

IMPORTANCIA DEL TIPO DE FIBRA: NUEVOS CONCEPTOS Y EJEMPLOS PARA SU APLICACIÓN EN CUNICULTURA

Javier García¹, Rosa Carabaño¹, Carlos de Blas¹ y Anabel García².

¹ Departamento de Producción Animal. UPM.

² NUTRECO Poultry and Rabbit Research Center.

1.- INTRODUCCIÓN

La fibra es el constituyente mayoritario del pienso de conejos representando entre un 40 y un 50% del mismo. Su importancia para el animal radica en su influencia sobre la velocidad de tránsito, y en que constituye un sustrato importante para el crecimiento de la microbiota, factores todos ellos directamente relacionados con la salud y los rendimientos productivos del conejo.

El concepto de fibra, su cuantificación y caracterización tanto del contenido total como del de sus diferentes constituyentes son temas en permanente revisión y discusión. Esto se debe tanto a la compleja organización física y composición química de la pared celular vegetal, como a la diversidad de tipos de células, y por tanto de paredes celulares, que componen los distintos tejidos vegetales. Esto hace que, por ejemplo, no exista ningún método o combinación de métodos analíticos que ofrezcan un análisis cuantitativo completo de todos los componentes de esta fracción.

Tradicionalmente se ha prestado más atención a la fracción insoluble de la fibra, lo que se refleja en que las recomendaciones nutricionales se refieren exclusivamente a la fracción insoluble. Esta supone alrededor del 75% de la fibra total, puede ser cuantificada por medio de técnicas relativamente sencillas y es la fracción del alimento que mejor predice el valor energético del pienso. Además, numerosos estudios han demostrado que el conejo requiere un mínimo de fibra insoluble que se encuentra entre el 30 y el 33% de fibra

neutro detergente (FND). Niveles inferiores ralentizan el tránsito digestivo, reducen los rendimientos productivos e incrementan el riesgo de padecer patologías digestivas (De Blas y Mateos, 1998; Gidenne y García, 2007). No solo el nivel de fibra insoluble es importante para el animal, sino también sus características químicas (grado de lignificación) y físicas (tamaño de partícula) dado que afectan a la velocidad de tránsito y a su fermentabilidad (Nicodemus et al., 1999 y 2006). También se ha demostrado que otras características de la fibra insoluble como su capacidad de hidratación y capacidad tampón influyen sobre la fisiología del animal (García et al., 2000).

Por el contrario, existen muy pocos trabajos que estudien el efecto que ejerce la fibra soluble sobre el animal, pese a que pueda tener una mayor influencia sobre la microbiota intestinal que la fibra insoluble, debido a su mayor fermentabilidad. Esto se debe a que es la fracción minoritaria de la fibra, así como a su heterogeneidad y a la dificultad metodológica en cuantificar y caracterizar esta fracción. Una de las propiedades físicas más importantes de la fibra soluble puede ser su capacidad de formar geles y producir viscosidad en el tracto digestivo, pero ésta apenas ha sido estudiada en conejos.

Buena parte de los efectos que ejerce la fibra sobre el animal dependen de la repercusión que ésta tiene sobre la microbiota intestinal. Sin embargo, el estudio de cómo influye cualquier componente del pienso sobre la microbiota es extremadamente complicado dado que las técnicas de cultivo clásicas únicamente permiten trabajar con aproximadamente la cuarta parte de la microbiota de un animal. Por ello, para tratar de estimar la actividad microbiana en el ciego, se ha recurrido a otras determinaciones como la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV), la actividad fibrolítica o la cantidad de nitrógeno microbiano sintetizado, si bien, en muchas ocasiones no parecen reflejar adecuadamente los cambios que tienen lugar en la población microbiana (Abecia, 2006). Este hecho sugiere que una parte de los efectos que puede ejercer la fibra sobre los microorganismos probablemente no puedan ser ni tan siquiera identificados mediante las técnicas 'tradicionales'. El desarrollo de nuevas técnicas moleculares para la caracterización de la microbiota intestinal permite disponer de más información sobre lo que sucede con la población microbiana y, por tanto, identificar 'nuevos' efectos de los distintos componentes del pienso.

El objetivo de esta revisión no es hacer una recopilación exhaustiva del papel que tiene la fibra en el conejo, para lo que ya disponen de revisiones presentadas en este mismo foro (Carabaño et al., 1997; De Blas y Nicodemus, 2001; De Blas et al., 2002; Carabaño et al., 2005), sino exponer las últimas novedades en relación a la cuantificación y caracterización de la fracción fibrosa del pienso, así como el efecto que ejerce ésta sobre la microbiota intestinal y los rendimientos productivos del conejo en crecimiento.

