

ALGUNOS CONCEPTOS SOBRE LA NUTRICIÓN DEL CONEJO PARA CARNE

María Elena Cossu¹

INTRODUCCIÓN

El comportamiento y la fisiología alimentaria del conejo, son algunas de las características más 'extraordinarias' de esta especie a los fines de su sobrevivencia y adaptabilidad a las diversas condiciones climáticas-ambientales, pero también a los fines de una correcta comprensión de las condiciones óptimas de su crianza.

Teniendo en cuenta que desde el punto de vista económico el objetivo último de una explotación cunícola es la conversión del alimento (vegetal) en carne, resulta esencial lograr el equilibrio entre el costo del alimento y su impacto sobre la ganancia de peso y peso final. De hecho, el alimento más nutritivo no será necesariamente el más eficiente, ya que ello dependerá de su costo. En la producción de carne de conejo, como en otras especies animales, los costos de alimentación representan la mayor parte de los costos de producción y dependiendo principalmente de la inversión, asciende al 70 % de los costos totales.

Un segundo elemento, por ahora con mayor interés en la comunidad europea y sobre todo en las zonas con alta densidad de producción animal, es la protección del medio ambiente ya que en algunos países el estiércol no es más considerado como un fertilizante, sino como un contaminador del medio. La producción de amoníaco agrícola es, en parte, responsable de los problemas de acidificación y los metales pesados están vinculados con la disminución de la calidad del agua superficial y el agua potable. La alimentación animal debe minimizar la eliminación de estos residuos al medio; en los conejos, los programas de alimentación por fases pueden manipular en gran medida la utilización del nitrógeno y fósforo dietario.

Por otro lado, no debe olvidarse el rol de la dieta animal sobre algunos parámetros de importancia para la salud humana como ser el aumento de la adiposidad de la carcasa al utilizar grasa u aceite como fuente energética alternativa y la alteración de la composición acídica de los lípidos musculares en función del origen de los lípidos de la dieta. Para analizar todos estos aspectos de la alimentación práctica, se deben tener en cuenta los conocimientos existentes sobre las particularidades digestivas y las necesidades nutricionales del conejo para luego adaptarlos a luz de la realidad local.

CECOTROFIA Y COMPORTAMIENTO ALIMENTARIO

El conejo es una especie dotada de una notable capacidad de adaptación a las diferentes situaciones alimenticias; cuenta con un aparato digestivo que permite la ingestión de elevadas cantidades de alimentos y un tránsito rápido de los mismos. Es un herbívoro seleccionador de alimentos 'concentrados' en el cual el alimento sólido ingerido sufre primero una digestión enzimática y sucesivamente es reciclado en una digestión fermentativa, similar a la de los rumiantes. En un medio natural, el conejo tiende a elegir pequeños fragmentos de hierbas, hojas, brotes y granos siendo los 'bigotes' (pelos con funciones táctiles-sensoriales) y su labio superior móvil los que permiten la localización y aprehensión del alimento para ser introducido en la cavidad oral. El bajo peristaltismo intestinal, hace necesario ingerir raciones con nivel adecuado de fibra, para evitar trastornos intestinales.

¹Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Argentina.

El doble proceso digestivo en el cual la ingesta normal de alimento es seguida por la cecotrofia (producción de pequeñas bolas blandas cubiertas con una membrana mucosa delgada), hace al conejo (a los Lagomorfos en general) completamente diferente a otros herbívoros. De hecho, si el contenido del ciego entra al colon en las primeras horas de la mañana, sufre pocos cambios, adquiere forma redondeada debido a las contracciones de la pared y es recubierta por el moco producido por las paredes del colon. Este material liberado en forma de racimos se conoce como heces blandas o cecotrofos. Si el contenido de la digesta entra en otro momento del día, la actividad del colon proximal es diferente, dando lugar a la separación de partículas y formación de heces duras a partir del material sólido (>3mm de largo). El reciclado digestivo le permite 'fabricarse' alrededor del 30 % de su requerimiento alimenticio-energético; sin embargo, la dimensión de los distintos compartimientos del aparato digestivo y los elevados requerimientos metabólicos del conejo, determinan la necesidad de utilización de alimentos concentrados, indispensables para asegurar un correcto aporte de energía, proteína y fibra.

El ciego actúa como una cuba de fermentación donde llegan los alimentos que ya han sufrido la digestión enzimática y el proceso de absorción en el intestino delgado, ofreciendo a la masa microbiana un sustrato con pocos elementos solubles. Su principal fuente nutritiva son las paredes celulares de los vegetales (digestión del 10-13 % de la fibra contenida en la materias primas tradicionales y hasta un 50 % para material poco lignificado). La actividad fermentativa del ciego da lugar a la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) con predominio del ácido acético sobre el propiónico, como consecuencia de la prevalencia del contenido celulolítico del material a fermentar respecto al amiláceo. Los elementos degradables liberados (principalmente AGV) son rápidamente absorbidos por la mucosa intestinal, atraviesan la pared del tubo digestivo, y pasan a la sangre suponiendo un aporte regular de energía para el animal (Carabaño *et al.*, 1997). El ciego de los conejos reúne condiciones ade-

cuadas (elevado tamaño, pH estable, anaerobiosis, entrada regular de nutrientes) para ser asiento de una flora microbiana densa (del orden de 1010 bacterias/g) y estable (de Blas *et al.*, 1999).

El volumen del ciego varía en función del proceso en acto. Durante la cecotrofia, el contenido del ciego (partículas alimentarias, bacterias y restos de secreciones digestivas del intestino delgado) pasa a través del colon sin cambios importantes (absorción de agua y elementos minerales) y da lugar a la formación de 'heces blandas'; durante las primeras horas del día, la pared del colon segrega una mucosidad que cubre este material, que se presenta en forma de racimos alargados. Cuando el proceso de cecotrofia no está en acto, la digesta sufre diferentes destinos en la unidad funcional íleo-ciego-colon proximal, evidenciándose una separación neta de partículas en el ciego. Con contracciones alternas (movimientos antiperistálticos), el material evacuado en el colon tiende a volver hacia el otro extremo y es introducido en el ciego, a través de la válvula íleo-cecal; el material grueso (partículas de > 300 mm) va directamente al colon proximal (excreción rectal en forma de heces duras) por lo que se retiene sólo la fracción líquida que contiene los productos solubles y las partículas más finas (< 1 mm) para ser fermentados en el ciego (Jilge, 1980; Björnhag, 1981). La media de tiempo de retención ciego-rectal de la digesta varía de 7 a 16 horas (Leng *et al.*, 1977; Uden *et al.*, 1982; Gidenne *et al.*, 1991; Gidenne y Pérez, 1993, 1994; Bellier, 1994; Gidenne 1994; Gidenne y Jehl, 1996). Teniendo en cuenta las fracciones recicladas, desde una a cuatro veces y en función de la naturaleza de los alimentos, el tránsito digestivo del conejo dura entre 15 a 30 horas aproximadamente.

Las heces duras son evacuadas en la fosa debajo de las jaulas, mientras que los cecotrofos son recuperados por el animal en el momento que salen del ano. La práctica de la cecotrofia tiene un interés nutricional importante aportando alrededor del 15-25 % de las proteínas ingeridas diariamente (Gidenne y Lebas, 1987, tomado de Rosell Pujol, 2000) y la totalidad de las vitaminas B y C (Lebas, 1989, tomado de Rosell Pujol,

2000). Aproximadamente un 12-24% del nitrógeno total ingerido está representado por el nitrógeno bacteriano (García *et al.*, 1995; Gidenne y Jehl, 1996).

El conejo ingiere cerca de 2/3 partes de los alimentos durante el período de tiempo entre la puesta y la salida del sol (comportamiento crepuscular); el número de aprehensiones del alimento es muy alta (aproximadamente 30-40 comidas pequeñas al día). Después de la salida del sol, el conejo cesa de comer y practica la cecotofía, es decir, la ingestión de las heces blandas o cecotrofos, que se toman directamente del ano y se ingieren luego de insalivarlas, sin ser masticadas (Manning *et al.*, 1994). La ingestión de los cecotrofos (2 a 3 h/día) se produce bajo control hormonal de la glándula suprarrenal y, en el caso de estrés o perturbación, no se produce, con repercusiones negativas en el aspecto nutricional (Proto, 1980). La cantidad de agua ingerida en forma de agua potable y/o agua contenida en los alimentos, es aproximadamente el doble de la materia seca ingerida.

EL APARATO DIGESTIVO

La longitud del tracto intestinal del conejo es de más de 3,5 m y se caracteriza por la importante presencia de los dos grandes compartimientos: estómago y ciego, donde se concentra alrededor del 80 % del contenido. El alimento se mueve progresivamente a lo largo del tubo intestinal, impulsada por las contracciones coordinadas de las paredes (movimientos peristálticos) y completa todo el tránsito oro-anal en aproximadamente 15-30 horas (Lebas, 1979) dependiendo de la naturaleza física de las partículas ingeridas (tamaño de partícula) y de la diferente naturaleza de los componentes estructurados (cantidad y calidad de la fibra cruda). El alimento ingerido sufre una digestión enzimática en el estómago e intestino similar a la que ocurre en el resto de los monogástricos y una digestión fermentativa en el ciego.

La continua secreción de saliva asegura, ya en la cavidad oral, un primer ablandamiento e inicio de la digestión a cargo de las enzimas presentes en la saliva (amilasa y

lipasa). La comida se mastica a fondo y rápidamente (incluso 120 movimientos de masticación por minuto) con la ayuda de movimientos linguales, lo que favorece la trituración final. Después de la masticación, el bolo alimenticio entra en el estómago, caracterizado por un esfínter bien desarrollado, que no permite la regurgitación ni el vómito.

Las glándulas incluidas en la pared del estómago secretan ácido hidroclorehídrico, pepsina y algunos iones como Ca^{++} , K^{+} , Mg^{++} y Na^{++} . En el estómago las partículas alimentarias son atacadas por el jugo gástrico rico en 'mucina' y en enzimas gástricas (pepsina, renina, lipasa, etc.); allí permanecen algunas horas (3-6 aproximadamente). La fuerte acidificación (pH 1-2) provoca la solubilización de numerosas sustancias, además del inicio de la hidrólisis de las proteínas, por acción de la pepsina.

