DOSIER

La sepiolita se utiliza en la alimentación animal desde hace más de 25 años, periodo durante el cual se han consumido más de 2 millones de toneladas. En la actualidad su empleo sigue ocupando un lugar importante en la fabricación de piensos compuestos y en la producción ganadera.

El uso de sepiolita en alimentación porcina: nutrición y seguridad

Fernando Escribano[1], Rosil Lizardo[2], Narciso Matas[1] y Manuel Sánchez[1].
[1]Departamento de I+D. Tolsa, S.A. Madrid
[2]Dpto. de Nutrición Animal. IRTA-Mas Bové. Reus. Tarragona.

La sepiolita para alimentación animal en seco (Exal, Tolsa, S.A.) está registrada en la UE desde 1989, como aglomerante y antiapelmazante, además de tener un efecto beneficioso sobre la digestión, la salud intestinal, la calidad de las producciones, el manejo de las deyecciones y el medioambiente.

La sepiolita para alimentación líquida, es una aplicación relativamente reciente. Su fabricación requiere el empleo de una materia prima de alta pureza además de un proceso de micronización por vía húmeda, con el fin de potenciar una fácil dispersión en agua que ponga de manifiesto sus propiedades reológicas como suspensionante y espesante de la sopa. La investigación sobre el uso la sepiolita reológica (SPLF) en la alimentación líquida en España se ha intensificado en estrecha colaboración con el IRTA y con INZO° durante los últimos años (Lizardo, 2002 y 2003; Le Treut y Guillou, 2003 y 2004).

A continuación se resumen algunas de las principales razones para la utilización de SPLF en alimentación líquida porcina centrando la atención en el análisis de los factores que afectan a la calidad tecnológica de la sopa, en cuanto a su homogeneidad y fluidez, y más concretamente en la capacidad de retención de agua y su influencia sobre el agua libre. Para terminar se presenta la situación actual sobre seguridad alimentaria de la sepiolita de acuerdo a la legislación vigente en la UE.



La sepiolita en alimentación líquida porcina

En España, se prevé un continuado crecimiento en el número de granjas con alimentación líquida, aunque en la actualidad sólo representan el 1% de la cabaña porcina, aproximadamente.

Las mayores ventajas de los sistemas de alimentación líquida son: el menor coste de alimentación asociado al empleo de co-productos de la industria agroalimentaria y la posibilidad de hacer un racionamiento más ajustado a las necesidades nutritivas de los animales en sus distintas fases de producción.

Los principales inconvenientes son: la elevada inversión, el limitado conocimiento sobre el valor nutritivo de los co-productos y su disponibilidad, y la difi-

cultad de asegurar la deseada calidad tecnológica por causa de la falta de homogeneidad del alimento líquido.

Evitando la decantación se garantiza la homogeneidad y manteniendo una buena fluidez, se maximiza la flexibilidad de formulación del pienso. Para poder cumplir con estos dos requisitos es necesario conocer el contenido de agua libre de la sopa. En general se estima que la cantidad de agua libre debe estar entre 30-40% para obtener una buena homogeneidad, siempre que la granulometría y el peso específico del pienso se conozcan.

Los primeros resultados ilustrando el efecto suspensionante de la sepiolita reológica (SPLF) se obtuvieron en colaboración con ganaderos españoles (Granja Baeza, Segovia) y con investigadores y ganaderos alemanes y fueron publicados en el congreso de la Federación Europea de Zootecnia (Hoppenbrock y col, 1998).

Con la incorporación de SPLF en el pienso, se aumenta la flexibilidad de la formulación y se puede ampliar el intervalo de agua libre, dentro del cual se maximiza la homogeneidad de la sopa, con lo que se permite ajustar las condiciones de alimentación para optimizar el rendimiento y bienestar de los animales.

Las principales consecuencias de la mejor homogeneidad de la sopa son: menor tiempo de mezclado, mejor fluidez de la sopa, menor gasto de energía en mezclado y bombeo, mayor homogeneidad en el crecimiento de los animales, menor tiempo de salida al matadero, mayor número de cerdos producidos por plaza y por tanto, menor plazo para recuperar la inversión. En 2001, Parisini y col., demostraron un aumento del 34% al 49% en el número de cerdos entre 132 y 145 kg, reduciéndose el número de cerdos comprendidos en los grupos de máximo y mínimo peso. Similares resultados se han obtenido en condiciones de producción francesas, habiendo llegado a reducir el tiempo de salida al matadero hasta una semana para cada lote, lo cual representó una ganancia superior a 14 días por año en la duración del engorde.

Otra consecuencia de la mejora en la calidad de la sopa y de la menor separación entre agua y pienso es el efecto beneficioso que esto tiene sobre la salud intestinal, principalmente en animales jóvenes. En ensayos realizados en Navarra (Ollo, 2002) con lechones alimentados en seco, hasta los 8,5 kg y entre 8,5 y 35 kg de peso, el SPLF se suministró diariamente en la granja, mediante espolvoreo en el suelo, o en pequeños comederos. Con ello, desaparecieron las diarreas, mejoró el apetito, se aumento un 7% el número de lechones destetados y hasta un 16% el peso del lechón al destete. Así mismo, entre los 8,5 y los 35 kg, además de reducirse las diarreas se eliminaron las mordeduras de rabo, se redujo el coste de medicación y se mejoró el rendimiento de los lechones.

Empleando este sistema durante varios años, la Granja Baeza, en Segovia, ha conseguido eliminar prácticamente la aparición de diarreas y minimizar el empleo de tratamientos sanitarios en las primeras fases. Similares resultados han sido obtenidos por INZO° (Landeau, 2004) en condiciones francesas de producción, donde se apreció una reducción en las diarreas provocadas por *E. coli*. En la actualidad, en el IRTA, Lizardo y col. están investigando sobre estos aspectos con el fin de establecer pautas de manejo alimentario de los lechones que reduzcan los trastornos digestivos en primeras edades.