2.- METODOLOGÍA PARA CUANTIFICAR Y CARACTERIZAR LA FIBRA

La definición de fibra es clave para determinar la validez de la metodología utilizada. La heterogeneidad en la matriz tridimensional de las paredes celulares vegetales hace que no se disponga de sustancias que puedan utilizarse como estándares para establecer la validez de los distintos métodos de análisis de la fibra. El concepto de fibra dietética que se ha utilizado en humana, y extendido a todos los mamíferos, ha sido periódicamente revisado y matizado (Hispley, 1953; Burkitt et al., 1972; Trowell, 1974; De Vries and Rader, 2005), y se define como los componentes del alimento resistentes a la degradación por los enzimas de los mamíferos y a la absorción en el intestino, y que pueden ser fermentados parcial o totalmente en el tracto intestinal. Esto supone que la fibra dietética únicamente puede ser verdaderamente determinada a través de balances digestivos en el animal. La estimación indirecta de esta fibra dietética se puede realizar por distintas metodologías (revisadas por Bach Knudsen, 2001, y Mertens, 2003) donde los constituyentes no fibrosos son extraídos bien solubilizándolos con soluciones químicas, hidrolizándolos enzimáticamente o mediante una combinación de ambos procedimientos. Una vez aislado, el residuo de fibra puede ser medido gravimétricamente (pesando el residuo) o químicamente (hidrolizando el residuo y midiendo los componentes individuales: azúcares y lignina), lo que da lugar a tres tipos de métodos: químico-gravimétricos, enzimático-gravimétricos y enzimático-químicos. De esta manera se puede cuantificar la fibra dietética total (polisacáridos no amiláceos y lignina), y fraccionarla en fibra insoluble y fibra soluble en agua, así como obtener su composición en monosacáridos. La combinación de la cuantificación de los monosacáridos constituyentes de la fibra con información química complementaria puede permitir describir mejor la estructura de la fibra. De ésta dependen sus propiedades físico-químicas y, por tanto, el efecto que ejerce sobre la fisiología digestiva y digestibilidad en el animal. Sin embargo estos métodos son complejos, caros, poco reproducibles (en especial cuando se analizan los monómeros) y difíciles de implementar como métodos rutinarios de análisis.

Hay definiciones alternativas que hacen otra aproximación a la fisiología del animal. Mertens (2003) propone definir la fibra dietética insoluble para los animales herbívoros, considerando sus particularidades digestivas, ya que ésta condiciona la digestibilidad y la velocidad de tránsito en los mismos. La fibra dietética insoluble se define como la fracción orgánica del alimento que es indigestible (lignina) o lentamente digestible (mayoritariamente hemicelulosa y celulosa) y que ocupa espacio en el tracto gastrointestinal. Esta definición acepta que dentro de la fibra se incluyan constituyentes que no procedan del reino vegetal, y excluye los polisacáridos solubles y/o rápidamente fermentables (pectinas, fructanos). Estos no ocupan espacio en un medio líquido, presentan digestibilidades similares a las de los principios inmediatos contenidos en el citoplasma celular y sus efectos sobre la salud y el rendimiento de los animales herbívoros están poco estudiados. La cuantificación de la fibra dietética insoluble se realiza mediante el análisis

de FND de Van Soest (Mertens, 2002), que es un método más sencillo, rápido, económico y reproducible que las determinaciones de fibra insoluble de los métodos derivados de la definición de fibra dietética, y con el que se obtienen valores muy similares a los obtenidos con estos últimos (cuadro 1). A pesar de estas ventajas, el método de FND suele ser criticado por su variabilidad entre laboratorios, sobre todo cuando se compara con el análisis de otros principios inmediatos (Xiccato et al., 1996). Esto se debe, en parte, a las distintas maneras de realizar este análisis debido a la variada metodología existente (Van Soest and Wine, 1967; Robertson y Van Soest, 1980; Mertens, 2002) y a las diferentes adaptaciones de las mismas utilizadas por los distintos laboratorios.

Cuadro 1.- Comparación de los valores de fibra insoluble y soluble obtenido por diferentes métodos (adaptado de Bach Knudsen, 1997; Hall, 1997 y Mertens, 2003)

	Insoluble		Soluble	
	Fibra dietética	FND	PNA ¹	FSND ²
Maíz	9,9	9,5	0,9	—
H. soja	17,0	14,9	6,3	—
Salvado	43,4	42,5	1,5	—
Pulpa remolacha	40,7	45,8	40,7	37,3
H. hierba	52,7	57,7	3,1	3,4
H. alfalfa	38,0	41,6	7,7	17,7

¹ Polisacáridos no amiláceos. ² Fibra soluble en solución neutro detergente.

Por ello, Uden et al. (2005) abogan por una mejor descripción de la metodología utilizada para la determinación de la FND (cuadro 2) y recomiendan que se siga el procedimiento descrito por Mertens (2002) (donde la FND se expresa libre de cenizas, e incluye la utilización de amilasa y sulfito sódico –que facilita la filtración y la extracción de la proteína, pero también extrae parte de la lignina y de los compuestos fenólicos-). También el Grupo Europeo de Investigación en Cunicultura ha propuesto algunas recomendaciones para la determinación de los principios inmediatos con el fin de conseguir resultados que sean más comparables entre laboratorios (Gidenne et al., 2001).