El tracto intestinal del conejo se subdivide en: intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon); ciego (incluyendo el apéndice del ciego); colon (dividido en colon proximal segmentado y colon distal) y recto. El pH del intestino delgado es ligeramente básico en la parte superior (7,2-7,5) y más ácido hacia el final del íleon (6,2-6,5). Desde su entrada en el intestino, la digesta se diluye (8-10 % MS) por el flujo de bilis, por las primeras secreciones intestinales y finalmente, por acción del jugo pancreático (tripsina, quimiotripsina, diastasa, maltasa, lipasa, etc.). Mediante estas enzimas, los elementos fácilmente degradables se liberan, atraviesan la pared del intestino y son distribuidos por la sangre hacia las diversas células del organismo. Las partículas sin degradar, después de una permanencia media de 1,5 h en el intestino delgado, entran al ciego para proseguir con una digestión de tipo fermentativa. El ciego constituye el segmento más largo del tracto (40 % del contenido digestivo total) y contiene 100-120 g de una mezcla uniforme de consistencia pastosa (21-24 % MS). El pH del ciego varía alrededor de 6 y depende del patrón de alimentación y la actividad microbiana.

Bajo el efecto de las contracciones, las fracciones individuales del alimento (líquida y sólida) recorren el tracto digestivo con di-

ferentes velocidades. Los líquidos, que dejan el estómago más rápidamente que los sólidos, permanecen por más tiempo en el ciego; en última instancia, los líquidos se mueven más lentamente a lo largo de todo el tracto intestinal. Paralelamente, en los sólidos, las partículas gruesas se eliminan con las heces duras más rápidamente que las partículas finas, que quedan retenidas en el ciego hasta su eliminación como heces blandas. Los cecotrofos, una vez ingeridos, siguen el mismo tránsito de los alimentos, permaneciendo 4-6 h en el estómago; pocos minutos en el duodeno, 10-20 min en el yeyuno, 30-60 min en el íleon; 6-9 h en el ciego; 1-2 h en el colon proximal y 1-1,5 h en el colon distal (Lebas, 1979).

La considerable complejidad de la fisiología digestiva del conejo, vinculado a la cecotrofia, al tránsito diferenciado en las distintas secciones y el ritmo de las ondas peristálticas y antiperistálticas, se complica aún más por la presencia de la microflora digestiva presente en el tracto ciego-colon. La flora microbiana es relativamente simple desde el punto de vista de la composición (principalmente bacterias Gram +) pudiendo distinguirse bacterias con actividad celulolítica, pectinolítica, ureolítica, proteolítica y amilolítica.

Los microorganismos actúan sobre el alimento no digerido en la primera digestión enzimática por lo que este material se somete a una segunda digestión 'fermentativa'. Esta microflora intestinal es la que permite al conejo utilizar la energía contenida en las plantas; dicho proceso está relacionado con la calidad y la cantidad de celulosa y la fibra cruda presente en los alimentos, cuya fermentación determina la formación de AGV, que además de garantizar un nivel relativo de acidez en el ciego, también se utilizan como una fuente de energía (Proto, 1980). Además de los AGV, la fermentación cecal produce amoníaco (NH_3) a partir de la fermentación de aminoácidos y gases (hidrógeno, metano). La flora es escasa entre el nacimiento y las dos semanas de edad predominando las bacterias provenientes de la madre; el ciego trabaja poco con la dieta láctea. Mientras que a las dos semanas de edad la flora anaerobia amilolítica ya está

presente, la colonización de la flora celulolítica comienza aproximadamente a las tres semanas de edad, junto al consumo de alimento y tiende a estabilizarse en la 5^{ta} 7^{ma} semanas, aunque la producción de AGV continúa aumentando (Padhila, 1995; Padhila *et al.*, 1995, 1996). La flora definitiva se estabiliza alrededor de las ocho semanas de edad y esta es una de las causas por las que el animal es susceptible a trastornos digestivos durante este período. El desarrollo cecal (paredes y contenidos), lento desde el nacimiento hasta 10 días de edad, es paralelo a la ingestión de alimentos sólidos (hasta 5 % de peso vivo). El conejo se diferencia de otras especies por el perfil de AGV específico que, en orden de importancia incluyen: ácido acético (C2, 60-80 % AGVtotales), butírico (C4, 8-20 % AGVtotal) y ácido propiónico (C3, 3-10 % AGVtotal). La actividad fermentativa es más alta durante la excreción de heces duras y mínima (< 25 % del máximo) durante el cecotrofia (Gidenne, 1986; Bellier *et al.*, 1995), coincidiendo con la máxima absorción y el metabolismo de los AGVs (Vernay *et al.*, 1984; Vernay, 1986, 1989). Pocas horas de ayuno inducen una rápida disminución de la producción de AGV de ciego y el cambio de la relación C3/C4 (Gidenne y Bellier, 1992).

En resumen, el conejo se caracteriza por un comportamiento alimentario que le permite 'reciclar' a través de una digestión fermentativa a los alimentos no digeridos en la primera digestión enzimática. Tal comportamiento, sin embargo, complica la fisiología digestiva y hace al animal de criadero, más frágil y susceptible a enfermedades entéricas. Resulta imprescindible entonces hacer hincapié en la importancia de las materias primas que componen los alimentos y las recomendaciones relacionadas con la composición química y la formulación de los alimentos.

COMPONENTES QUÍMICOS DE LA DIETA

Fibra

Dada la naturaleza herbívora del conejo, las fibras de origen vegetal constituyen una

parte importante de su alimentación; sin embargo, la capacidad del conejo de digerir la fibra es muy baja. La fibra juega un papel fundamental en el mantenimiento de tránsito digestivo, estimulando la motilidad intestinal, y en el equilibrio de la flora cecal, favoreciendo el desarrollo de las bacterias productoras de AGV.

Un aporte de fibra adecuado (entorno al 33 % de FND, y 16-19 % de FDA), evita retenciones de digesta en el ciego que pueden dar lugar a disbiosis bacterianas y a una aparición mayor de problemas digestivos. Sin embargo, para caracterizar correctamente las necesidades de fibra en conejos es necesario tener en cuenta, no sólo el aporte total, sino también las características químicas y físicas de la fibra que se introduce en la dieta.

Desde el punto de vista químico, los principales constituyentes de las fibras son, ordenados de menor a mayor digestibilidad la lignina, celulosa, hemicelulosa y pectinas, cuyas proporciones varían considerablemente entre las materias primas.

Lignina

Muy poco digerible por las bacterias intestinales. Es el componente fibroso que actúa como sustancia de lastre por excelencia. La cáscara de semilla de girasol, el orujo de uva, el tallo de alfalfa y la paja de cereales son ricos en fibra lignificada. Un exceso de lignina o celulosa en el alimento puede elevar el peristaltismo intestinal y generar diarreas y/o disminución severa del tiempo de permanencia de los nutrientes generando un cuadro de subnutrición.

Celulosa

La celulosa es un componente fibroso susceptible de ser digerido en mayor medida por parte de las bacterias del ciego; junto con la lignina, son los componentes responsables de la disminución de la incidencia de patología digestiva. Las fuentes de celulosa para la fabricación de alimentos balanceados son la alfalfa, paja de trigo, salvados y cascarillas de cereales.

Hemicelulosa

La fracción hemicelulosa es mucho más digerible por las bacterias del ciego, produciendo AGV, responsables de bajar el pH. Las principales fuentes de hemicelulosa son los forrajes, salvado de trigo, de maíz, de oleaginosas, legumbres y cascarillas.

Pectinas

Las pectinas son el componente de pared celular más digerible dentro de las fibras, ya que la flora cecal las puede degradar hasta un 75 %, generando AGV. Las principales fuentes de pectinas son las pulpas de frutas, la alfalfa y soja.

Los cambios en términos de producción de AGV, amoníaco y pH como respuesta a la menor ingesta de fibra son escasos, sin embargo, se verifican cambios importantes en la proporción molar de AGV (menos butirato; Bellier y Gidenne, 1996; Gidenne *et al.*, 1998). Se puede suponer que la cantidad de fibra que llega al ciego no representa un factor limitante de la fermentación, probablemente debido al reducido tiempo de retención de la digesta en el ciego, permitiendo sólo la degradación de las fracciones fácilmente digeribles (pectina, hemicelulosa); el tiempo de retención aumenta con la disminución de la ingesta fibrosa compensando así la cantidad reducida de fibra en el ciego (Gidenne, 1994). Muy bajos niveles de fibra (fibra en detergente ácido, FDA < 10 %) pueden aumentar drásticamente el tiempo de retención aumentando así la eficiencia de la degradación (De Blas *et al.*, 1986; Carabaño *et al.*, 1988; Bellier y Gidenne, 1996). Un aumento de la lignina en la dieta reduce la digestibilidad de la fibra y el tiempo de retención de la digesta (Pérez de Ayala, 1989; Gidenne y Pérez, 1994) mientras que el efecto positivo se relaciona con la sanidad animal (menor mortalidad de los conejos en crecimiento; Pérez *et al.*, 1994). El efecto de la celulosa es menor que la de la lignina en cuanto a la digestibilidad y la velocidad de tránsito (Falcao y Cunha, 1988; Gidenne y Pérez, 1996), pero similar al considerar la reducción de la mortalidad de los conejos (Pérez *et al.*, 1996). Las fibras de alta digestibilidad (he-

micelulosas, pectinas) se asocian con aumentos en la producción de AGV y valores más bajos de pH cecal (Peeters *et al.*, 1995; Jehl *et al.*, 1998). La digestibilidad de la FDA, el pH cecal y la producción de AGV son muy dependientes de las propiedades físicas de los alimentos (longitud de las partículas, los tratamientos con NaOH; Lebas, 1988; Gidenne, 1992) y de la fibra de origen (Merino y Carabaño, 1992; García *et al.*, 1996).

En resumen, un mayor contenido en hidratos de carbono de fácil fermentación y un menor grado de lignificación favorecen la digestibilidad de la fibra, la producción de AGV y el crecimiento microbiano en el ciego, pero determinan mayores tiempos de retención a nivel cecal (Carabaño *et al.*, 2004). De hecho, un suministro insuficiente de fibra implica una acumulación de digesta en el ciego, una disminución de la velocidad de renovación del ciego, un descenso del consumo y de los rendimientos productivos, un incremento de la concentración de amoníaco, alcalinización del medio cecal y el desequilibrio en la composición de la flora intestinal, con el consiguiente incremento de la incidencia de problemas digestivos (de Blas *et al.*, 1986; Carabaño *et al.*, 1988; de Blas, 1992). Niveles bajos de FDA alteran las fermentaciones bacterianas del ciego con cambios en el pH, producción de AGV y amoníaco. Cuanto menor es la concentración de AGV, mayor es la concentración de amoníaco y pH, aumentando las posibilidades de proliferación de la *Escherichia coli*. Por otro lado, un exceso de fibra en las dietas de los conejos supone también un empeoramiento de los parámetros productivos, como ser la disminución de la eficacia energética, el rendimiento de la canal, mayor incidencia de cetois, etc.