Otras ventajas zootécnicas asociadas a la inclusión de SPLF en la sopa, como media de los estudios realizados entre 1997 y 2004 se resumen en: aumento de la ganancia media diaria entre el 2-4%, del índice de transformación entre el 1-2% y de la calidad de la canal del 1% aproximadamente. Si además se tiene en cuenta el efecto derivado de aumentar la materia seca, la mejora del rendimiento puede alcanzar valores superiores al 5%. Este beneficio es en gran parte debido al aumento en el consumo diario de pienso, por lo tanto el efecto máximo se alcanza en cerdos que se encuentran en la primera fase de engorde, entre los 20 y los 60 kg de peso, aproximadamente.

Por último desde el punto de vista de la gestión medioambiental. La alimentación líquida con la inclusión de SPLF como aditivo reológico, permite optimizar el funcionamiento del sistema, mejorar el manejo de los purines, reducir la lixiviación de nitrógeno y en definitiva reducir el efecto de las deyecciones sobre el medio ambiente.

La mayoría de los resultados mencionados se han obtenido con una dosis de incorporación del 1% de SPLF en el pienso con 87% de materia seca. Sin embargo, esta dosis se ha logrado reducir hasta el 0,6-0,8%, gracias a la continua

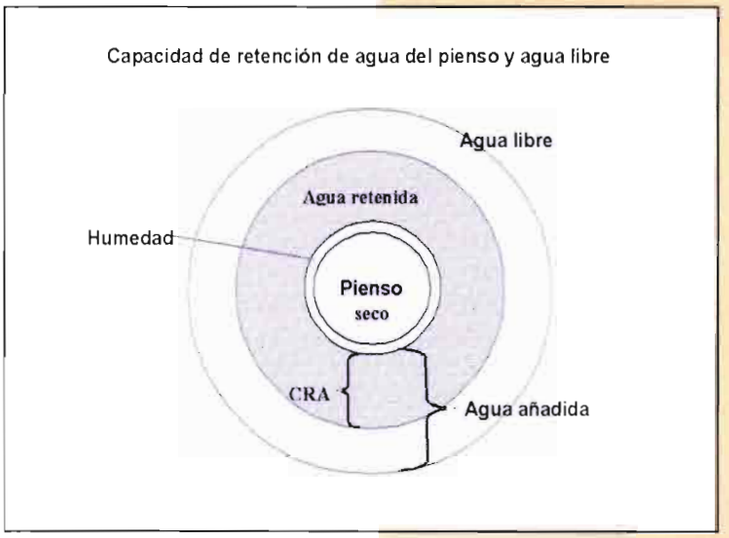


Figura 1.

La mejora en la calidad de la sopa y la menor separación entre agua y pienso tiene un efecto beneficioso sobre la salud intestinal

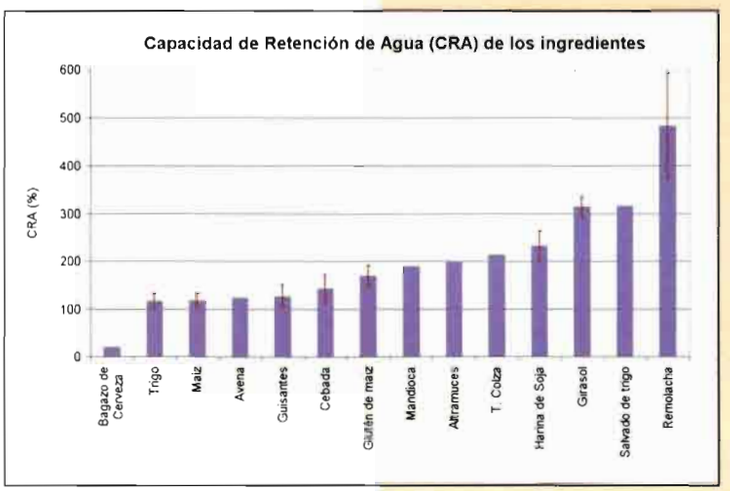


Figura 2.

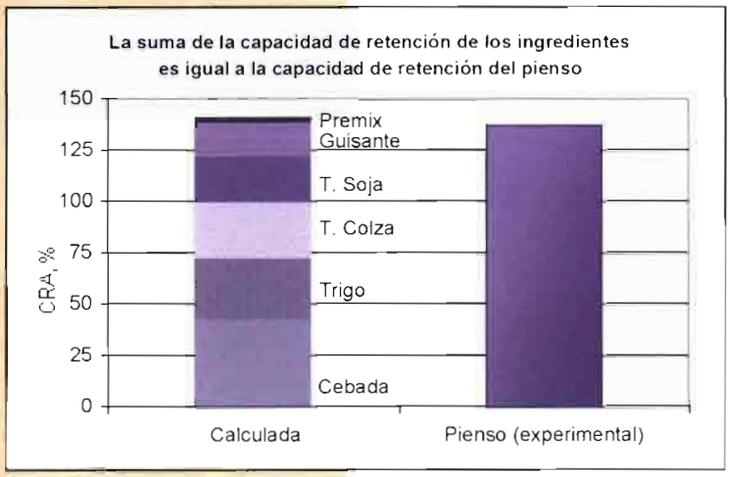


Figura 3.

mejora del proceso de fabricación y al mejor conocimiento de los factores que afectan a la calidad de la sopa durante su preparación.