Otros métodos alternativos para cuantificar la fibra insoluble son la fibra ácido detergente (FAD) y la fibra bruta (FB), determinados por la metodología de la AOAC, si bien ninguno cumple con las definiciones de fibra dietética o insoluble mencionadas. La FAD no cuantifica toda la fibra insoluble dado que solubiliza las hemicelulosas. Además en el residuo incluye a las pectinas, salvo que se realice la determinación tras la extracción con solución neutro detergente. El principal inconveniente de la FB radica en la gran variabilidad en la composición química del residuo, dado que dependiendo del alimento se puede solubilizar hasta el 60% de la celulosa, el 80% de las hemicelulosas y el 95% de la lignina. De esta forma, en un 25% de los alimentos estudiados por Morrison (1956) la digestibilidad de la FB fue mayor que la de los materiales extractivos libres de nitrógeno.

Esto hace que estas determinaciones no tengan una gran utilidad para explicar algunos de los efectos que ejerce la fibra sobre el animal, si bien, ambas han mostrado su validez como predictoras del valor energético del alimento en conejos (Wiseman et al., 1992) y muestran una reproducibilidad similar o mejor que la FND.

Cuadro 2.- Nomenclatura propuesta por Uden et al. (2005) para las determinaciones de fibra del esquema de Van Soest.

aFNDmo = aNDFom	FND realizada con amilasa termoestable y expresada libre de cenizas.
FNDmo = NDFom	FND realizada sin amilasa termoestable y expresada libre de cenizas.
aFND = aNDF	FND realizada con amilasa termoestable y expresada incluyendo las cenizas.
FND = NDF	FND realizada sin amilasa termoestable y expresada incluyendo las cenizas.
FADmo = ADFom	FAD expresada libre de cenizas.
FAD = ADF	FAD expresada incluyendo las cenizas.
Lignina (as) = Lignin (sa)	Lignina determinada por solubilización de la celulosa con ácido sulfúrico.
Lignina (pm) = Lignin (pm)	Lignina determinada por oxidación de la misma con permanganato.

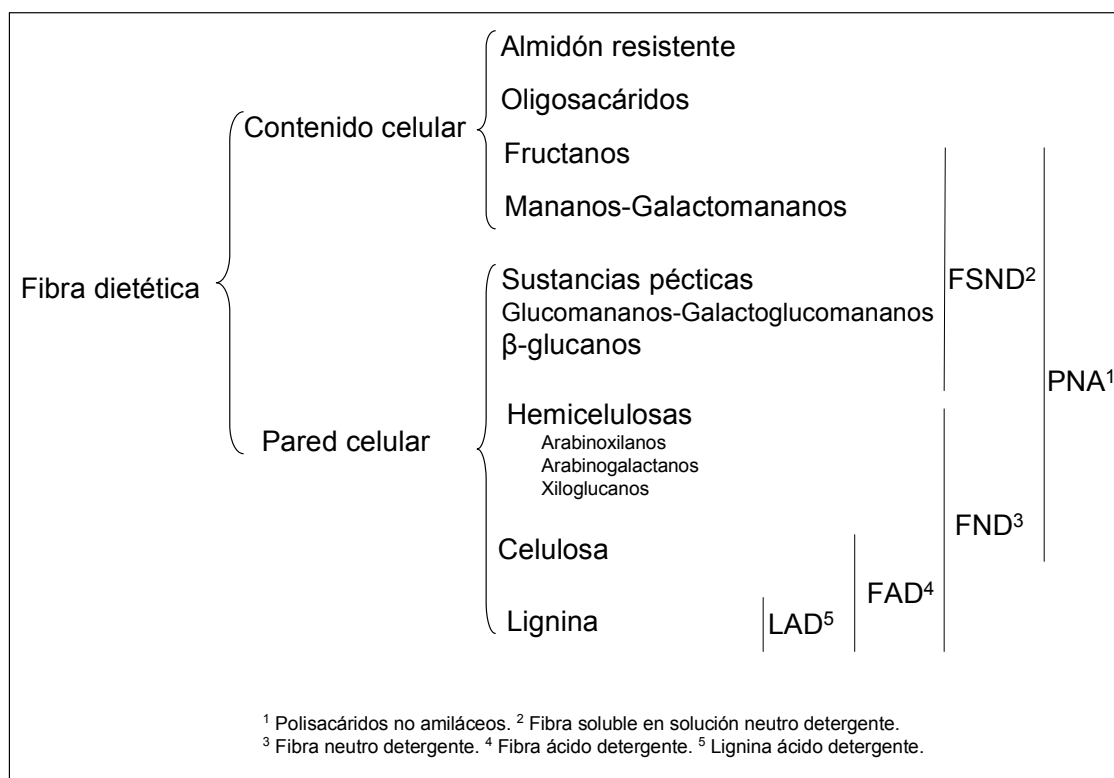
Las características de la fibra insoluble más importantes son su grado de lignificación y tamaño de partícula. El contenido en lignina se determina mediante el método de lignina ácido detergente –con sulfúrico- (LADs) descrito por Robertson y Van Soest (1981). Este método requiere la extracción previa con solución ácido detergente. Es un método más laborioso y variable que la FND (Xiccato et al., 1996). Otra característica importante de la fibra insoluble es su tamaño de partícula, en especial la proporción de partículas mayores de 0,3 mm. Su determinación tampoco es sencilla, dada la dificultad en separar las partículas de fibra del resto. Hay que tener en cuenta que partículas grandes del endospermo ricas en almidón o proteína van a ser digeridas en el intestino delgado y, por tanto, no ejercen la misma función sobre el tránsito que las partículas de fibra. El único método utilizado para su determinación es mediante tamizado en húmedo de la muestra según describen García et al. (1999) y Lebas y Lamboley (1999), y posterior molienda y análisis del contenido en FND en cada uno de los tamices utilizados, obteniéndose así el porcentaje de partículas fibrosas mayores de 0,3 mm (Nicodemus et al., 2004).