En lo que se refiere a sus propiedades físicas, el aporte de fibra debe caracterizarse por tener un tamaño de partícula equilibrado, una proporción de partículas mayor a 0,3 mm del 20 % para evitar retenciones de digesta en el ciego y el 80 % restante de un tamaño pequeño (< 0,3 mm) para asegurar una entrada de fibra al ciego y favorecer al crecimiento microbiano. Otro factor de suma importancia lo constituye el tamaño de la fi-

bra: un molido fino (<1mm de diámetro) puede provocar disturbios en la motilidad del tracto intestinal, especialmente si la fibra está poco lignificada mientras que una molienda muy gruesa (>7mm de diámetro) hace difícil la compactación del alimento y disminuye la calidad del pellet.

Almidón

El almidón es una fuente energética muy importante en el alimento del conejo y a partir del mismo se obtienen las calorías necesarias para la actividad, los procesos metabólicos, la generación de calor, la acumulación de reservas y el crecimiento, etc. Las variaciones en la ingestión de almidón están asociadas normalmente a variaciones mayores en la ingestión de fibras (cantidad y tipo de fibra), por este motivo es difícil delimitar los efectos que tiene el almidón por sí mismo sobre la digestión. Las fuentes principales de almidón son los cereales (maíz, cebada, avena, trigo, etc).

En animales adultos, el almidón no degradado que alcanza el ciego es fermentado rápidamente por la flora amilolítica. Se ha demostrado que si las dietas son equilibradas, especialmente en términos de la relación proteína/energía, un nivel de almidón ligeramente superior al recomendado (hasta 21 %), no parece ser responsable de los problemas entéricos (Xiccato *et al.*, 1998).

Se ha demostrado que los animales jóvenes no producen suficiente amilasa para digerir todo el almidón que proviene de una dieta rica en cereales. El almidón no digerido que entra al ciego será degradado por las bacterias cecales hasta glucosa; la elevación de la glucosa estimula el desarrollo del *Clostridium spiroforme* productor de toxina *iota* que desencadenará un cuadro de enterotoxemia (Cheeke y Patton, 1980; Borriello y Carman, 1983).

Una mención especial merece la diversa digestibilidad de las fuentes amiláceas; el almidón del maíz y del sorgo es menos digerible que aquel proveniente del trigo, avena o cebada y por lo tanto, se desaconseja la inclusión de estas dos especies en la primera etapa de cría del animal. La molienda grosera de los granos menos digeribles en

la categoría destete incrementa la probabilidad de generar desórdenes intestinales. La relación entre la ingestión de almidón y la aparición de problemas digestivos es diferente según sea la edad de los animales.

Proteína

A partir de las proteínas dietarias se obtienen los aminoácidos que son utilizados para construir las proteínas estructurales del organismo y para la síntesis de las proteínas funcionales como las enzimas, los anticuerpos, las proteínas transportadoras y algunas hormonas. Los efectos de un aporte proteico deficitario son el retraso del crecimiento, debilidad y disminución de las defensas orgánicas presentando una mayor vulnerabilidad frente a las enfermedades. Las hembras tienen los mayores requerimientos de proteína, tanto para el crecimiento de los fetos y estructuras asociadas a la gestación, como para la producción láctea.

La proteína presente en el ciego (endógena y exógena), se fermenta y se degrada a amoníaco, la principal fuente de las bacterias fijadoras de nitrógeno. La producción media de NH_3 es de alrededor de 4-18 mM/l (Merino y Carabaño, 1992) hasta un máximo de 25-30 mol/l (Morisse *et al.*, 1985; Gidene, 1986). El amoníaco presente en el ciego también resulta de la descomposición de la urea en la sangre que llega a través de las paredes del ciego y es convertido a amoníaco por la flora ureolítica.

Por otra parte si el aporte proteico es excesivo, superior al 18 % de proteína bruta (PB), la incidencia de diarreas es mayor. El aumento de proteínas de la dieta (12-16 %) determina un aumento en la producción de nitrógeno y eleva el pH cecal (5,8 hasta 6,5), favoreciendo la aparición de enfermedades asociadas con el desarrollo de clostridios y, en menor medida, de bacterias coliformes (Fraga *et al.*, 1984). Un exceso de proteínas en el ciego estimula particularmente la proliferación de bacterias proteolíticas, alcalófilas, que utilizan la energía del radical carbonado de los aminoácidos tras desaminarlos y que, consecuentemente, forman amoníaco. El amoníaco puede pasar al torrente san-

guíneo y se producen graves consecuencias sobre todo cuando ocurren trastornos hepáticos o renales (Rosell Pujol, 2000). Además, el aumento de la excreción de nitrógeno y sus compuestos aumentan el riesgo de problemas respiratorios por la mayor presencia de amoníaco ambiental y aumenta la contaminación de los efluentes con nitratos. Un modo de mejorar el balance proteico del alimento, cubriendo las necesidades del animal, consiste en aportar los aminoácidos de mayor requerimiento (lisina, cistina y metionina) en forma de suplemento industrial.

El nivel de proteína digestible del alimento debe estar en equilibrio con la energía digestible (relación PD/ED), ya que si los niveles energéticos son inferiores, el organismo utilizará la fuente proteica para obtener energía con producción de residuos nitrogenados, mientras que si la proteína digestible se encuentra por debajo de los requerimientos, se observará retraso en el crecimiento o disminución de la eficiencia de utilización del alimento.

Las principales fuentes de proteína de los alimentos para conejo son las harinas de soja, girasol, leguminosas y alfalfa.

Lípidos o grasas

Las grasas constituyen una variedad de sustancias con distintas funciones en el organismo, desde los lípidos de las membranas celulares, hormonas esteroides (estrógenos, progesterona, testosterona, corticosteroides), vitaminas liposolubles (vitaminas A, D, E y K), fosfolípidos, colesterol, sales biliares y triglicéridos, estos últimos con la importante función de reserva.

En el alimento, las grasas, denominadas también 'lípidos' (cuantificables a través del extracto etéreo), provienen mayoritariamente de las oleaginosas y los cereales (aceites) y constituyen junto con los almidones y la fibra digestible, la fuente energética. La proporción de lípidos en el balanceado va del 2 al 4 % según el tipo de alimento pero suele considerarse cantidades mayores cuando hay que cubrir algún déficit energético; este aumento no trae consecuencias perjudiciales en los aspectos sanitarios pero disminu-

ye la dureza del pellet, aumenta el índice de rotura y el polvillo en la tolva así como la susceptibilidad al enranciamiento.

Los ácidos grasos insaturados no digeridos en el intestino delgado, se hidrogenan y luego son saturados por la flora bacteriana en el ciego. La bibliografía sobre el efecto de la adición de grasa en la fermentación cecal es muy limitada. La grasa vegetal parece aumentar la digestibilidad de la fibra, especialmente en los alimentos con bajo contenido de energía (Santomá *et al.*, 1987; Fekete *et al.*, 1989). La adición de 4 % de grasa aumenta la digestibilidad de la fibra y reduce la digestibilidad aparente de la materia orgánica y la energía (Falcao y Cunha *et al.*, 1996, 1998; Xiccato, 1998).

VITAMINAS Y MINERALES

Es poco frecuente que aparezcan problemas relacionados con la carencia de estos nutrientes debido a que se adicionan al alimento balanceado correctores, vitaminas, oligoelementos y suplementos minerales (carbonato cálcico, fosfato bicálcico, sal, etc). Además, la cecotrofia es una fuente de vitaminas hidrosolubles (complejo B) y vitamina K, sintetizadas por los microorganismos del ciego (Rosell Pujol, 2000).

Minerales

Constituidos en dos grandes grupos, los macrominerales como Calcio, Fósforo, Sodio, Potasio, Cloro, Azufre, y Magnesio y los microminerales como Hierro, Cobre, Zinc, Yodo, Manganeso, Selenio, Cobalto, Molibdeno y Fluor.

El Calcio y el Fósforo tienen especial importancia en el alimento para las madres en lactancia y en gestación, ya que estas invierten gran parte de estos minerales en la producción de leche y el desarrollo de los fetos. Cuando la orina de conejo deja depósitos blanquecinos en el piso está indicando la eliminación de calcio, posiblemente en exceso. El exceso de Fósforo en la dieta también será eliminado por los animales, pero como en el caso del Nitrógeno, el Fósforo es un contaminante ambiental.

Los macrominerales en el alimento provienen de cereales, forrajes y salvados y por la incorporación de sal (cloruro de Sodio) conchilla, carbonato y fosfato de Calcio. Los microminerales, cuyas concentraciones son especialmente pequeñas, se incorporan como núcleo mineral pre-formulado.

Vitaminas

Las vitaminas son sustancias indispensables para el metabolismo y el crecimiento de los animales. Existen dos grupos: las hidrosolubles (grupo B y Vitamina C) y las liposolubles (A, D, E y K). Las vitaminas del grupo B y la vitamina K son sintetizadas por la flora del ciego y se incorporan principalmente mediante la cecotrofia. El uso de antibióticos altera la flora del ciego y por lo tanto puede interferir con la producción de vitaminas. La vitamina B 12 o cianocobalamina tiene en su composición Cobalto; si este no estuviera presente en la dieta la síntesis de dicha vitamina no será factible. Las vitaminas liposolubles llegan al alimento a partir de los cereales y oleaginosas y están asociadas a los aceites, pero para evitar que el aporte sea insuficiente, en la fabricación de los alimentos balanceados se incorporan como núcleo vitamínico.

Las vitaminas liposolubles (A,D,E,K) pueden ser almacenadas en el organismo y en dosis elevadas presentan problemas de toxicidad. La carencia de vitamina A presenta signos como degeneración de los epitelios, trastornos nerviosos, fallas reproductivas y retraso del crecimiento. El exceso de vitamina A (más de 190.000 UI/ kgPV) puede generar cuadros de intoxicación con abortos, reabsorción embrionaria e hidrocefalia en gazapos. Si la vitamina D se encuentra en exceso es posible que se altere la absorción y el metabolismo del calcio, produciéndose la calcificación en tejidos blandos, como arterias (aorta, miocárdicas) y riñones (Rosell Pujol, 2000). La vitamina E es un antioxidante biológico y como tal preserva a los lípidos de las membranas celulares de la peroxidación. Debe tenerse la precaución de incrementar el contenido de la vitamina E en el alimento cuando éste incluya grasas insaturadas.