Factores que afectan a la calidad de la sopa

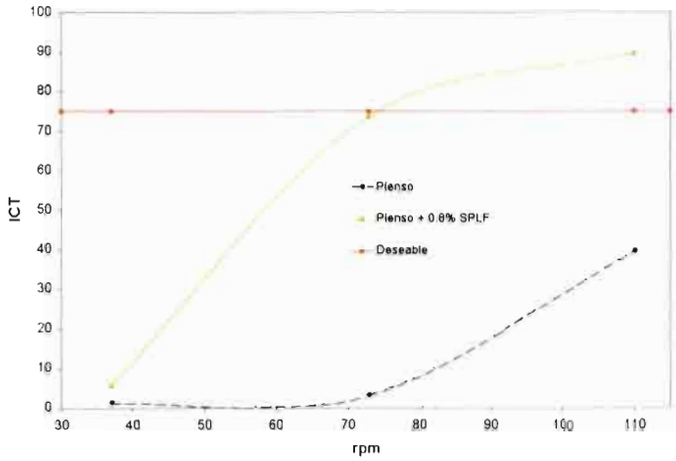
La calidad tecnológica de la sopa se considera alta cuando no se produce separación de sus componentes y el pienso está homogéneamente mezclado con el agua. El principal factor que influye sobre la calidad de la sopa es la capacidad de retención de agua (CRA) del pienso y esta, a su vez, depende de la CRA de sus ingredientes y de la proporción en que se incorpora cada uno en la fórmula.

En la **Figura 1** se presenta un esquema de los distintos tipos de agua que hay en una sopa: la humedad, el agua añadida o agua de formulación, el agua retenida o absorbida por el pienso y el agua libre o agua de la sopa que no es absorbida por el pienso.

CUADRO I. Capacidad de retención de agua de los ingredientes.

Ingrediente	CRA, %	dt
Bagazo de Cerveza (n=1)	20	
Trigo duro (n=2)	117	16
Maiz (n=5)	118	15
Avena (n=1)	123	
Guisantes (n=2)	127	23
Cebada (n=5)	142	29
Gluten de maiz (n=2)	169	21
Mandioca (n=1)	189	
Altramuces (n=1)	200	
T. Colza (n=1)	213	
Harina de Soja (n=5)	233	32
Girasol (n=2)	315	21
Salvado de trigo (n=1)	315	
Remolacha (n=2)	484	110

Figura 4. **Influencia de la velocidad de agitación en la calidad de la sopa**



El agua libre es determinante del comportamiento fluido de la sopa. Un exceso de agua libre puede provocar la sedimentación del pienso, como suele ocurrir en sopas con una alta tasa de dilución. Un déficit de agua libre puede provocar atascos por ser una sopa demasiado espesa, como puede ocurrir cuando se desea maximizar el consumo de pienso o bien cuando se emplean ingredientes con elevada capacidad de retención de agua.

En general, como ya se ha mencionado antes, la calidad de la sopa es buena cuando el agua libre se encuentra entre el 30–40%, aunque esto puede variar según el tamaño y la densidad aparente, lo cual viene determinado por el tamaño de molienda. En el **cuadro I** y la **Figura 2** se muestran ejemplos de la CRA, en orden creciente, de ingredientes comúnmente empleados en alimentación líquida.

La desviación típica es en gran parte debida al diferente tamaño de molienda de cada muestra recibida. Esto es muy significativo para la pulpa de remolacha, que puede casi duplicar su CRA si se hace una molienda fina.

La calidad y homogeneidad de una sopa se puede predecir conociendo la CRA de sus ingredientes y su porcentaje de inclusión en la fórmula **(Figura 3).** En este sentido, sería importante incluir la CRA de los ingredientes y la CRA del pienso como parámetros de formulación. De esta manera, se puede determinar la cantidad de agua libre y mediante formulación lineal, obligar a que se encuentre dentro del rango deseable del 30-40%. Con todo ello se puede tener a priori una idea del comportamiento fluido y por tanto establecer las características del pienso para obtener una sopa de buena calidad de acuerdo a la tasa de dilución deseada.

Mediante la fórmula que se presenta a continuación se determina el agua libre de la sopa en función de la capacidad de retención de agua del pienso:

AL: Agua libre, %
CRAp: Capacidad de retención de agua del pienso
X: Cantidad de agua añadida - tasa de dilución (agua de formulación)

$$AL = (X - CRA_p)/(1 + X) \cdot 100$$

Para determinar el agua libre en función de la materia seca que se desea añadir a la sopa y la humedad del pienso, se puede emplear la siguiente fórmula:

donde:

$$AL(\%) = 100 - \frac{(100 + CRA_p) \times MS}{100 - H_p}$$

AL = Agua libre
CRAp = Capacidad de retención de agua del pienso (%).
MS = Materia seca de la sopa (%).
Hp = Humedad del pienso (%).

La calidad tecnológica de la sopa se determina mediante el índice de calidad tecnológica (ICT) que se define como: la cantidad de alimento (pienso) que fluye en el ensayo de fluidez. Se calcula a partir del valor fluidez y del agua libre. Es indicativo de la homogeneidad y fluidez de la sopa según el grado de sedimentación del pienso en agua. Al no depender de la sinéresis es un valor menos subjetivo que el IF.

El ICT se determina a partir del agua libre fácilmente mediante la siguiente fórmula:

donde:

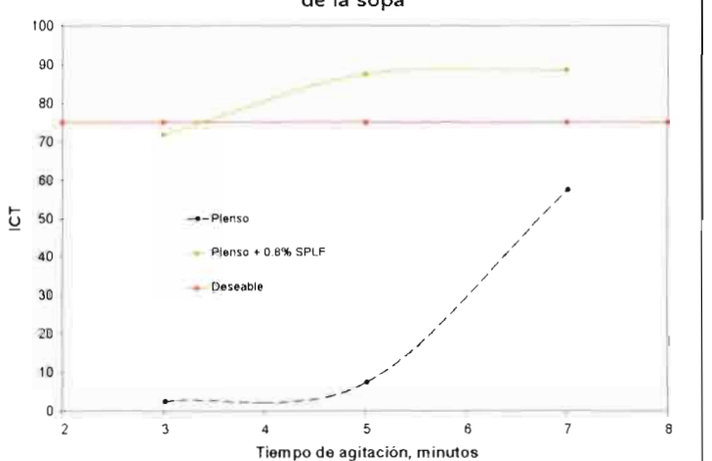
AL = Agua Libre del alimento líquido (%)

ICT = Índice de calidad tecnológica (%).

$$ICT = \frac{Fluidez - AL}{100 - AL} \times 100$$

Como referencia de calidad de la sopa se recomienda que el ICT sea igual o superior al 75%

Figura 5. **Influencia del tiempo de agitación sobre la calidad de la sopa**



En la **Figura 4** se presentan los resultados de una serie de experimentos realizados para conocer el efecto de: la velocidad de agitación, el tiempo de mezclado, la dosis de SPLF y la materia seca de la sopa sobre ICT.