La cuantificación y caracterización de la fibra soluble es más compleja que la de la fibra insoluble. El término fibra soluble nos plantea en primer lugar la pregunta: ¿soluble en qué y en qué condiciones? Muchos de los métodos mencionados para la determinación

de la fibra dietética contemplan la cuantificación de la fibra soluble mediante su solubilización con una solución acuosa con un tampón fosfato, su precipitación con un alcohol etílico diluido, pesada del residuo y corregido por su contenido en proteína y cenizas. Sin embargo, Theander et al. (1994) comprobaron que con esta metodología no siempre se recuperaba toda la fibra soluble. Además, la complejidad metodológica de estos métodos dificulta que se utilicen en la práctica de una manera rutinaria. Una alternativa es la cuantificación de la fibra que se solubiliza en la determinación de la FND, es decir, la fibra soluble en solución neutro detergente (FSND), propuesto por Hall (1997). Esta se determina por diferencia entre la fibra total y la FND, con la ventaja de cuantificar toda esta fracción. Sin embargo, estos métodos tienen el inconveniente de que utilizan disolventes que no tienen mucho que ver con los que solubilizarían la fibra en el tracto digestivo del conejo, por lo que no está claro que los valores que se obtengan se correspondan con los reales y ayuden a explicar los efectos fisiológicos observados en el animal. Finalmente, otra posibilidad es calcular el contenido en fibra soluble por diferencia, restándole al contenido en materia orgánica del alimento el contenido en proteína, grasa, azúcares, almidón y fibra insoluble (FND).

En la figura 1 se muestra un esquema de cómo se podrían cuantificar los distintos constituyentes de la fibra por la metodología derivada del esquema de Van Soest, que en la práctica es la alternativa más viable.

Figura 1.- Componentes mayoritarios de la fibra dietética y forma de cuantificación (adaptado de Hall, 2003)



Una alternativa a la determinación del valor de fibra insoluble del pienso es su estimación por medio de la tecnología NIR. Esta metodología permite estimar con bastante precisión el contenido del pienso en materia seca, proteína bruta, extracto etéreo y almidón, así como su valor energético. Sin embargo, por este procedimiento la FAD es la única fracción fibrosa que puede ser estimada satisfactoriamente, mientras que tanto el contenido en FND como el de LAD son estimados con menor precisión (Xiccato et al., 2003).

3.- EFECTO DEL TIPO DE FIBRA SOBRE LA MICROBIOTA INTESTINAL

La actividad fibrolítica de la microbiota del conejo tiene lugar en el intestino delgado y en el ciego, predominando en ambos segmentos la actividad pectinolítica frente a la xilanolítica y celulolítica (Marounek et al., 1995). Los factores de variación de esta actividad fibrolítica se desconocen, si bien a nivel cecal parece que un pienso deficitario en fibra podría reducirla (Gidenne et al., 2000 y 2002). El resultado de esta actividad queda reflejado en la digestibilidad que muestran distintas fuentes de fibra tanto en a nivel ileal como cecal. El monómero que mejor se digiere en el íleon son los ácidos urónicos que son uno de los constituyentes más importantes de las pectinas. De hecho se estima que alrededor del 75-80% de la fibra fermentada a nivel ileal son pectinas, es decir, la parte más soluble de la fracción fibrosa (Gidenne, 1992; Carabaño et al., 2001). Por el contrario la glucosa y la xilosa, que son los monómeros mayoritarios de la mayor parte de las fuentes de fibra, mostraron una digestibilidad ileal muy inferior, incluso con valores próximos a cero. De esta actividad microbiana se liberan al medio intestinal AGV, que a nivel cecal tienden a aumentar cuadráticamente con el nivel de fibra y a reducirse con su grado de lignificación (García et al., 2002).

A partir de toda esta información resulta difícil inferir qué repercusiones pueden tener estas observaciones sobre el animal, si no la complementamos con el estudio del efecto directo que ejerce la fibra sobre la microbiota, dado que esta última va a ser la encargada de ejercer sobre el animal buena parte de los efectos derivados de la fracción fibrosa del pienso. En este sentido, el desarrollo de nuevas técnicas moleculares como el RFLP (Restriction fragment length polymorphism) permiten profundizar en el conocimiento de la microbiota intestinal.