ENERGÍA

Los requerimientos energéticos son cubiertos por el alimento y provienen de sus componentes. El total de la energía presente en el alimento se denomina energía bruta, parte de esta energía no es aprovechada por el animal y se elimina con las heces. La fracción de energía absorbida por el intestino de denomina energía digerible; parte de esta fracción es utilizada en la formación de la orina y procesos digestivos, restando la energía metabolizable; posteriormente al gasto energético asociado a la ineficiencia de los procesos metabólicos y de síntesis, resta la energía neta. La energía neta se utiliza para las funciones de mantenimiento, producción de calor, movimiento, etc. y para las funciones de producción, crecimiento, gestación y lactancia.

ADITIVOS NO ALIMENTICIOS

Los aditivos incluyen los estimulantes del crecimiento, coccidiostáticos, conservantes (antioxidantes, antimicóticos), enzimas, aromatizantes, oligosacáridos, probióticos, *buffers*, sustancias adhesivas, etc. Si bien el uso más común es utilizar antibióticos en dosis bajas como 'promotores del crecimiento', buscando mantener selectivamente una flora conveniente durante el engorde, hoy esta práctica ha quedado reducida al uso de coccidiostatos. El coccidio (principalmente *Eimeria magna*) es un parásito habitual del conejo que en etapas tempranas puede producir diarreas por lo que es recomendable mantenerlo bajo control, y es más sencillo hacerlo a través del alimento que en el agua de bebida. No tiene sentido administrarlo a las madres pues ya están adecuadamente inmunizadas y transmiten dicha inmunidad a los gazapos al menos por los primeros 20 días. Si se utilizara un alimento peridestete podría también incluir coccidiostato cubriendo por lo tanto todo el período en que el conejo está expuesto a desarrollar coccidiosis clínica.

Los probióticos son sustancias de origen biológico cuya función es regular la flora in-

testinal. En la medida que estén debidamente probados y su costo sea accesible son un complemento interesante, aunque hasta ahora las experiencias no han sido concluyentes. También pueden incorporarse sustancias que favorezcan la acidificación del contenido intestinal, ya que se ha comprobado que esta circunstancia colabora en el desarrollo de una flora conveniente, lo que puede también lograrse acidificando el agua de bebida.

ALIMENTOS OFRECIDOS

La cría intensiva del conejo debe ser sostenida por una alimentación adecuada, diferente en función del estado fisiológico del animal. El conejo no es más exigente que otros animales en tema de alimentación; pretende sin embargo, una buena calidad de materias primas y un correcto equilibrio entre energía, proteína y fibra. Se debe evitar el uso de materias primas de escasa calidad y el cambio brusco en la composición y equilibrio de la dieta, a lo que el conejo resulta extremadamente sensible. La estimación de los requerimientos alimenticios debe tener en cuenta tres objetivos que resultan muchas veces contradictorios entre ellos: mantener el regular funcionamiento del aparato digestivo, asegurar la eficiencia óptima del alimento y obtener un producto de calidad y costo adecuado.

De acuerdo a su edad y estado fisiológico, el conejo en el criadero industrial presenta diferentes requerimientos nutricionales que es necesario conocer para hacer los cálculos de consumo. Las características esenciales del alimento según la edad o el estado biológico del conejo son:

- * Madres en producción: alimento rico en proteínas (17,5 a 18 %) y calorías (2500 a 2600 Kcal/kg) con especial énfasis en ciertos aminoácidos tales como la metionina y la lisina y en el calcio.
- * Gazapos (15-45 días): alimento rico en fibras no digeribles y pobre en almidón, moderado contenido de energía y proteína, rico en aminoácidos, y adecuado nivel de macroelementos.

- * Engorde (45 días a la finalización), padres, madres en espera y reproductores en cría: alimento con tenores medios de proteínas (15,5 a 16 %) y calorías (2500 y 2400 KCal/kg, respectivamente)

Estos requerimientos por estado fisiológico sugieren la conveniencia de contar con tres tipos de alimentos, uno para cada etapa. Sin embargo, en la práctica se observan otras alternativas:

- * Un alimento único, habitualmente llamado mixto, que tiene valores medios. Simplifica la tarea pero trae una merma en los resultados, esencialmente menor productividad de las madres por acumulación de carencias nutricionales. Sólo es aceptable en criaderos muy pequeños o que por otras razones (planteles de baja performance, problemas sanitarios no resueltos, etc.) no están en condiciones de alcanzar altos niveles de productividad.
- * Dos alimentos, uno formulado según las necesidades de las madres en producción y otro para el engorde. De hecho es el esquema más utilizado en todo el mundo. La formulación de madres es consumida por las conejas de reposición, las conejas en gestación, las conejas en lactancia y los machos.
- * Tres alimentos, incluyendo un alimento «peridestete» basado en el hecho que el gazapo no ha completado aún el desarrollo de su aparato digestivo y, entre otras cosas, no tiene suficientes enzimas para digerir el almidón ni una flora bacteriana estable. Por ello su dieta debería incluir cantidades mínimas de almidón (baja inclusión de maíz) y mayor proporción de celulosa y hemicelulosa a expensas de la lignina.

Los inconvenientes de esta práctica son el uso de tres alimentos y el cambio de dieta a la madre durante su suministro, llevándola a ciertas carencias que deberá compensar en el breve período que resta hasta la siguiente parición, siendo su mayor ventaja la mejora del peso de la camada y la menor mortalidad de ese período. Durante este período (20 días a destete) se suministrará 'alimento de formulación para madres' si prio-

rizamos el estado nutricional de las conejas o 'alimento destete' si priorizamos el estado sanitario de los gazapos. Si el destete es temprano (28 a 30 días) conviene suministrar el alimento para destete porque se evitan los riesgos sanitarios asociados a la sobrecarga de almidón y proteína en el ciego de los gazapos sin afectar en demasía a la madre que recupera rápidamente estado corporal al volver a suministrar el alimento de lactación en el post destete de los gazapos. En explotaciones intensivas con alta productividad, será por lo tanto una estrategia recomendable en la medida que se pueda formular un alimento de esas características.

Por otra parte, al aumentar la temperatura ambiente el consumo de alimento disminuye y para lograr que el conejo consuma los nutrientes en cantidad suficiente para cubrir sus requerimientos, los alimentos de verano deberán poseer mayor concentración energética.

ALIMENTACIÓN Y PATOLOGÍAS DIGESTIVAS

En los jóvenes conejos el consumo de alimento seco se hace significativo cuando los animales son capaces de llegar fácilmente al comedero y bebedero (17-20 días de edad). En condiciones normales de criadero, el consumo promedia los 25-30 g/d desde los 16 a 25 días de edad y aumenta otros 25 g hasta los 35 días (Fortun-Lamothe y Gidenne, 2002). En este período de 25 a 35 días el consumo de alimento sólido supera el de leche y da comienzo la cecotrofía (22-28 días; Orengo y Gidenne, 2006). Desde el destete (4-5 semanas), el consumo diario se incrementa correlativamente con el aumento del peso metabólico, hasta los cinco meses de edad.

En el conejo prevalece un mecanismo de regulación química del apetito, o sea, regula su ingesta energética en base a la concentración energética del alimento. Dado que el conejo es un monogástrico herbívoro, el principal componente en sangre responsable de la regulación del apetito, si bien no está del todo comprobado, sería el nivel de glucosa.

Los animales consumen diariamente la cantidad de energía digestible (ED) que coincide con sus necesidades y por lo general, un aumento en el nivel de energía de la dieta, determina una disminución en el consumo de materia seca manteniendo así, sin cambios, la cantidad de ED ingerida. Este mecanismo de regulación del consumo de energía comienza luego del destete, después de un período de adaptación a la alimentación de 2 a 5 días. Según Partridge *et al.* (1989), hay un límite a la posibilidad de ajuste del consumo de energía: por debajo de 2150-2270 kcalED /kg, el ajuste es difícil y hay riesgo de bloqueo cecal. En este caso, el nivel excesivamente alto de componentes fibrosos, determina una congestión del tracto digestivo y el consumo se detiene. Cualquiera que sea el nivel de energía de la dieta por debajo de este umbral mínimo, la cantidad de comida consumida diariamente es constante y la ingestión de la ED solo aumenta con el aumento de la concentración de la energía de la dieta. En las dietas con más energía, la ingestión es proporcional al peso metabólico del animal en el intervalo de 2270 a 2750 kcalED/ kg, el conejo disminuye el consumo de alimentos mientras que la ingestión de energía permanece constante (alrededor de 2150 a 2390 kcal/d/kg peso metabólico). Cuando el nivel de energía es más alto (aceites y/o grasas añadidos), la regulación química no es muy eficiente y el mayor contenido de energía de la dieta conduce a un aumento en el consumo de energía, mejora el rendimiento y los parámetros productivos.

Para cada concentración energética del alimento existe un tenor proteico óptimo. De Blas *et al.* (1981), estudiando la relación entre la proteína digestible (PD) y la energía digestible, el aumento de peso, el consumo de ED y la mortalidad, encontraron una relación PD/ED óptima igual a 10,2 g/MJ. Con respecto al requerimiento de proteínas, si los aminoácidos lisina, metionina y treonina están presentes en cantidades y proporciones apropiadas a las necesidades, el 15,5 % de PB sería suficiente para obtener el máximo rendimiento de producción. Las necesidades de proteínas, por supuesto, dependen de la

edad y disminuyen desde el destete al engorde (Maertens *et al.*, 1997).

El antagonismo entre la eficiencia de la producción y la salud animal es uno de los principales problemas de la alimentación en crecimiento y engorde. El tipo de dieta y el equilibrio entre los nutrientes inciden en la aparición de problemas entéricos y sobre la productividad global del animal. Los principales síntomas digestivos asociados con el tracto ciego-colon son la diarrea y el bloqueo cecal.

Según Morisse (1982) y Lelkes (1987) el correcto equilibrio fisiológico-digestivo del conejo está garantizado por el equilibrio existente, a nivel intestinal, de tres importantes factores: motilidad, microflora y pH, que a su vez están influenciados por muchos otros factores. Cualquier desequilibrio en uno de los tres factores desencadena un proceso fisiopatológico que a menudo está acompañado por infecciones microbianas intestinales. Los trastornos digestivos post-destete que perturban la correcta digestión de los alimentos se caracterizan por la abolición de la cecotofía, diarrea y/o estreñimiento; síndrome de 'la enteritis mucoide'/ enterocolitis, la pérdida de agua y electrolitos, los desequilibrios metabólicos, etc.