Estos ensayos se han realizado con un pienso de engorde del IRTA (Referencia P-263) cuya composición porcentual era: trigo (30.0), cebada (25.0), mandioca (11.82), harina de soja (44) (18.31), guisantes (5.0), altramuces (2.0), gluten de maíz (2.0), manteca (2.0), melaza (1,0). Resto: L-lisina, DL-metionina, L-treonina, carbonato cálcico, fosfato bicálcico, sal, vitaminas y minerales.

En dicha figura se aprecia que al aumentar la velocidad de agitación se mejora el ICT de la sopa, aunque el ICT deseable no se llega a alcanzar en el pienso testigo, si no se incorpora la sepiolita reológica. La velocidad de agitación a la que se han hecho estos experimentos está dentro del rango de velocidades de funcionamiento de las mezcladoras en granja.

En cuanto al tiempo de mezclado **(Figura 5)** se observa que con 7 minutos el ICT de la sopa testigo alcanza valores del 60%, por lo se aproxima a lo deseable. Este tiempo se puede reducir a tres minutos por mezcla y a la vez obtener una mejor calidad de la sopa si se incorpora un 0,8% de SPLF en el pienso, lo cual representa más de un 50% de ahorro en el tiempo dedicado a preparar los alimentos.

En este sentido se pueden combinar el tiempo de agitación y la dosis de SPLF con el fin de encontrar la dosis más adecuada de acuerdo a las condiciones de trabajo de cada mezcladora **(Figura 6)**. Por ejemplo, en las condiciones equivalentes a las de funcionamiento de la mezcladora de la granja experimental del IRTA se observa que con un 0,6% de SPLF y 4–5 minutos



Trabajamos juntos para el bienestar de todos

Seguridad

La seguridad de nuestro producto, para las personas y los animales, es nuestra máxima prioridad.

Medio ambiente

Actuamos juntos en la protección de la naturaleza. Bactocell permite la reducción de agentes contaminantes

Salud

Reforzamos el ecosistema digestivo de los cerdos gracias al efecto barrera de las bacterias lácticas de Bactocell

Nutrición

Mejoramos la calidad nutricional de la alimentación porcina

Protección

Preservamos la calidad sanitaria de la alimentación animal reforzando, al mismo tiempo, el ecosistema de su entorno.

Para sus cerdos :
BACTOCELL®
El refuerzo de los ecosistemas.

LALLEMAND

LALLEMAND BIO, S.L
Muntaner 281, ent 3e - 08821 Barcelona
Telf : (34) 93 241 33 80 - Fax : (34) 93 202 00 41

Figura 6. Influencia de la dosis de SPLF en la calidad de la sopa

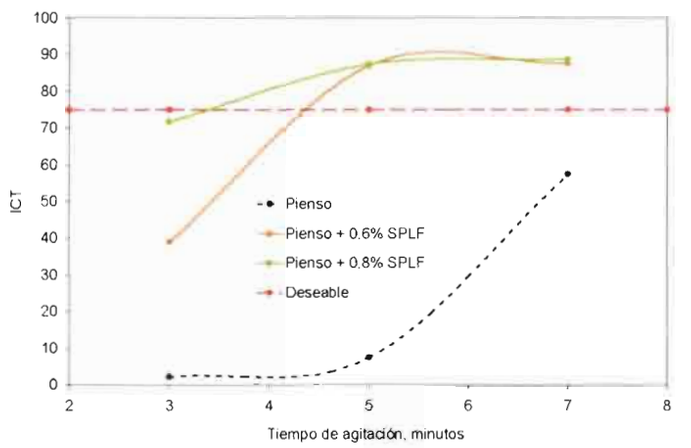
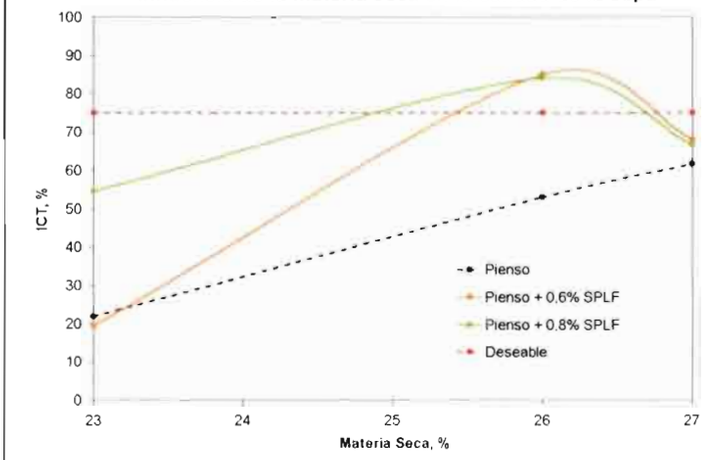


Figura 7. Influencia de la materia seca en la calidad de la sopa



de agitación es suficiente para obtener una fluidez y homogeneidad de la sopa al nivel recomendable del 75%.

Por último, en la **Figura 7** se presentan los resultados a diferentes concentraciones de materia seca y se observa cómo aumenta el ICT, al aumentar la concentración de la sopa, hasta alcanzar un máximo a partir del cual empieza a reducirse. Esta reducción es debida a una excesiva concentración de la sopa que empieza a ser demasiado espesa y por tanto poco fluida, pudiendo provocar atascos y roturas en los circuitos.