La utilidad de la técnica de RFLP en el estudio del efecto de la fibra sobre la microbiota intestinal se ha puesto de manifiesto en dos experimentos realizados en colaboración entre microbiólogos y nutricionistas (CReSA-Barcelona y UPM-Madrid). Los factores nutricionales que se estudiaron fueron el nivel de fibra -insoluble y soluble- y el tipo de fibra -tamaño de partícula- (Nicodemus et al., 2004, Gómez-Conde et al., 2006, Gómez-Conde et al., sin publicar). Estos experimentos se realizaron en una granja afectada

por enteropatía mucoide y se utilizaron animales destetados a 25 d, bien medicados o sin medicar. En el cuadro 3 se muestra un resumen de los resultados obtenidos. La mortalidad se minimizó utilizando un contenido en fibra insoluble y soluble del 30% (FND) y del 12% (FSND), respectivamente. En el trabajo donde se estudió el nivel de fibra soluble, el descenso de la mortalidad estuvo ligado a una reducción de los animales que presentaban en el ciego *C. perfringens*. La importancia de esta bacteria radica en que una de sus cepas produce una toxina que puede ser la responsable de la mortalidad producida por la enteropatía mucoide (Pérez de Rozas et al., 2005).

Cuadro 3.- Efecto del nivel y del tipo de fibra sobre la biodiversidad, la proporción de animales donde se detectaron bacterias potencialmente patógenas y la mortalidad en conejos. (Nicodemus et al., 2004; Gómez-Conde et al., 2006 y resultados no publicados; Adaptado de Carabaño et al., 2007).

		Reducción del nivel de fibra (30 vs. 25% FND)	Incremento del tamaño de partícula de la fibra (normal vs. largo)	Incremento del nivel de fibra soluble
Biodiversidad	Ileon	Aumenta	Disminuye	Sin efecto
	Ciego	Disminuye	Disminuye en piensos con 25% FND	Sin efecto
<i>C. perfringens</i>	Ileon	Sin efecto	Sin efecto	Sin efecto
	Ciego	Sin efecto	Sin efecto	Descenso
Otras bacterias	Ileon	Aumento <i>Bacteroides</i>	Descenso <i>E. Coli</i> , <i>Helicobacter</i> y <i>Yersinia</i> . Aumento de <i>Ruminococcus</i> .	Descenso <i>Campylobacter</i> .
	Ciego	Descenso <i>Bacteroides</i> y <i>Ruminococcus</i>	Descenso de <i>Helicobacter</i> y <i>Propionibacterium</i>	Descenso <i>Campylobacter</i>
Mortalidad		Aumenta	Sin efecto	Disminuye

En estos experimentos también se ha observado que algunas bacterias oportunistas potencialmente patógenas y que están ligadas a la mucosa, como *Campylobacter*, *Yersinia* o *Helicobacter*, parecen ser más sensibles a los cambios del pienso a nivel ileal más que a nivel cecal. La fibra soluble no afectó a la presencia de bacterias fibrolíticas con propiedades potencialmente probióticas como *Bacteroides fragilis*, *Butirivibrio fibrosolvens*, *Propionibacterium* spp. y *Ruminococcus* spp, algunas de las cuales si se vieron afectadas por el nivel de fibra insoluble y el tamaño de partícula.

En lo que se refiere a la estructura de la microbiota, en lechones se ha observado que una población microbiana con menor biodiversidad favorece la proliferación de *C. perfringens*. Así los cerdos alimentados parenteralmente mostraron una mayor presencia de *C. perfringens* con respecto a los que se les suministró alimento sólido. Sin embargo, en los experimentos realizados con conejos no se observó relación alguna entre la presencia de *C. perfringens* y la biodiversidad, pese a que parece que un incremento de la biodiversidad a nivel ileal podría provocar un incremento de la mortalidad. Esta observación no concuerda con lo que sugieren algunos autores (Zoetendal et. al., 2004) que consideran que una mayor biodiversidad supone la existencia de un ecosistema microbiano más estable (y, probablemente, más saludable para el animal). En todo caso, este índice podría utilizarse como un indicador de salud intestinal si estos resultados se confirmasen.

Estos primeros resultados ponen de manifiesto que los cambios que se producen en el pienso, pese a no afectar siempre a la salud del animal (como la modificación exclusivamente del grado de molienda de las fuentes de fibra), influyen sobre la composición de la microbiota intestinal y que, por tanto, disponemos de la posibilidad de modificar el perfil microbiano del intestino a través del pienso. Además, hay que señalar el enorme potencial que tiene la técnica de RFLP, la cual genera una gran cantidad de información. La dificultad radica, a día de hoy, en interpretar adecuadamente los resultados, dado que las interacciones que pueden existir entre los distintos microorganismos entre si y entre éstos y los distintos componentes del pienso no lo facilitan.