Cuanto mayor es la proteína y el almidón que llegan al ciego sin ser digeridos, mayores son las posibilidades de problemas intestinales, especialmente en los gazapos próximos al destete con raciones pobres en fibra, muy lignificadas o demasiado molidas. Con las dietas bajas en contenido de fibra aumenta la actividad antiperistáltica del colon proximal, debido a la alta proporción de partículas finas y, en consecuencia, aumenta el tiempo de retención de la digesta y la actividad fermentativa de los ciegos se verá afectada negativamente. En este caso, hay una menor producción de AGV (48 mmoles / l vs 58 mmol / l) con inversión de la relación de C3/C4, mayor producción de NH₃ (8,3 vs 5,6 mmol / l) y la elevación del pH (6,73 vs 6,45) (Bellier, 1994). El efecto favorable de fibra no digerible se basa principalmente en el control de la motilidad y la tasa de tránsito intestinal (Cheeke, 1987; Lebas, 1989).

Como ya se mencionó, debido a que el conejo reduce la ingestión a medida que aumenta el contenido de energía de la dieta (autoregulación), la cantidad de almidón ingerida sigue siendo similar en las dietas de alto o bajo contenido fibroso, mientras que disminuye la ingestión de fibra. Por esta razón, en el caso de los conejos de engorde, el almidón no es la causa principal de la aparición de los trastornos entéricos (Lebas, 1989; Parígi Bini *et al.*, 1990; Bellier y Gidenne, 1996). En conejos jóvenes, el destete trae aparejado una situación de *stress* considerable con cambios drásticos en la composición del alimento, sin que el aparato digestivo del gazapo se encuentre completamente desarrollado; la flora amilolítica es incompleta y por lo tanto la llegada de la alta cantidad de almidón a los ciegos (dieta rica en cereales) sería responsable de los problemas digestivos. De hecho, la amilasa pancreática es activa a los 15 días de edad, pero sólo alcanza su máxima actividad a los 90 días (Lebas *et al.*, 1977; Doñana *et al.*, 1998). La sustitución de almidón con fibra de alta digestibilidad como fuente de energía (con la misma FDA), afecta positivamente a la salud animal, probablemente debido al efecto barrera de la flora fibrolítica cecal contra las especies patógenas y la oferta más baja de glucosa en el intestino ciego (Jehl y Gidenne, 1996). Un exceso de fibra sin embargo, no es deseable ya que afecta negativamente a la concentración de energía de la dieta y porque se asocia a menudo con una alta proporción de proteína/energía (aumento de la producción de amoníaco por la flora proteolítica por desaminación de la proteína usada como fuente de energía; De Blas *et al.*, 1981; Lebas, 1989).

Un exceso proteico se traduce en una mayor concentración de amoníaco en el ciego con un aumento del pH e incremento de problemas entéricos. En la formulación práctica se debe usar una doble restricción proteica: un máximo para evitar las patologías entéricas y un mínimo para evitar disminuciones en el crecimiento y la productividad. Estudios realizados sobre este tema permiten diferenciar dos niveles de proteína requeridos durante el crecimiento de los animales: un mayor nivel en el período postdestete

respecto al período de engorde, donde reducciones en el aporte proteico permiten obtener un alimento menos costoso y causante de menores problemas patológicos. Dado el interés en satisfacer los requerimientos proteicos del conejo y el estrecho margen de variación que se puede permitir en el nivel proteico del alimento, no puede de ningún modo utilizarse el dato de proteína expresado en 'proteína bruta' o aminoácidos totales. Conceptos como proteína digestible, aminoácidos disponibles y proteína ideal deberían constituir parte de los análisis normales realizados por las plantas de alimentos balanceados.

En conclusión, las fórmulas y los programas de alimentación deben tener en cuenta que los requerimientos de los animales varían en función del estado fisiológico y productivo. Parece claro que los principales factores que deben tenerse en cuenta en la formulación de dietas para conejos en crecimiento es la relación proteína/energía, el porcentaje de fibra no digerible, el almidón y la FDA, éste último considerado un predictor relativamente robusto de digestibilidad de la dieta (Jehl *et al.*, 1998). Los márgenes de seguridad deben ser superiores en sujetos sensibles como los gazapos al destete cuando la mortalidad representa la principal preocupación del criador. Un elevado nivel proteico y de almidón es tolerable en las conejas adultas visto que son menos susceptibles a sufrir problemas digestivos y dados los altos requerimientos nutritivos para sostener la lactancia y la preñez en forma simultánea. En teoría, si las dimensiones del criadero lo permiten, deberían formularse tres tipos de alimento: 'alimento para madres', de alta energía y alto nivel de aminoácidos, moderado contenido de macroelementos y fibra; 'alimento para conejos al destete', moderado contenido de energía y proteína, rico en aminoácidos, muy rico en fibra y adecuado nivel de macroelementos y 'alimento para engorde' alto contenido en energía y moderado contenido de aminoácidos y macroelementos, rico en fibra. La empresa fabricante también deberá tener en cuenta la existencia de otros tipos de alimentos balanceados como son los 'alimento para ciclo único', para pequeños criaderos intensi-

vos y alimentos específicos para conejos de piel, pelo y machos.

DIGESTIÓN Y SISTEMA INMUNITARIO

Como explican Gidenne y García (2006), el tracto digestivo tiene dos funciones: la digestión de los nutrientes y la protección contra microorganismos patógenos. Estas dos funciones maduran gradualmente a partir del nacimiento, influenciadas por la edad, la dieta, el crecimiento animal y la interacción entre microorganismos, y se estabilizan entre las ocho y diez semanas de edad. Para cumplir con estas dos funciones, la mucosa está compuesta por el epitelio digestivo, el tejido linfóide asociado y el mucus que recubre el epitelio.

La anatomía del tracto digestivo se completa a las 9 semanas de edad, a excepción del apéndice del ciego que crece hasta las 11 semanas. Durante las primeras semanas de vida, la morfología del epitelio intestinal sufre profundos cambios; las vellosidades intestinales al inicio estrechas y alargadas (forma de 'dedo') se ensanchan (forma de 'lengua'). La maduración histológica de la mucosa intestinal es incompleta hasta los 20 días de edad y sigue un gradiente próximo-distal; la mucosa de la pared del ciego y colon sufre cambios a partir de los 16 días con la aparición de las crestas y cuando comienza la actividad fermentativa a partir de la flora establecida. Las modificaciones estructurales que ocurren durante la fase de maduración determinan un aumento importante en la superficie de intercambio. El desarrollo del sistema enzimático de los animales depende principalmente de factores ontogénicos pero puede ser influenciado por factores externos como ser la edad de destete y el tipo de alimentación; por el contrario, el desarrollo de la flora microbiana depende de los nutrientes que entren al ciego y consecuentemente, de la digestibilidad de la dieta.

Son muchos los factores que aseguran la acción defensiva de la mucosa intestinal contra los patógenos, los que pertenecen al sistema inmune y los no-inmunológicos como ser los movimientos peristálticos, la

renovación permanente del epitelio digestivo, el mucus que contiene sustancias bacteriolíticas o bacteriostáticas (lactoferrin, lactoperoxidasa y lisozima) y la competencia entre la flora estable y los patógenos. Cuando estos mecanismos no inmunológicos no logran eliminar al agente patógeno, se activa el sistema inmunológico del sistema linfóide asociado a la mucosa intestinal.

La organización del sistema linfático en el conejo es similar al de otros mamíferos pero presenta dos estructuras adicionales, el *sacculus rotundus*, ubicado en la unión ileo-cecal y el apéndice del ciego. La primer respuesta inmune (innata), no específica, es la primer línea de defensa contra los patógenos y está presente en todo el tracto gastrointestinal; la respuesta adaptativa o adquirida en cambio, dirigida a agentes externos determinados, actúa a través de específicos sitios de inducción (identificación del agente y activación de células que comienzan una reacción contra los antígenos) y sitios efectores (eliminación del agente indeseado; Drouet-Viart y Fortun-Lamothe, 2002). Los sitios de inducción contienen células linfoides organizadas en folículos linfoides como los parches de Peyer; los conejos tienen de 2 a 10 de estos parches a lo largo del intestino delgado. Tanto el apéndice del ciego como el *sacculus rotundus* tienen cientos de folículos abovedados cuya organización es similar a la de los parches de Peyer (Mage, 1998) siendo la función de los tres, la eliminación de las macromoléculas y microorganismos del lumen del intestino a las células linfoides.

PRESENTACIÓN

El alimento debe ofrecerse al conejo en forma sólida y seca ya que al roer, no ingiere partículas pequeñas ni polvo; en la práctica esto equivale al pelleteado. Respecto al tamaño del pellet, después del trabajo publicado en 1996 por el equipo de la Universidad de Pádova, se determinó que el tamaño ideal es de 4,5 mm de diámetro por 10 mm de largo aunque es normal encontrar pellets de menor diámetro (3,5 mm); en cambio hay consenso respecto que el conejo no ingiere

pellets más largos, cortándolos y despreciando lo que sobra. El otro aspecto esencial es la dureza. Un pellet blando se deshace y no es ingerido por lo que representa una pérdida; por el contrario un pellet muy duro no resulta apetecible para el conejo y se verifica menos frecuencia de ingestas. Otro punto importante es la presencia de polvo. Este puede provenir de defectos de fabricación tales como un pelleteado defectuoso (por escasa o errónea utilización de aglutinantes o en el prensado) o ser fruto de una dureza inadecuada que permite que el pellet se deshaga durante el manipuleo y transporte. La presencia de polvo tiene dos consecuencias nefastas: el polvo se pierde generando pérdidas económicas, e irrita las vías respiratorias del conejo iniciando la secuencia coriza - neumonía - pasteurelosis.

Incluso bien almacenado, el alimento tiene una vida útil breve, que difícilmente excede los 30 a 40 días, ya que aumenta la probabilidad de humedecerse con el consecuente desarrollo de hongos. Si bien la única forma precisa de determinar contaminación ya sea de microorganismos o toxinas es a través de los respectivos análisis, su costo lo hace inviable en la práctica diaria. Una forma sencilla de descartar problemas groseros es observar el aspecto general: color (sin manchas en la superficie del pellet sospechosas de colonias de microorganismos); dureza (un pellet humedecido es más blando, se quiebra fácil y/o se hace polvo), olor (sin olores rancios ni putrefactos), sabor (por masticación, sin sabores a húmedo o amargos).

Cabe recordar que los fabricantes pueden modificar los ingredientes o el tamaño de las partículas por diferencias en la molienda sin alterar los valores declarados en la etiqueta, ya que aunque dichos valores respondan a las exigencias oficiales no ofrecen la totalidad de la información necesaria.

La preparación de los alimentos es un proceso importante y delicado ya que un alimento sano y que satisfaga los requerimientos de cada tipo de animal, mejora sensiblemente la productividad y la calidad de carne producida por el criadero. La filosofía de una industria productora de alimentos balanceados debe prever que una importante parte del

esfuerzo empresarial sea dedicado a la investigación: no se puede mejorar cualitativamente el producto ofrecido sin una constante actualización tecnológica. Los resultados de las investigaciones en el sector de la nutrición del conejo deberían probarse 'a campo' en experiencias controladas por la propia empresa con el fin de establecer, desde el punto de vista nutricional, la formulación óptima del producto.