La relación entre la materia seca y el agua libre para el pienso testigo y los piensos con 0,6% y 0,8% de SPLF se presentan en el **cuadro II.**

En el momento actual, en colaboración con el Instituto Técnico de Porcino de Francia (E. Royer, ITP) y con el IRTA se están iniciando investigaciones con el objetivo de establecer las condiciones de trabajo más apropiadas, pero ajustándolos a las necesidades de agua de los animales, con el fin de maximizar el rendimiento zootécnico y económico de la explotación ganadera con sistema de alimentación en líquido.

Seguridad alimentaria de la sepiolita

Las crisis alimentarias de los últimos años han puesto de manifiesto el riesgo relacionado con la contaminación de los alimentos. En consecuencia, la Comisión Europea ha establecido una política de seguridad alimentaria para controlar el riesgo y la trazabilidad de los alimentos destinados a consumo humano. Desde mayo de 1999, cuando se desató la crisis de las dioxinas, ha sido necesario estudiar con profundidad, la situación particular de la sepiolita para dar respuesta a las demandas procedentes de la Comisión y del propio mercado, en relación con el origen, la trazabilidad y la seguridad de la sepiolita en alimentación animal

La sepiolita es un silicato de magnesio hidratado cuyo origen y génesis tuvo lugar hace unos 15 millones de años, en la zona Noreste de Madrid, en un ambiente geológico de calma tectónica y fuerte evaporación, que permitió la sedimentación geoquímica de la sepiolita.

El sistema de minería selectiva, el extenso muestreo y la gestión de la calidad certificada bajo:

- Normativa de calidad (ISO 9001 desde 1996).
- Buenas prácticas de fabricación (GMP-13 desde 2003).
- Análisis de peligros y control de puntos críticos (HACCP desde 2003).

Esto permite garantizar una correcta trazabilidad de los productos desde su extracción en la mina, durante el proceso de fabricación y comercialización hasta su venta a la industria de la alimentación animal.

Todo ello asegura la adecuada monitorización de los productos y procesos en cuanto al control de las sustancias indeseables que requiere la seguridad alimentaria de los productos de sepiolita para alimentación animal Exal y SPLF.

En definitiva, este sistema de calidad certificada y buenas prácticas de fabricación demuestra una vez más que, después de 25 años en el mercado de alimentación animal, la sepiolita sigue siendo un aditivo seguro y sano para los animales, los consumidores y el medioambiente.

CUADRO II. Relación entre MS y AL para el pienso testigo y los piensos con 0,6% y 0,8% de SPLF.

Materia seca %	SPLF %	Agua libre %
23	0	39.81
	0.6	39.09
	0.8	38.85
26	0	31.96
	0.6	31.14
	0.8	30.87
27	0	29.34
	0.6	28.49
	0.8	28.21

Animal Nutrition

¡Exija Transparencia!

BASF
The Chemical Company



NOVEDAD:
¡Ya está autorizado su uso en cerdas!

FORMI®

Formi® – El primer substituto a los aditivos antibióticos aprobado en la UE

- Seguro para el consumidor
- Controla salmonella en la granja
- Prevención de colibacilosis al destete
- Mejore su rentabilidad mejorando el crecimiento y el rendimiento del pienso

BASF Española
Ctra. Nacional 340, km.1156
43006 Tarragona

Tel. 977 25 64 83
Fax 977 55 10 58
nutricionanimal@basf.es

MEEA05102s

DOSIER

La preparación y distribución mecanizada de un alimento líquido a cerdos de engorde o a cerdas, impone programar comidas de tamaño predefinido.

Gestión de planes nutricionales en alimentación líquida

David Guillou y Emmanuel Landeau.
INZO°, Francia.

Al contrario de lo que se puede observar con los comederos para pienso seco o semihúmedo, los animales en alimentación líquida no fragmentan la ingesta a lo largo del día con visitas múltiples al punto de alimentación (o de bebida); los cerdos están condicionados a las horas de comida, a la cantidad de pienso y al agua disponible en este momento.

La necesidad de planificar la distribución de alimento condujo naturalmente a definir planes previsionales de las cantidades de pienso o de nutrientes a distribuir cada día, o a cada comida. Las soluciones encontradas en las granjas son muy diversas, para objetivos de producción muy similares; esa diversidad merece comentario. Luego consideraremos las consecuencias prácticas del uso de los planes nutricionales.

Descripción de los planes que se encuentran en las granjas

Dos tipos de planes se encuentran en las granjas francesas con alimentación líquida: en la mayoría, una curva de crecimiento teórica está instalada en el software que controla el sistema, luego la cantidad de alimento depende del crecimiento objetivo (o a la conversión teórica esperada); hay también situaciones donde sólo se define el consumo diario a lo largo del tiempo.

La distribución de alimento puede estar expresada en kg de pienso, en kg de sopa, en kg de materia seca, en kcal de energía digestible o de energía neta.

El tipo del plan encontrado depende del proveedor del sistema, de la edad del equipo y del modo de alimentación en la granja (pienso completo de origen externo o procesado en la misma granja).

Una encuesta realizada en el otoño 2004 en la Bretaña, con unos 20 ganaderos de porcino nos enseñó lo siguiente:

- La mayoría (94%) de los ganaderos imponen un tope de consumo del pienso de finalización. El valor del tope varía en función del peso o la edad de los cerdos al inicio de dicho tope.
- El 10% de los planes nutricionales encontrados son los dados por defecto a la instalación.
- El 60% de los planes fueron instalados por un técnico (proveedor de pienso, cooperativas de ganaderos, etc.) sin presencia del ganadero; la curva de crecimiento y la curva de consumo pueden ser instaladas por personas distintas, pues se encuentran desfasadas.
- El 25% de los planes tienen más de 10 años.
- En el 50% de los ganaderos que compran el pienso, el