4.- EFECTO DEL TIPO DE FIBRA: ENSAYOS DE CAMPO

El efecto positivo de la inclusión de niveles moderados de fibra soluble sobre el estado sanitario de los conejos también ha sido comprobado por Soler et al. (2004). Sin embargo, este incremento de la fibra soluble manteniendo un nivel relativamente reducido de fibra insoluble no concuerda con la recomendación propuesta por Gidenne (2003) para reducir el riesgo de problemas digestivos de mantener la relación fibra digestible (pectinas + hemicelulosas)/FAD por debajo de 1,3, por lo que se hace necesario profundizar en las necesidades de fibra soluble/fermentable y en el equilibrio que deben de guardar con la fibra insoluble.

En este sentido, se realizó un experimento con mayor número de animales, en cuatro granjas diferentes, utilizando dos piensos con un 31% FND y 21% almidón, y un nivel moderado y bajo de fibra soluble (incluyendo pulpas y paja, respectivamente), a los que se acompañó de otro pienso donde se redujo el nivel de almidón –hasta un 11%- a costa de incrementar la fibra soluble e insoluble -37% FND- (Margüenda et al., 2006). El efecto del pienso dependió de la granja, de tal forma que los piensos no ejercieron los

mismos efectos en todas las granjas. En una de las granjas (sin medicación), el pienso con un 31% de FND y un contenido moderado de fibra soluble redujo la mortalidad, mientras que el pienso más fibroso (bajo en almidón) y con mayor nivel de fibra soluble redujo la mortalidad en la granja con peor estado sanitario (y con medicación). En otras dos granjas, también con medicación, no se detectó efecto alguno de los piensos. La utilización del pienso con mayor contenido en fibra y menor de almidón empeoró tanto la eficacia alimenticia como el rendimiento a la canal, si bien, en la granja con peor estado sanitario, en la que este pienso redujo la mortalidad, también mejoró la eficacia alimenticia, pero no el rendimiento a la canal debido al mayor peso del tracto digestivo.

En esta línea, Fabre et al. (2006) al reducir el contenido en almidón hasta un 5% sustituyéndolo por fibra soluble e insoluble (41% FND) observaron que el pienso con menor contenido en almidón y mayor contenido en fibra redujo la mortalidad en todas las granjas (3, todas ellas con medicación). En este experimento el incremento del nivel de fibra de nuevo tendió a reducir el rendimiento a la canal. Por el contrario, Volek et al. (2005) cuando sustituyeron almidón por pulpa de remolacha observaron una tendencia a aumentar la mortalidad. Sin embargo, estos autores consiguieron reducir la mortalidad cuando suplementaron la pulpa de remolacha con inulina, lo que relacionan con la capacidad prebiótica de la misma. Esta mezcla incrementó la concentración cecal de AGV y redujo su pH, resultados también observados por Castellini et al. (2007). Estos autores al estudiar algunas características del sistema inmune no detectaron cambios que explicasen la mejora de la salud de los conejos suplementados con inulina. Finalmente, en condiciones de ausencia de mortalidad, un incremento del nivel de fibra soluble utilizando pulpa de manzana redujo la ingestión y el crecimiento, mejorando ligeramente la eficacia alimenticia (Álvarez et al., 2006). Este efecto es similar al observado con la inclusión de cantidades importantes de pulpa de remolacha (García et al., 1993; Motta Ferreira et al., 1996). Tanto la acumulación de digesta en el ciego (no observada en este trabajo) como un hipotético incremento de la viscosidad a nivel intestinal (no determinada, pero observado por Volek et al., 2005) podrían explicar la reducción de la ingestión.

Todos estos experimentos parecen indicar la importancia que puede tener el nivel de fibra soluble del pienso (variable que hoy no es controlada en la formulación) para minimizar los efectos de la enteropatía mucoide, así como el equilibrio que guarde con la fibra insoluble. Sin embargo, es necesario profundizar más en la forma de actuación de la fibra soluble, y en concreto sobre su influencia sobre la microbiota intestinal, dado que Peters et al. (1995) la relacionaron con la enterotoxemia causada por *Clostridium spiroforme*.

En este sentido, estos resultados parecen sugerir que la microbiota presente en cada una de las granjas podría haber sido distinta (no se determinó en ningún caso) lo que podría explicar la distinta respuesta de los animales ante un mismo pienso dependiendo de

la granja de origen. De confirmarse esta hipótesis implicaría que cuando se producen procesos patológicos graves en las granjas puede ser necesario formular piensos específicos en función de la población microbiana de cada granja. En todo caso, se hace necesario profundizar más en este tema y aclarar a qué se deben los distintos resultados obtenidos en las granjas, así como si estos efectos pueden depender del origen de la fibra soluble.

Para concluir, en el cuadro 4 se muestran las últimas recomendaciones de hidratos de carbono propuestas para gazapos en crecimiento por el INRA y la UPM.

Cuadro 4.- Recomendaciones de fibra y almidón para animales en crecimiento para evitar problemas digestivos (Gidenne y García, 2007).