INGREDIENTES EN LA ALIMENTACIÓN PRÁCTICA

Los alimentos para conejos pueden formularse a partir de pocos ingredientes cuyas proporciones buscan cumplir con los requerimientos propios de cada estado fisiológico. Cuando algún aminoácido u oligoelemento queda sin cubrir, es mejor suplementar el alimento con dichos elementos obtenidos de la industria y no complicar la fórmula con otros ingredientes que pueden generar desbalances. Resulta esencial mantener la formulación a lo largo de cada período de crecimiento o desarrollo.

La fuente de calorías más económica en Sudamérica es el maíz; si bien algunos de sus componentes son cuestionables para utilización en conejos, su bajo costo lo vuelve inevitable. El trigo (así como la avena, la cebada y el centeno) tienen ventajas sobre el maíz en cunicultura, y son los cereales usados en Europa; por su mayor costo, su uso es más restringido. Como complemento calórico a los hidratos de carbono, se utilizan grasas que pueden provenir del girasol o de la soja. Esto soluciona también el aporte de una variedad de ácidos grasos aunque no debe olvidarse que los lípidos de la dieta inciden en gran parte sobre la composición lipídica de las grasas corporales del conejo a venta. A bajos niveles de inclusión, la digestibilidad de los lípidos es casi 100 %; la adición de grasa muestra tasas de crecimiento comparables pero mayor eficiencia alimenticia debido a la mayor ingesta de energía (Maertens, 1998). En las madres, las dietas enriquecidas en grasas favorecen la ingesta de energía adicional que se utiliza principalmente para la producción de leche (Xiccato, 1996, Fortun-Lamothe, 1997).

Otro componente básico para el conejo es la proteína y los cereales son relativamente pobres en ellas. Por eso es necesario suplementar la formulación con proteínas que normalmente provienen de la soja o girasol. Los requerimientos de aminoácidos (AA) de los conejos destetados disminuyen con el aumento de la edad (Maertens *et al.*, 1997), por lo que recomendaciones dietéticas de AA conjuntas para la fase de crecimiento y terminación subestiman probablemente las necesidades de AA de conejos jóvenes (tres a siete semanas), pero los sobrestiman en la fase de engorde (ocho a once semanas de edad). Un programa de alimentación que contemple al menos el alimento de post destete y el de engorde separadamente, proporcionaría dietas más adaptadas a los requerimientos de las diferentes edades, que resulta en una producción más eficiente. Sin embargo, se carece de datos relativos a la digestibilidad cierta de todos los AA; la cecotrofia en el conejo complica aún más una evaluación correcta como se realizó en cerdos y aves de corral.

El otro elemento crítico en el conejo es el aporte de fibras. No todas las fibras son iguales, por lo que el balance entre fibras que se digieren tal como la celulosa y otras que no tal como la lignina debe ser cuidado. Casi todos los ingredientes mencionados tienen cierta cantidad de fibras, pero en proporción insuficiente. El adecuado balanceo se logra con agregado de ingredientes ricos en fibras, y por su disponibilidad y precio se combinan los salvados, esencialmente afrechillo de trigo, y la alfalfa.

Los insumos mencionados tienen todos los principios nutritivos en diferentes proporciones por lo que la formulación definitiva requiere un análisis donde la mayor o menor proporción de cada insumo irá en función del aporte de cada uno de los principios nutritivos más sus características constitucionales distintas.

Aparte de los ingredientes básicos, es necesario suplementar con ciertos elementos que o bien no están presentes en dichos insumos o lo están en cantidades insuficientes. Estos aditivos suelen llamarse 'premix' o núcleos vitamínico - minerales, más otras sustancias, tales como ciertos aminoácidos.

Dentro de ese núcleo o dosificado por separado, se incluyen el calcio, el fósforo, la sal (cloruro de sodio) y otros. Lógicamente la base de un buen alimento es una adecuada formulación y la utilización de ingredientes de primera calidad y un núcleo correcto es casi igual de importante para satisfacer las necesidades de un plantel de buen rendimiento.

Conversión

El índice de conversión se define como el cociente entre el alimento consumido durante cierto período de tiempo y el aumento de peso experimentado en dicho tiempo, o sea cuanto alimento hace falta para que el animal gane 1 kilogramo de peso. Carece de unidad ya que divide kilos por kilos.

La conversión depende de muchos factores: la capacidad propia de la especie para incorporar tejido a partir del alimento, la capacidad propia del individuo, el alimento, las condiciones ambientales, el estado de salud, etc. Debemos tender al menor índice de conversión posible pues el mercado no pagará la ineficiencia de producción.

Como especie, el conejo tiene una conversión bastante variable y a través de la selección se han visto valores que van desde 1,8/2 al destete hasta tres sobre la finalización (2500 kg de peso). La media durante este período (35-75 días), se sitúa entre 2,7 a 2,8. Esto significa que un conejo destetado con 700 gramos consumirá como mínimo 5 kg de alimento seco hasta alcanzar su peso de venta. Sin embargo, conejos no seleccionados pueden tener valores muy superiores incluso en razas comerciales.

Cuando las condiciones no son óptimas, el conejo consumirá más alimento sin aumentar de peso proporcionalmente. El hacinamiento, las altas temperaturas, las corrientes de aire, los ruidos, y otras alteraciones ambientales afectarán la conversión, siendo la de mayor impacto el estado de salud; un proceso agudo tal como una diarrea significa alimento desperdiciado, así como procesos crónicos muchas veces desapercibidos. El alimento juega un rol importante en el índice de conversión: una dieta pobre en proteínas y energía, excesiva en fibras u otros

componentes no digeribles, lleva al animal a comer más para cubrir sus requerimientos aumentando el índice de conversión. Este es el defecto más común en los alimentos económicos hechos con exceso de ingredientes de bajo costo (afrechos, forrajes, restos de otras producciones, etc).

La conversión global es un índice que resulta de dividir todo el consumo de alimento del criadero a lo largo de un período, por los kilos de conejo producido. Este índice contempla el alimento que consumen los reproductores, los animales muertos, la reposición, etc., y por lo tanto es una medida de la eficiencia global de la explotación. Comparándola contra la relación entre el costo del alimento y el precio del conejo, tendremos una idea clara del margen bruto que habitualmente se llama margen alimentario, ya que el resto de los componentes del costo suelen ser más o menos fijos. Como referencia, la conversión global en los establecimientos europeos oscila hoy alrededor de cuatro aunque hay algunos que han llegado a valores tan bajos como 3,5.

Mejora de la eficiencia de la alimentación

Por posibilidades genéticas

Existen diferentes posibilidades para reducir el índice de conversión alimentaria. La eficiencia de utilización de un alimento para su conversión en carne depende en gran medida del potencial genético. Recién a partir de la década del '90 comienzan a utilizarse líneas paternas terminales especializadas en aumentar la ganancia diaria de peso y mejorar la eficiencia de la alimentación. El gran potencial de tales líneas ha sido demostrada por Blasco *et al.* (1996) y Rochambeau *et al.* (1996).

A través de la nutrición

Existen muchos factores nutricionales que interfieren en la utilización de los minerales dietarios por parte de los animales, principalmente el nitrógeno y el fósforo. Debe evitarse alimentar a los animales por encima de sus necesidades así como suminis-

trar dietas desequilibradas, que conducen a eliminar más residuos en el medio ambiente. Cuanto mejor se ajusten las fórmulas a los requerimientos reales de cada fase de producción, habrá una mayor adaptación del alimento a los requerimientos y por tanto una menor excreción de minerales.

Ya en la década del '90, Maertens demostró que en general, las dietas para conejos contienen en promedio un exceso de proteína. Una dilución del contenido de proteínas de la dieta desde 17,1 hasta 15,7 % (período 32-74 días de edad) resultó en una disminución del 11 % de la excreción de nitrógeno con los mismos resultados zootécnicos si los AA limitantes lisina, azufrados y treonina estaban cubiertos (Maertens *et al.*, 1997); por debajo del 15,7 % de proteína dietaria se obtuvieron menores performances zootécnicas durante las primeras semanas después del destete. Debido a la interacción significativa entre la dieta y la edad de los conejos, se demostró una respuesta dependiente de la edad con contenido de proteína y aminoácidos de la dieta; los conejos jóvenes necesitan mayor contenido de proteína (y AA) en la dieta que en su etapa final. Maertens y Luzi, (1997) ensayaron la 'alimentación por fases', a fin de determinar los requerimientos reales de los animales en sus diversos estados fisiológicos, con el fin de reducir la excreción de Nitrógeno. En las distintas combinaciones de contenido de proteína de la alimentación por fases ensayada obtuvieron una reducción de la ganancia de peso de un 2,3 hasta un 6,1 %, pero la disminución observada en la excreción de Nitrógeno fue del 26,8 al 45,0 %. Estos resultados ilustraron claramente que puede conseguirse una reducción muy grande de la excreción de nitrógeno si la dieta se corresponde con los requisitos a una edad determinada.

Respecto al fósforo (P), las necesidades de los conejos son bajas y la cantidad suministrada por las materias primas alimentarias supera las necesidades tanto para el engorde como para las hembras (Lebas y Jouglar, 1990); un contenido de P de 4,8 g/kg es suficiente para obtener un rendimiento máximo y para asegurar la resistencia de los huesos (Lebas *et al.*, 1998). Sin

embargo, la reducción de la excreción de P no es realizable en condiciones prácticas ya que para obtener un nivel de P en la dieta de 5 g/kg no se pueden utilizar varias materias primas ricas en P como ser los granos y sus subproductos.

En un criadero comercial, aproximadamente las 2/3 partes del alimento es consumida por los conejos en engorde y un 25-30 % en la maternidad. Durante las 6 semanas del período de engorde, el 65 % de la alimentación se consume en la segunda mitad de dicho período. Estos datos se refieren a un criadero con ritmo reproductivo de 42 días entre partos, la edad al destete de 30 días y los conejos se venden a la edad de 72 días (2,4 kg). Por lo tanto, la utilización de dietas de terminación adaptadas (densidad de energía) contribuye en gran medida a mejorar la eficiencia de la alimentación del criadero; esta relación inversa entre el contenido de energía y la conversión alimenticia también se verifica en las dietas concentradas.