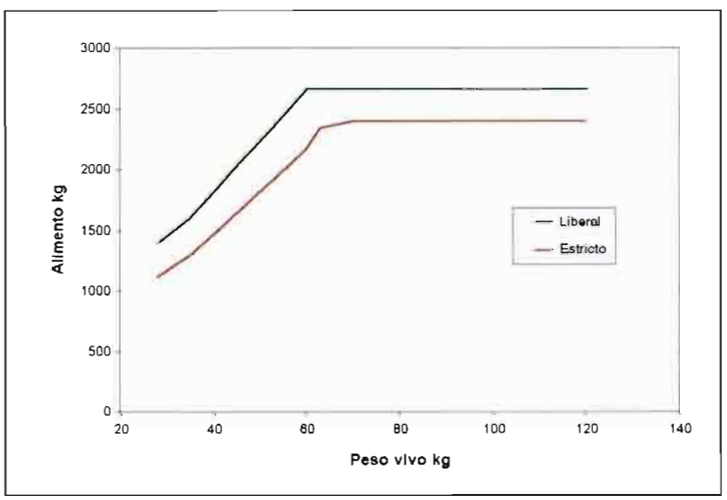


Figura 1.
Dos ejemplos comunes de plan de racionamiento.

plan no cambia a lo largo del año, incluso si varía el peso inicial de los cerdos de engorde; un plan único está definido para todos los cerdos, sea cual sea el peso inicial y para todos los grupos que pasan uno después del otro; pero el plan siempre será modulado.
- Sólo los que fabrican su pienso varían la dilución del alimento líquido. Ni un ganadero tenía un control de dilución realizado en su granja.

Modular el plan es una función del sistema que permite adaptar la distribución de sopa a lo que se observa en las comidas previas. Más veces, modular consiste en la reducción del tamaño de la próxima comida en una proporción, por observar rechazos en los comederos. Así, se espera mejorar el índice de conversión al reducir derroche y siguiendo la ingestión más de cerca. A veces, la modulación se realiza aumentando la distribución en un tanto porcentual con el objetivo de acercarse al consumo *ad libitum*, para mejorar la ganancia diaria. Modular se realiza al nivel de cada válvula. En una sala de engorde, cerdos contemporáneos no tendrán realmente el mismo nivel alimenticio con un plan nutricional de referencia igual. Sólo los programas informáticos más recientes pueden conservar los resultados de las modulaciones. Con los programas antiguos, estos datos se pierden. En este caso, los datos de distribución no pueden extraerse para calcular el índice de conversión de los cerdos.

Con las observaciones de nuestra encuesta, podemos describir un plan nutricional tipo, observado en Bretaña durante 2005:
- Con excepciones muy escasas, la curva de crecimiento de referencia es una función casi lineal del tiempo en engorde: expresar el consumo en función del peso o del tiempo da igual.
- El nivel alimenticio del primer día varía entre 37,5 y 59,3 g de pienso seco (86% MS) por kg de peso vivo, siendo este entre 25 y 40 kg.
- En el 60% de las granjas, el aumento del plan nutricional está cerca de 30 g/día (entre 29 y 33); se encuentran también aumentos más lentos (18-25) o más intensivos (35-45).
- El tope varia entre granjas: se identifica un grupo «estricto», con un tope entre 2,25 y 2,40 kg de pienso por día, y un grupo «liberal» (84% de las granjas en la encuesta) entre 2,55 y 2,95 kg/día. El tope puede empezar tanto a 55 kg de peso vivo como a 75.

La **Figura 1** presenta un ejemplo de plan «estricto» (40 g/kg PV el día 1, 25 g/d de aumento hasta un tope de 2,40 kg) y un ejemplo de plan «liberal» (50 g/kg el día 1, 30 g/d de aumento, tope de 2,66 kg). En este ejemplo, se puede calcular una diferencia de intensidad nutricional de 25% entre el arranque y el principio del tope, 11% al tope.

Parece lógico considerar que diferencias como estas corresponden a objetivos distintos. Eso es lo que intentaremos ilustrar a continuación.

Ventajas de los planes nutricionales: planificación del engorde

Modelización de los rendimientos zootécnicos

Los modelos de crecimiento suelen ser presentados como herramientas de ayuda para la toma de decisiones en explotaciones de porcino. A nivel teórico, el interés de su utilización es claro, pero es más difícil convencerse del interés para la gestión técnico-económica.

Ni siquiera, el interés de tener planes nutricionales predefinidos para predecir los rendimientos zootécnicos parece evidente: no hace falta predecir la ingesta cuando es *ad libitum*.

Las diferencias entre las situaciones a simular, debidas a las condiciones ambientales, a la calidad de manejo, al edificio, a las líneas genéticas, etc., son atenuadas cuando se conoce el plan nutricional de la granja.

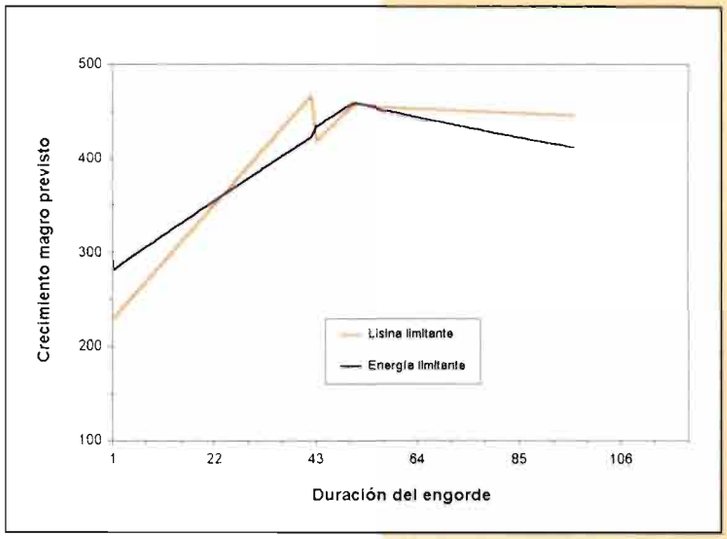


Figura 2.
Representación de los factores nutricionales limitantes para el crecimiento de magro. (Simulación INZO®).