Unidad ¹	INRA		UPM	
	Postdestete (28-42d edad)	Cebo (42-70d edad)	Postdestete (25-39d edad)	Cebo (39-70d edad)
FND	≥310	≥270	300≤FND<360	320≤FND<350
FAD	≥190	≥170	–	160≤FND<185
LAD	≥55	≥50	–	≥55
FAD-LAD (celulosa)	≥130	≥110	–	–
Lignina/celulosa	>0.40	>0.40	–	–
FND-FAD (hemicelulosa)	>120	>100	–	–
Fdig ² /FAD	≤1.3	≤1.3	–	–
Fibra soluble (NDSF ³)	–	–	120	–
Partículas > 0.3 mm	–	–	–	> 210
Almidón	–	–	<200	145<almidón<175

¹g.kg⁻¹ en fresco.

²Fibra digestible = [hemicelulosas (FND-FAD) + pectinas insolubles en agua].

³Según Hall et al. (1997)

5.- REFERENCIAS

ABECIA, L. (2006) Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.

ALVAREZ, J.L., MARGÜENDA, I., GARCIA-REBOLLAR, P., CARABAÑO, R., DE BLAS, J.C. y GARCIA-RUIZ, A.I. (2006) *Actas del XXXI Symposium de Cunicultura*. Lorca. pp. 79-87.

BACH KNUDSEN, K. E. (1997) *Anim. Feed Sci. Technol.* **67**: 319-338.

BACH KNUDSEN, K. E. (2001) *Anim. Feed Sci. Technol.* **90**: 3-20.

BURKITT, D.P., WALKER, A.R.P. y PAINTER, N.S. (1972) *Lancet* **2**: 1408-1412.

- CARABAÑO, R., DE BLAS, C., GARCÍA J., NICODEMUS, N. y PÉREZ DE AYALA, P. (1997) En: *XIII Curso de Especialización FEDNA*. pp 82-98.
- CARABAÑO, R., GARCÍA, J. y DE BLAS, J.C. (2001) *Anim. Sci.* 72: 343-350.
- CARABAÑO, R., REBOLLAR, P.G., GÓMEZ CONDE, M.S., CHAMORRO, S., GARCÍA, J. y DE BLAS, C. (2005) En: *XXI Curso de Especialización FEDNA*. pp 112-129.
- CARABAÑO, R., BADIOLA, I., LICOIS, D. y GIDENNE, T. (2007) En: *Recent Advances in Rabbit Research*. Servicio de publicaciones de la UPV, Valencia, España. (en prensa).
- CASTELLINI, C., CARDINALI, R., REBOLLAR, P.G., DAL BOSCO, A., JIMENO, V. y COSSU, M.E. (2007) *Anim. Feed Sci. Technol.* (en prensa).
- DE BLAS, C. y MATEOS, G.G. (1998) En: *The Nutrition of the rabbit*. De Blas., J.C., Wiseman, J. (Eds). Commonwealth Agricultural Bureau, Wallingford, Reino Unido, pp. 241-253.
- DE BLAS, C., y NICODEMUS, N. (2001) En: *XVII Curso de Especialización FEDNA*. pp. 72-92.
- DE BLAS, C., GARCÍA, J., GÓMEZ-CONDE, M.S. y CARABAÑO, R. (2002) En: *XVIII Curso de Especialización FEDNA*. pp. 72-93.
- DE VRIES, J.W. y RADER, J.I. (2005) *J. AOAC Int.* 88: 1349-1366.
- FABRE, C., JUVERO, M.A., BLAS, E., FERNÁNDEZ-CARMONA, J. y PASCUAL, J.J. (2006) En: *Actas del XXXI Symposium de Cunicultura*. Lorca. pp. 67-72.
- GARCÍA, G., GÁLVEZ, J.F. y DE BLAS, C. (1993) *J. Anim. Sci.* 71: 1823-1830.
- GARCÍA, J., CARABAÑO, R., PEREZ-ALBA, L. y DE BLAS, C. (2000) *J. Anim. Sci.* 78: 638-646.
- GARCÍA, J., GIDENNE, T., FALCAO-E-CUNHA, L., DE BLAS, C. (2002) *Anim. Res.* 51: 165-173.
- GIDENNE, T. (1992) *Br. J. Nutr.* 67: 133-146.
- GIDENNE, T., y GARCÍA, J. (2007) En: *Recent Advances in Rabbit Research*. Servicio de publicaciones de la UPV, Valencia, España. (en prensa).
- GIDENNE, T., PINHEIRO, V. y FALCAO-E-CUNHA, L. (2000) *Livest. Prod. Sci.* 64: 225-237.
- GIDENNE, T., PEREZ, J.M., XICCATO, G., TROCINO, A., CARABAÑO, R., VILLAMIDE, M.J., BLAS, E., CERVERA, C., FALCAO-E-CUNHA, L. y MAERTENS, L. (2001) *World Rabbit Sci.* 9: 57-64.
- GIDENNE, T., JEHL, N., SEGURA, M. y MICHALET-DOREAU, B. (2002) *Anim. Feed Sci. Technol.* 99: 107-118.
- GÓMEZ-CONDE, M.S., PÉREZ DE ROZAS, A., BADIOLA, I., CHAMORRO, S., MATEOS, G.G., DE BLAS, J.C., GARCÍA, J. y CARABAÑO, R. (2006). *J. Anim. Sci.* 84: Suppl. 1: 343.
- HALL, M.B. (2003) *J. Anim. Sci.* 81: 3226-3232.

