la actividad microbiana a este nivel se encuentran profundamente afectadas en el caso de las enteritis (figura 8), existiendo pocos estudios sobre estos aspectos de la fisiología cecal para poder comprender mejor estas disfunciones cecocólicas.

Cuando se provocaban experimentalmente diarreas con coccidios, la motilidad del ciego se estimulaba, mientras que la del ileon y yeyuno se encontraban inhibidas.

Por otro lado, en conejos alimentados con raciones bajas en fibra se observó un aumento en la motilidad del colon proximal, el cual aparecía contraído y más delgado, detectándose igualmente un aumento en la retención del contenido en todo el tracto digestivo. Este hecho probablemente sea debido a una alta actividad antiperistáltica del colon proximal inducida por una alta proporción de finas partículas en una ración baja en fibra. Consecuentemente, aumenta el tiempo de retención cecal. Se hace difícil asegurar que la diarrea en el conejo se caracterice por una hipomotilidad del segmento cecocólico. A su vez, la actividad fermentativa cecal se ve afectada. En los conejos de 6 semanas de edad, las concentraciones en ácidos grasos volátiles descienden por debajo de los 50 mM/l, particularmente el butirato (pasando la relación de C3/C4 de 1,5 a 8 o más) y el pH que aumenta en más de 0,5 puntos. Además aumenta la variabilidad del tipo de fermentación cuando se usan dietas bajas en fibra. La flora cecocólica podría verse afectada en su composición, aunque no existen pruebas evidentes que muestren un aumento o disminución de los *E. coli* y/o los clostridios. Puede afirmarse que los factores nutricionales, tales como la relación fibra/almidón, actúan como agentes permisivos que aumentan la frecuencia de problemas digestivos. Por ejemplo, una dieta con un 3% de proteína bruta no provoca diarrea en condiciones experimentales a menos que otros condicionantes desfavorables (agentes patógenos, estrés, manejo, etc) se encuentren también presentes. Solamente pueden aventurarse hipótesis sobre cómo afectan la fibra y el almidón a la fisiología digestiva cecal, aunque éstas no se encuentran plenamente corroboradas por los resultados experimentales.

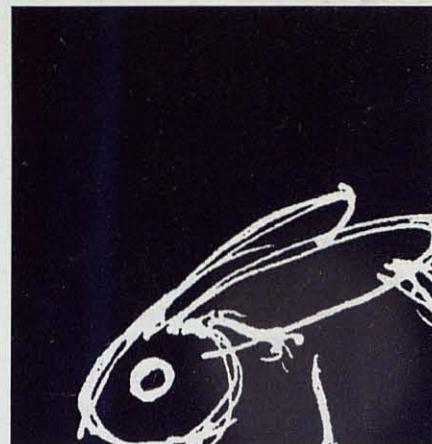
Numerosas experiencias no han observado una estrecha relación entre la concentración de ácidos grasos volátiles y el pH, o entre la flora por *E. coli* y el pH cecal. Un estudio en gazapos de 29 a 49 días de edad muestra que, mientras el pH va disminuyendo durante este periodo, la flora por *E. coli* permanece estable.

El efecto favorable de una fibra poco digestible (lignocelulosa) podría deberse al control que ejercería sobre el ritmo de paso del contenido digerido, particularmente en el tramo cecocólico. Además, los efectos de los factores que contribuyen a aumentar el tiempo de retención (bajo nivel de fibra,

menor tamaño de las partículas del pienso, restricción de alimento) contribuyen a desestabilizar la actividad microbiana cecal y a favorecer las enteritis.

Una dieta alta en fibra y pobre en almidón podría afectar negativamente a la fermentación cecal debido a que a este nivel llegaría una cantidad demasiado pobre de azúcares fermentables. Por otro lado, un exceso de los mismos conllevaría problemas digestivos. Más específicamente, la cantidad de glucosa (originada por la degradación del almidón) favorecería el crecimiento de algunas especies patógenas, tales como *Clostridium spiroforme*. Sin embargo, el conejo reduce la ingestión de pienso cuando el nivel de fibra en éste es baja, lo que se traduce en que la ingestión del almidón permanece constante. En estas condiciones, el flujo ileal de almidón sería similar en una ración rica o pobre en fibra, por lo que la fibra no constituiría un factor primario de desestabilización de la función cecal. Sin embargo, en los gazapos próximos al destete podríamos suponer que esta regulación de la ingesta no se encuentra todavía lo suficientemente desarrollada, al igual que su actividad enzimática pancreática. La combinación de estos dos factores conllevaría un exceso de almidón en el ciego que favorecería los trastornos digestivos. Además, la cantidad de almidón en el ileon podría variar para una misma ingesta (por ejemplo usando un almidón poco digestible), constituyendo un importante factor de desestabilización de la flora cecal. Hay que añadir que cuando se alimentan conejos con más de un 20% de almidón de patata se detecta un alto contenido en agua en las heces, lo que podría considerarse como un estado previo a la diarrea. Esto mismo ha sido observado en conejos alimentados con dietas ricas en glucooligo-sacáridos, quienes producen glucosa al ser hidrolizados por las bacterias cecales.

En un trabajo de investigación se valoró la actividad fermentadora cecal de gazapos en engorde con una alta o baja ingestión de almidón en sustitución de la fibra digestible, pero ingiriendo una similar cantidad de fibra ácido detergente. Los animales que consumían la dieta alta en almidón y baja en fibra digestible murieron la mayoría mostrando síntomas digestivos (diarrea), mientras que los que comieron la ración baja en almidón y alta en fibra digestiva no. Las fibras digestibles que penetraban en el ciego eran pectinas (principalmente de la



pulpa de remolacha) y hemicelulosas (principalmente del salvado de trigo), las cuales eran fermentadas respectivamente a ácidos galacturónicos y pentosas. Esto conduce a una alta actividad fermentativa cecal y de producción de biomasa. El mejor estado de salud de estos conejos se producirá como resultado del efecto barrera que ejerce la flora cecal simbiótica fibrolítica frente a las especies patógenas. Por otro lado, la cantidad de glucosa que penetra en el ciego sería menor que con raciones a base de almidón, y este hecho podría favorecer el desarrollo de bacterias patógenas. Sin embargo no se hallaron cambios en el tiempo de tránsito ceco-rectal en ninguna de las dos dietas, mostrando que en estas condiciones de igualdad en la ingestión fibra ácido detergente, el ritmo de llenado y vaciado cecal no era un importante factor a considerar en el control de la actividad microbiana cecal.

De hecho, las recomendaciones en el nivel de lignocelulosa parecen no ser suficientes como para prevenir los problemas digestivos en los gazapos en crecimiento. El nivel de almidón debe ser también considerado, a pesar del nivel en fibra ácido detergente, en las fórmulas para gazapos en crecimiento. Las interacciones entre la patología cecal y el establecimiento de una actividad microbiana cecal deben, asimismo, ser consideradas. Por ejemplo, la susceptibilidad del conejo hacia cepas enteropatógenas de *E. coli* (O103) es baja antes de los 42 días de edad. Los resultados previos han mostrado que la actividad microbiana cecal cambia enormemente entre las 3 y las 5 semanas de edad. Consecuentemente, los tratamientos destinados al control de la actividad microbiana cecal (nutrientes, aditivos, etc) deben aplicarse tan pronto como se inicie la ingestión de alimento sólido (hacia las 3 semanas de edad). □