La fiabilidad de la comparativa entre las predicciones y las observaciones realizadas está presentada en el **cuadro I.** Las predicciones fueron realizadas con el programa informático SEXTA, desarrollado por INZO®, y con la versión beta de INRAPorc, en su periodo de pruebas. Cuando el plan nutricional está definido y aplicado sin fallos, cuando también se conocen los valores nutricionales de los piensos, la predicción de la ganancia media diaria (GMD) es muy precisa (error menor del 4% en la peor predicción). El índice de conversión es aún más preciso, dado que la ingesta es un valor entrada en el modelo y el error sólo viene de la GMD. Así, la predicción del coste alimenticio es muy fiable.

Con estos elementos se pueden realizar simulaciones técnico-económicas y calcular el impacto de los cambios en los planes nutricionales, en situaciones de campo, para definir planes «a medida».

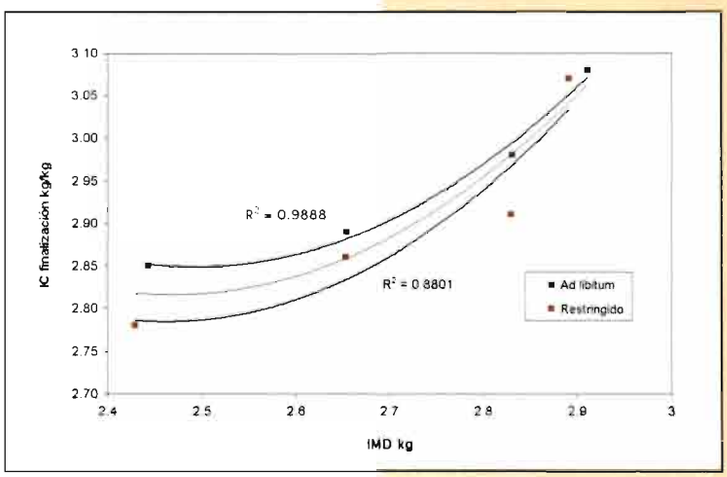


Figura 3.
Relación entre el consumo y el índice de conversión en dos ensayos sobre las necesidades de aminoácidos de cerdos en finalización.

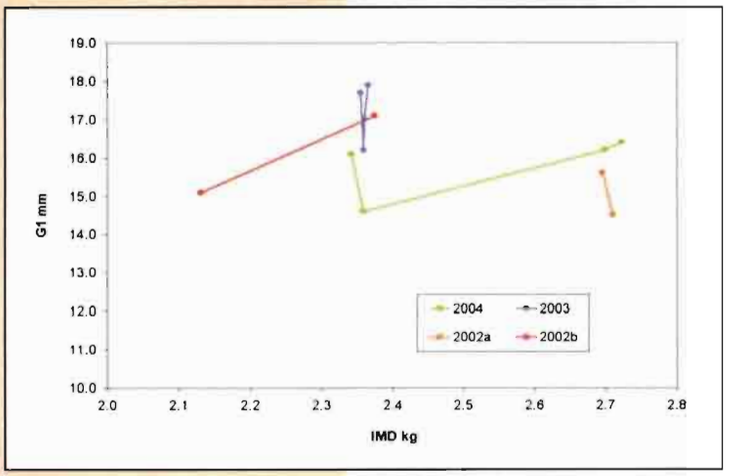


Figura 4.
Relación entre la grasa externa de la canal (G1 mm) y el consumo de alimento. Recopilación de datos de pruebas llevadas a cabo por INZO° (2002-2004).

Aplicación para definir los planes nutricionales

Una vez simulada la curva de crecimiento, se pueden realizar balances nutricionales de manera dinámica. Estos balances proveen las informaciones de base para diseñar planes personalizados.

La primera etapa consiste en la identificación de los nutrientes limitantes a cada momento. La modelización permite de realizar estos balances para la ganancia de peso, para la ganancia de magro **(Figura 2),** para la deposición proteica, etc.

Con el plan nutricional de la **Figura 2,** la lisina ingerida es el primer factor limitante en las tres primeras semanas del engorde. Luego, es la ingesta de energía neta la que limita la deposición magra, sobre todo cuando se alcanza el tope del plan.

En una segunda etapa, se simula la influencia de cambios en el plan nutricional. Primero, intentamos variar los niveles de la curva de ingesta; se sabe que los ganaderos no suelen cambiarla (resultados de nuestra encuesta), pero es importante proponer esta opción, sobre todo por razones económicas. También se simula las consecuencias de cambios en las dietas, mediante una curva idéntica. En el ejemplo de la **Figura 2**, podríamos probar una dieta de crecimiento más rica en lisina y una dieta de finalización más rica en energía neta.

Por diseño, el equipo de distribución de alimento líquido ofrece la flexibilidad en las transiciones alimenticias: el tanque de mezcla permite mezclar el pienso y el agua, pero también piensos distintos. Con este tipo de equipo, una distribución multifase es realizable.

La tercera etapa es, por supuesto, la validación de las modificaciones del plan nutricional. Esta validación no se hace igual en una granja de producción o en una estación experimental. En una granja, dependiente de los datos disponibles, se planificaron reuniones para seguir las evoluciones de los rendimientos zootécnicos y económicos. En una estación experimental, se realizaron ensayos con el máximo de medidas individuales, con la esperanza de encontrar fallos en el modelo. Los rendimientos zootécnicos fueron simulados por cada tratamiento y comparados a los resultados medidos.

Ese tipo de balance ya está presentado en el **cuadro I.** El ensayo de 1996 comparaba un plan con un único pienso de engorde (U: 17,0% PB) a una secuencia de dos raciones, una de arranque (A) y otra de finalización (F), diseñada para minimizar la excreción de nitrógeno según las recomendaciones oficiales (COR-PEN; A: 16,5 y F: 15,0 % PB). Por supuesto había una curva de ingesta única, con 50 g/kg PV el primer día, un aumento de 18 g/d y un tope a 2.600 g. Los rendimientos zootécnicos eran similares, conforme con lo modelizado, y calculamos una reducción de la excreción nitrogenada de 13%. Este tipo de secuencia está generalizado hoy.