- HALL, M.B., LEWIS, B.A., VAN SOEST, P.J. y CHASE, L.E. (1997) *J. Sci. Food Agric.* 74: 441-449.
- HIPSLEY, E.H. (1953) *Br. Med. J.* 2: 420-422.
- LEBAS, F. y LAMBOLEY, B. (1999) *World Rabbit Sci.* 7:229-235.
- MARGUENDA, I., CARABAÑO R., GARCÍA-REBOLLAR P., DE BLAS C. y GARCÍA-RUIZ A.I. (2006) *Actas del 3^{er} Congreso de Cunicultura de las Américas*. Maringá, Brasil.
- MAROUNEK, M., VOVK, S.J. y SKRIVANOVA, V. (1995) *Br. J. Nutr.* 73: 463-469.
- MERTENS, D.R. (2002) *J. AOAC Int.* 85: 1217-1240.
- MERTENS, D.R. (2003) *J. Anim. Sci.* 81: 3233-3249.
- MORRISON, F.B. (1956) *Feeds and feeding*. 22nd ed. Morrison Publishing Co., Ithaca, NY.
- MOTTA FERREIRA, W., FRAGA, M.J. y CARABAÑO, R. (1996) *Anim. Sci.* 63: 167-174.
- NICODEMUS, N., GARCÍA, J., CARABAÑO, R. y DE BLAS, C. (1999) *Anim. Feed Sci Technol.* 80: 43-54.
- NICODEMUS, N., PÉREZ ALBA, L., CARABAÑO, R., DE BLAS, C., BADIOLA, I., PEREZ DE ROZAS, A., GARCIA, J. (2004) En: *Proceedings of the 8th World Rabbit Congress*. Puebla, Mexico.
- NICODEMUS, N., GARCÍA, J., CARABAÑO, R. y DE BLAS, C. (2006) *Livest. Sci.* 100: 242-250.
- PEETERS, J.E., MAERTENS, L., ORSENIGO, R., y COLIN, M. (1995) *Anim. Feed Sci Technol.* 51: 123-139.
- PÉREZ DE ROZAS, A., CARABAÑO, R., GARCÍA, J., ROSELL, J., DÍAZ, J.V., BARBÉ, J., PASCUAL, J.J. y BADIOLA, I. (2005) En: *Actas del XXX Simposium de Cunicultura*. Ed. ITACyL y ASESCU. Valladolid. pp. 167-174.
- ROBERTSON, J.B. y VAN SOEST, P.J. (1980) En: *The Analysis of Dietary fibre in food*. James, W.P.T., Theander, O. (Eds). Marcel Dekker, NY, Chapter 9, pp. 123-158.
- SOLER, M.D., BLAS, E., CANO, J.L., PASCUAL, J.J., CERVERA, C. y FERNANDEZ-CARMONA, J. (2004) En: *Proceedings of the 8th World Rabbit Congress*. Puebla, Mexico.
- THEANDER, O., AMAN, P., WESTERLUND, E. y GRAHAM, H. (1994) *J. AOAC* 77: 703-709.
- TROWELL, H. (1974) *Lancet* 1: 503.
- UDEN, P., ROBINSON, P.H. y WISEMAN, J. (2005) *Anim. Feed Sci. Technol.* 118: 181-186.
- VAN SOEST, P.J. y WINE, R.H. (1967) *J. AOAC* 50: 50-55.
- WISEMAN, J., VILLAMIDE, M.J., DE BLAS, C., CARABAÑO y M.J., CARABAÑO, R.M. (1992) *Anim. Feed Sci. Technol.* 39: 27-38.
- XICCATO, G., CARAZZOLO, A., CERVERA, C., FALCAO-E-CUNHA, L., GIDENNE, T., MAERTENS, L., PEREZ, J.M. y VILLAMIDE, M.J. (1996) En: *Proceedings of*

the 6th World Rabbit Congress, vol., 1, ITAVI, Paris, Toulouse, Francia, pp. 293-297.

XICCATO, G., TROCINO, A., DE BOEVER, J.L., MAERTENS, L., CARABAÑO, R., PASCUAL, J.J., PEREZ, J.M., GIDENNE, T. y FALCAO-E-CUNHA, L. (2003) *Anim. Feed Sci. Technol.* 104: 153-168.

ZOETENDAL, E.G., COLLIER, CH.T., KOIKE, S., MACKIE, R.I. y GASKINS, H.R. (2004) *J. Nutr* 134: 465-472.

FEDNA