Mediante la reducción de la mortalidad

La tasa de conversión de alimento se ve fuertemente afectada por la tasa de mortalidad ya que no sólo se pierde todo el alimento consumido por estos conejos, sino que también reducen la eficiencia de la madre. Uno de los factores dietéticos vinculados con la tasa de mortalidad en el período de engorde es el efecto de la lignina en la dieta sobre la velocidad de paso y su efecto protector contra la diarrea (Gidenne y Pérez, 1994; Pérez *et al.*, 1994); la tasa de mortalidad debida a trastornos digestivos está estrechamente relacionada ($r^2= 0,99$) con el nivel de la lignina (LDA: Mortalidad (%) = 15,8 a 1,08 LDA (%)). Gidenne *et al.* (1998) demostraron que dietas con el mismo nivel de almidón y LDA, pero una relación lignina / celulosa muy divergentes mostraron una respuesta clara entre velocidad de tránsito y riesgo de problemas entéricos por lo que los requisitos de fibra en engorde se expresarían mejor como un nivel mínimo de LDA en la dieta (> 5 %) que como fibra bruta o FDA.

Por otro lado, la sensibilidad de los conejos jóvenes a altos niveles dietéticos de almidón ha sido profusamente demostrada (Lebas y Maitre, 1989; Blas *et al.*, 1994; Peeters *et al.*, 1993; Maertens, 1995); algunos resultados indicarían que una alta capacidad buffer de la dieta conduce a un aumento de los niveles sanguíneos amoníaco y urea (Briens *et al.*, 1998). Sin embargo, cuando los conejos están contaminados con agentes altamente patógenos, la mortalidad se produce incluso con una dieta considerada como 'segura' (ej. Enterocolitis) y la mortalidad se muestra bastante independiente de la dieta utilizada.

Intervalo entre partos

En criaderos con animales y dietas adecuadas, se puede lograr una conversión alimenticia (sin mortalidad) menor a 3 durante el periodo de engorde. Sin embargo, para obtener una conversión alimenticia global favorable de todo el criadero, no sólo debe considerarse el consumo de alimento sino que también resulta importante la producción de conejos destetados. El uso intensivo de hembras, con intervalos cortos entre las camadas, restringe la cantidad relativa de alimento consumido por la población de 'reproducción'; consecuentemente, el incremento de animales destetados/hembra/año deriva en una eficiencia alimenticia mejorada.

BIBLIOGRAFÍA

- BELLIER, R.** 1994. Contrôle nutritionnel de l'activité fermentaire caecal chez le lapin. Thèse de Doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Inst. National polytechnique de Toulouse, 117p.
- BELLIER, R.; GIDENNE, T.** 1996. Consequences of reduced fiber intake on digestion, rate of passage and caecal microbial activity in the young rabbit. *British Journal and Nutrition*, 75: 353-363.
- BELLIER, R.; GIDENNE, T.; VERNAY, M.; COLIN, M.** 1995. In vivo study of circadian variations of the caecal fermentation pattern in post weaned and adult rabbits. *Journal of Animal Science*, 73: 128-135.

- BJÖRNHAG, G.** 1981. The retrograde transport of fluid in the proximal colon of rabbits. Swedish. Journal of Agricultural Research, 11: 63-69.
- BLAS, E.; CERVERA, C.; FERNANDEZ-CARMONA, J.** 1994. Effect of two diets with varied starch and fibre levels on the performances of 4-7 week old rabbits. World Rabbit Science, 2: 117-121.
- BLASCO, A.; PILES, M.; RODRIGUEZ, E. PLA, M.** 1996. The effect of selection for growth rate on the live weight growth curve in rabbits. En: Proceedings 6th World Rabbit Congress, July 9-12, Toulouse (France), Vol 2: 245-248.
- BORIELLO, S.P.; CARMAN, J.R. 1983. Cit. da PATTON, N.M.** 1983. Research review. Journal of Applied Rabbit Research, 6: 61.
- BRIENS, C.; COLTURATO, P.; FLORIN, H.; MAIANI, A.; ROSELL, J.M.; ROY, P.; STEPHAN, S.; TERREROS, E.** 1998. Influence du pouvoir tampon de l'aliment sur les performances zootechniques, la mortalité et les paramètres sanguins chez le lapin en engraissement. In : Proc. 7èmes Journ. Rech. Cunicole Fr. Lyon: INRA-ITAVI, 187-190.
- CARABAÑO, R.; MOTTA-FERREIRA, W.; DE BLAS, C.; FRAGA, M.J.** 1997. Substitution of sugarbeet pulp for alfalfa hay in diets for growing rabbits. Animal Feed Science and Technology, 65: 249-256.
- CARABAÑO, R.; FRAGA, M.J.; SANTOMA', G.; DE BLAS, J.C.** 1988. Effect of diet on composition of cecal contents and on excretion and composition of soft and hard feces. Journal of Animal Science, 66: 901.
- CASSEN, R.G.** 1977. Muscle biochemistry: the importance of miofiber type. Food Technology, 31: 76-83.
- CHEEKE, P.R.** 1987. Rabbit feeding and nutrition. Florida: Academic Press Orlando.
- CHEEKE, P.R.; PATTON, N.M.** 1980. Carbohydrate overload of the hindgut. A probable cause of enteritis. Journal of Applied Rabbit Research, 3 (3): 20-23.
- DE BLAS, J.C.** 1992. The roles of fiber in rabbit nutrition. Vth World Rabbit Congress, Corvallis. Vol. B, 1329-1343.
- DE BLAS, J.C.; PEREZ, E.; FRAGA, M.J.; RODRIGUEZ, M.J.; GALVEZ, J.F.** 1981. Effect of diet on feed intake and growth of rabbits from weaning to slaughter at different ages and weights. Journal of Animal Science, 52: 1225-1232.
- DE BLAS, J.C.; SANTOMA, G.; CARABAÑO, R.; FRAGA, M.J.** 1986. Fiber and starch level in fattening rabbit diets. Journal of Animal Science, 63: 1897-1904.
- DE BLAS, C.; GARCÍA, J.; CARABAÑO, R.** 1999. Role of fiber in rabbit diets. A review. Annales De Zootechnie, 48: 3-13
- DOJANÁ, N.; COSTACHE, M.; DINISCHIOTU, A.** 1998. The activity of some digestive enzymes in domestic rabbits before and after weaning. Animal Science, 66: 501-507.
- DROUET-VIART, F.; FORTUN-LAMOTHE, L.** 2002. Review: the organization and functioning of the immune system: particular features of the rabbit. World Rabbit Science, 10: 15-24.
- FALCÃO E CUNHA, L.** 1988. Os constituintes do parede celular no processo digestivo de coelho. Thèse de docteur en agronomie. Inst. Sup.Agronomia. Univ. Tecnica Lisboa, 359p.
- FALCÃO E CUNHA, L.; BENGALA FREIRE, J.P.; GONÇALVES, A.** 1996. Effect of fat and fiber nature on performances, digestibility, nitrogen balance and digestive organs in growing rabbits. VI World Rabbit Congress, Toulouse. Vol. 1, 157-162.
- FALCÃO E CUNHA, L.; FERREIRA, P.; BENGALA FREIRE, J.P.** 1998. Etude de l'effet de l'interaction fibres x lipides dans l'alimentation du lapin: croissance, digestibilité et paramètres fermentaires. 7èmes Journ. Rech. Cunicole Fr., Lyon. 155-158.
- FEKETE, S.; HULLAR I.; FEBEL, H.** 1989. Rabbit digestion and blood composition after fat or oil addition to the feed. Journal of Applied Rabbit Research, 12: 233-238.
- FORTUN-LAMOTHE, L.** 1997. Effects of dietary fat on reproductive performance of rabbit does: a review. World Rabbit Science, 5: 33-38.
- FORTHUN-LAMOTTE, L.; GIDENNE, T.** 2000. The effect of suckled litter on intake behavior, performance and health status of young

- and reproducing rabbits. *Annales de Zootechnie*, 49: 517-529.
- FRAGA, M.J.; BARRENO, C.; CARABAÑO, R.; MENDEZ, J.; DE BLAS, J.C.** 1984. Efecto de los niveles de fibra y proteína del pienso sobre la velocidad de crecimiento y los parámetros digestivos de los conejos. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias*, 29: 91.
- GARCIA J.; CARABAÑO R.; PEREZ L.; DE BLAS J.C.** 1996. Effect of type of fiber on neutral detergent fiber digestion and caecal traits in rabbits. *Proc. VI World Rabbit Congress Vol.1*, 175-180.
- GARCIA, J.; DE BLAS, J.C.; CARABAÑO, R.; GARCIA, P.** 1995. Effect of type of lucerne hay on caecal fermentation and nitrogen contribution through caecotrophy in rabbits. *Reproduction Nutrition Development*, 35 : 267-275.
- GIDENNE, T.** 1986. Evolution nyctémérale des produits de la fermentation bactérienne dans le tube digestif du lapin en croissance. Relations avec la teneur en lignines de la ration. *Annales de Zootechnie*, 35 : 121-136
- GIDENNE, T.** 1992. Effect of fibre level, particle size and adaptation period on digestibility and rate of passage as measured at the ileum and in the faeces in the adult rabbits. *British Journal of Nutrition*, 67 : 133-146.
- GIDENNE, T.** 1994. Effets d'une réduction de la teneur en fibres alimentaires sur le transit digestif du lapin. Comparaison et validation de modèles d'ajustement des cinétiques d'excrétion fécale des marqueurs. *Reproduction Nutrition Development*, 34 : 295-306.
- GIDENNE, T.; BELLIER, R.** 1992. Etude in vivo de l'activité fermentaire caecal chez le lapin. Mise au point et validation d'une nouvelle technique de canulation caecale. *Reproduction Nutrition Development*, 32: 365-376.
- GIDENNE T.; GARCÍA, J.** 2006. Nutritional and feeding strategies improving the digestibility health of the young rabbit. 4.3 of Chapter 4 in 'Recent advances in rabbit science'. Edited by L. Maertens and P. Coudert. ILVO.
- GIDENNE, T.; JEHL, N.** 1996. Replacement of starch by digestible fiber in the feed for the growing rabbit. 1) Consequences on digestibility and on rate of passage. *Animal Feed Science and Technology*, citt. in Gidenne T. 1996.
- GIDENNE, T.; PEREZ, J.M.** 1993. Effect of dietary starch origin on digestion in the rabbit. 2. Starch hydrolysis in the small intestine, cell wall degradation and rate of passage measurements. *Animal Feed Science and Technology*, 42: 249-257.
- GIDENNE, T.; PEREZ, J.M.** 1994. Apports de lignines et alimentation du lapin en croissance. I. Conséquences sur la digestion et le transit. *Annales de Zootechnie*, 43 : 313-322.
- GIDENNE, T.; BELLIER, R.; VAN EYS, J.** 1998. Effect of the dietary fiber origin on the digestion and on the caecal fermentation pattern of the growing rabbit. *Animal Science*, 66: 509-517.
- GIDENNE, T.; CARRE, B.; SEGURA, M.; LAPANOUSE, A.; GOMEZ, J.** 1991. Fiber digestion and rate of passage in the rabbit: effect of particle size and level of lucerne meal. *Animal Feed Science and Technology*, 32: 215-221.
- GIDENNE T.; MADEC O.; ARVEUX P.** 1998. Effects de la nature de la lignocellulose sur la digestion et les performances zootechniques du lapin en croissance. In : *Proc. 7èmes Journ. Rech. Cunicole Fr.*, Lyon. Ed. INRA-ITAVI: 151-154.
- GIDENNE T.; PEREZ J.M.** 1994. Apports de lignines et alimentation du lapin en croissance. I. Conséquences sur la digestion et le transit. *Annales de Zootechnie*, 43 : 313-322.
- GIDENNE T.; PEREZ J.M.** 1996. Apports de cellulose dans l'alimentation du lapin en croissance. I. Conséquences sur la digestion et le transit. *Annales de Zootechnie*, 45 : 289-298.
- JEHL N.; GIDENNE T.** 1996. Replacement of starch by digestible fibre in the feed for the growing rabbit. 2) Consequences on microbial activity in the caecum and on incidence on digestive disorders. *Animal Feed Science and Technology*, citt. in Gidenne T. 1996.
- JEHL N.; GIDENNE T.; LE ROUX J.F.** 1998. Emploi de rations à forte proportion de fibres digestibles: effets sur la digestion et le transit du lapin en croissance. *7èmes Journ. Rech. Cunicole Fr.*, Lyon. 137-140.

- JILGE, B.** 1980. Selective cumulation of small-size marker particles during hard faeces excretion. Proc. II World Rabbit Sci. Assoc. Congress, Barcelona. WRSA ed., 1.
- LEBAS, F.** 1979. La fisiologia della digestione nel coniglio. Selezione Veterinaria, XX (2): 129.
- LEBAS, F.** 1988. Feed evaluation and nutritional requirements 3.2. Rabbits. Livestock Production Science, 19 : 289-298.
- LEBAS, F.** 1989. Besoins nutritionnels des lapins. Cuni-Sciences, 5 : 1-27.
- LEBAS, F.; MAITRE I.,** 1989. Alimentation de présevrage. Etude d'un aliment riche en énergie et pauvre en protéines. Résultats de 2 essais. Cuniculture, 16 : 135-140.
- LEBAS, F.; CORRING, T.; COURTOT, D.** 1977. Equipement enzymatique du pancréas exocrine chez le lapin, mise en place et évolution de la naissance au sevrage. Relation avec la composition du régime alimentaire. Annales de Biologie Animale, Biochimie et Biophysique, 11 : 399-413.
- LELKES, L.** 1987. A review of rabbit enteric diseases: a new perspective. Journal of Applied. Rabbits Research, 10: 55-61.
- LENG, E.; CLAUSS, W.; HÖRNICKE, H.** 1977. Colon passage time in rabbits in relation to the formation of caecotrophes. Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe A, 24: 324-332. doi: 10.1111/j.1439-0442.1977.tb01581.x
- MAERTENS, L.** 1995. Effect of dietary technological treatments on the performances of rabbits before and after weaning. Proc. 7th Hungarian Rabbit Production day, Kaposvar 24 May, 1-11.
- MAERTENS, L.** 1998. Grasas en la nutrición de conejos. (Fats in the nutrition of rabbits). Proc. 1st AB-WRSA Rabbit Conference, September 10-11, Montecillo (Mexico), N1-N16.
- MAERTENS, L.; LUZI, F.** 1997. Reduction of N-excretion of growing rabbits using phase feeding. 10. Arbeitstagung über Haltung und Krankheiten der Kaninchen, Pelztiere und Heimtiere. Celle 14-15 Mai 1995. Ed. Deutsche Vet. Med. Gesellschaft e.V., Giessen, 136- 142.
- MAERTENS, L.; LUZI, F.; DE GROOTE, G.** 1997. Effect of dietary protein and amino acids on the performance, carcass composition and N-excretion of growing rabbits. Annales de Zootechnie, 46: 255-268.
- MAGE, R.** 1998. Immunology of lagomorphs. In Handbook of vertebrate immunology. Gabriel P., Pastoret P. P., Bazin H., Goaverts A. Eda. Academic Press limited. P. 673.
- MANNING, P.J.; RINGLER, D.H.; NEWCOMER, C.E.** 1994. The Biology of the Laboratory Rabbit. New York: Academic Press.
- MERINO, J.M.; CARABAÑO, R.** 1992. Effect of type of fiber on ileal and faecal digestibility. Proc. Vth World Rabbit Congress, Corvalis. Vol. B, 931-937.
- MORISSE, J.P.** 1982 Taille des particules de l'aliment utilisé chez le lapin. Hypothèses de relation nutrition-pathologie digestive. Revue de Médecine Vétérinaire, 133 : 635-642.
- MORISSE, J.P.; BOILLETOT, E.; MAURICE, R.** 1985. Alimentation et modifications du milieu intestinal chez le lapin (AGV, NH₃, pH, flore). Rec. Méd. Vét. 161(5): 443-449.
- ORENGO, J.; GIDENNE, T.** 2007. Feeding behavior and caecotrophy in the young rabbit before weaning: an approach by analysing the digestive contents. Applied Animal Behaviour Science, 102 : 106-118.
- PADILHA, M.T.S.** 1995. Etude des relations entre la microflora et l'activité fermentaire caecale chez le lapereau, pendant la période péri-sevrage. Thèse de doctorat. Univ. F.Rabelais, Tours, 160p.
- PADILHA, M.T.S.; LICOIS, D.; GIDENNE, T.; CARRABE, B.; COUDERT, C.; LEBAS, F.** 1996. Relationships between microflora and caecal fermentation in rabbit before and after weaning. Reproduction Nutrition and Development, 35: 375-386
- PARIGI-BINI, R.; XICCATO, G.; CINETTO, M.** 1990. Influenza del contenuto di amido alimentare sulla produttività, sulla digeribilità e sulla composizione corporea di conigli in accrescimento. Zootecnica e Nutrizione Animale, 16 (4): 271-282.
- PARTRIDGE, G.G.; GARTHWAITE, P.H.; FINDLAY, M.** 1989. Protein and energy retention by growing rabbits offered diets with increasing proportions of fiber. Journal of Agricultural Science, 112: 171-178.

- PEETERS, J.E.; ORSENIGO, R.; MAERTENS, L.; GALAZZI, D.; COLIN, M.** 1993. Influence of two iso-energetic diets (starch vs fat) on experimental colibacillosis (EPEC) and iota-enterotoxaemia in early weaned rabbits. *World Rabbit Science*, 1: 53-66.
- PEETERS, J.E.; MAERTENS, L.; ORSENIGO, R.; COLIN, M.** 1995. Influence of dietary beet pulp on caecal VFA, experimental colibacillosis and iota-enterotoxaemia in rabbits. *Animal Feed Science and Technology*, 51: 123-139.
- PEREZ, J.M.; GIDENNE, T.; LEBAS, F.; CAUDRON, I.; ARVEUX, P.; BOURDILLON, A.; DUPERRAY, J.; MESSEGER, B.** 1994. Apports de lignines et alimentation du lapin en croissance. II. Conséquences sur les performances et la mortalité. *Annales de Zootechnie*, 43 : 323-332.
- PEREZ, J.M.; GIDENNE, T.; BOUVAREL, I.; CAUDRON, I.; ARVEUX, P.; BOURDILLON, A.; BRIENS, C.; LE NAUR, J.; MESSEGER, B.; MIRABITO, L.** 1996. Apportes de cellulose dans l'alimentation du lapin en croissance. II Conséquences sur les performances et la mortalité. *Annales de Zootechnie*, cit. in Gidenne T. 1996.
- PEREZ DE AYALA, P.M.** 1989. Utilizacion de distintos tipos de fibra por los conejos en cebo. Tesis Doctoral. Madrid: Univ. Politecnica ETSIA, 115p.
- PROTO, V.** 1980. Alimentazione del coniglio da carne. *Rivista di Coniglicoltura*, 7: 17-32.
- ROCHAMBEAU, DE H.; OUHAYOUN, J.; CAVAILLE, D.; LACOSTE, J.L.; LERICHE, J.L.; PONCEAU, J.; RETAILLEAU, B.** 1996. Comparison of ten commercial strains of terminal bucks: 1. Growth and feed efficiency. *Proc.6th World Rabbit Congress*, July 9-12, Toulouse (France), Vol 3, 241-245.
- ROSELL PUJOL, J.M.** 2000. Enfermedades del conejo. Madrid: Mundi Prensa, 605 p.
- SANTOMA, G.; DE BLAS, J.C.; CARABAÑO, R.M.; FRAGA, M.J.** 1987. The effect of different fats and their inclusion level in diets for growing rabbits. *Animal Production*, 45: 291-300.
- UDEN, P.; ROUNSAVILLE, T.R.; WIGANS, G.R.; VAN SOEST, P.J.** 1982. The measurement of liquid and solid digesta retention in ruminants equines and rabbits given timothy hay (*Phleum pratense*). *British Journal of Nutrition*, 48 : 329-339.
- VERNAY, M.** 1986. Incidence de la caecotrophie sur la production, l'absorption et l'utilisation des acides organiques chez le lapin. *Reproduction Nutrition and Development*, 26: 1137-1149.
- VERNAY, M.** 1989. Incidence of the circadian rhythm of the excretion pattern on acetate absorption and metabolism in the rabbit hind-gut. *Reproduction Nutrition and Development*, 29: 185-196.
- VERNAY, M.; MARTY, J.; MOATTI, J.P.** 1984. Absorption of electrolytes and volatile fatty acids in the hind-gut of the rabbit. Circadian rhythm of hind-gut electrolytes and plasma aldosterone. *British Journal of Nutrition*, 52: 419-428.
- XICCATO, G.** 1996. Nutrition of lactating does. *Proc. 6th World Rabbit Congress*, July 9-12, Toulouse (France), Vol 1, 29-50.
- XICCATO, G.** 1998. Effect of feeding on meat quality in rabbits. *Proc. VIII Jornada de Cunicultura*, Barcelona (Expoaviga) October 29: 25-39.
- XICCATO, G.; COSSU, M.E.; TROCINO, A.; QUEAQUE, P.I.** 1998. Influence du rapport amidon/fibre et de l'addition de graisse en post-sevrage sur la digestion, les performances zootechniques et la qualité bouchère du lapin. En: *Proceedings 7èmes Journ. Rech. Cunicole*. Paris, 159-162.