En la prueba de 2001, intentamos validar la influencia de un plan liberal al arranque, sobre los rendimientos: después de 1.500 g el primer día, se comparaba un aumento de 30 g/d (T) a un aumento de 40 g/d (L), hasta el tope común a 2.980 g. Observamos una reducción de 2 días del tiempo para alcanzar el peso de matanza, como se podía predecir con el modelo.

En 2002, comparamos dos planes que se encontraban muchas veces en Bretaña: una restricción «estricta» (42 g/kg PV al día 1, +25 g/d hasta el tope de 2.450 g) y un programa «liberal» (48 g/kg al día 1, +32 g/d hasta el tope de 2.650 g). La reducción de tiempo a la matanza se redujo en 5,5 días; el simulador predijo 6 días. De la misma manera se midió un aumento del índice de conversión (+0,065) con el plan «liberal» que superaba lo previsto por el modelo.

En 2003, hemos comparado cuatro combinaciones de niveles energéticos en arranque y en finalización, por un nivel de pienso idéntico: 1.500 g el día 1 (47 g/kg PV), aumento de 30 g/d y tope de 2.600 g. Concentrar la energía en el pienso de arranque reducía el tiempo al sacrificio en 2 días, con un peso final superior (+1,4 kg). El índice de conversión era también menor. Concentrar el pienso de finalización también aumentaba el peso final, pero sin efecto sobre el tiempo al sa-

CUADRO I. Precisión en la predicción de la GMD de cerdos de engorde con planes nutricionales predefinidos. Resumen de 4 pruebas (INZO°, no publicado).

	TRT	Medidas	Simulaciones					
			Diferencia				Diferencia	
			SEXTA	g	%	INRAPorc v. Beta 1.0 (2004)	g	%
prueba 1996 (1)	U	780	789	9	1,2%	ND	ND	ND
	C	768	778	10	1,3%	ND	ND	ND
prueba 2001 (2)	T	926	934	8	0,9%	ND	ND	ND
	L	951	964	13	1,4%	ND	ND	ND
prueba 2002 (2)	S	868	846	-22	-2,5%	ND	ND	ND
	L	943	938	-5	-0,5%	ND	ND	ND
prueba 2003 (2)	T1	939	917	-22	-2,3%	930	-9	-1,0%
	T2	968	946	-22	-2,3%	950	-18	-1,9%
	T3	972	939	-33	-3,4%	940	-32	-3,3%
	T4	997	967	-30	-3,0%	960	-37	-3,7%
Promedio				-9	-0,9%		-24	-2,5%

(1) SEXTA 1.0 (1994) (2) SEXTA 2.0 (1999)

CUADRO II. Efecto de la restricción alimenticia sobre el índice de conversión con alimentos limitantes en energía neta – Prueba INZO°, 2004.

EN Ar/Fi, MJ/kg	9.35/9.55		9.70/9.90	
	AL	R	AL	R
IMD, kg	2,722	2,358	2,698	2,341
IC, kg/kg	2,74	2,88	2,71	2,73

crificio ni sobre el índice de conversión. Estos resultados eran conformes a las simulaciones. Al contrario, el efecto sobre el espesor de grasa en las canales, favorecidas por ambos alimentos más energéticos, no se simuló con precisión.

Influencia de la restricción alimenticia sobre el índice de conversión

El índice de conversión y la ingesta no se correlacionan de manera simple. Por definición, el índice de conversión es la razón entre la ingesta y la ganancia de peso, la cual depende mucho de la ingesta. El sentido común nos hace suponer que la reducción de ingesta de alimento (restricción) permite reducir el índice de conversión.

Esa intuición fue verificada en dos pruebas que llevamos a cabo en 2002 y 2003 sobre las necesidades en aminoácidos en el periodo de finalización. Comparamos los piensos experimentales con distintos niveles de restricción o *ad libitum*. Con concentraciones nutricionales idénticas, el aumento de ingesta incrementaba el índice de conversión siguiendo una ley cuadrática **(Figura 3).**

Los coeficientes de la curva están relacionados con los niveles nutricionales: aquí el aumento de los aportes de un aminoácido indispensable frente a un nivel constante de lisina, limita la reducción del índice de conversión cuando la ingesta baja. Los esquemas experimentales muchas veces no son suficientes para detectar estas diferencias del índice.

Sin embargo el incremento del índice de conversión con el aumento de ingesta no está siempre verificado. Cuando la energía del alimento es el factor limitante del crecimiento se observa lo contrario **(Cuadro II).** Es muy probable que la composición corporal influya sobre las variaciones del índice de conversión a través de la cantidad de energía depositada en el cuerpo.

Influencia de la restricción alimenticia sobre la calidad de canal

La deposición de lípidos en el organismo es proporcional a la cantidad de energía ingerida, sobre todo en el periodo de finalización (Bikker, 1994; Quiniou, 1995). A menudo, esta regla se generaliza para la deposición de grasa subcutánea y el porcentaje de grasa en la canal.

En la **Figura 4,** se muestra que en los ensayos zootécnicos, la grasa en la canal no resulta de una ley tan sencilla. Puede ser que el «timing» de los cambios en los planes alimenticios y que las concentraciones nutricionales de los alimentos, modifiquen la forma de las repuestas. En efecto, superalimentar aumenta al mismo tiempo la deposición de grasa y de magro, siendo muy difícil de predecir el balance.

Sin embargo, se suelen recomendar restricciones alimenticias en cerdos de engorde para limitar el engrasamiento de las canales, cuando las relaciones entre el nivel de consumo y la composición corporal no se conoce aún perfectamente.

Influencia de la restricción alimenticia sobre la calidad de la grasa

El efecto de la restricción alimenticia sobre la calidad de la grasa, con alimentos ricos en aceite vegetal (4% de aceite de colza), fue una cuestión que tratamos en 1995. Comparado con un plan estándar, cuyo tope era 2.630 g, se estudió una restricción del 15% (2.230 g).

Las canales tendían a ser menos grasas, pero el perfil en



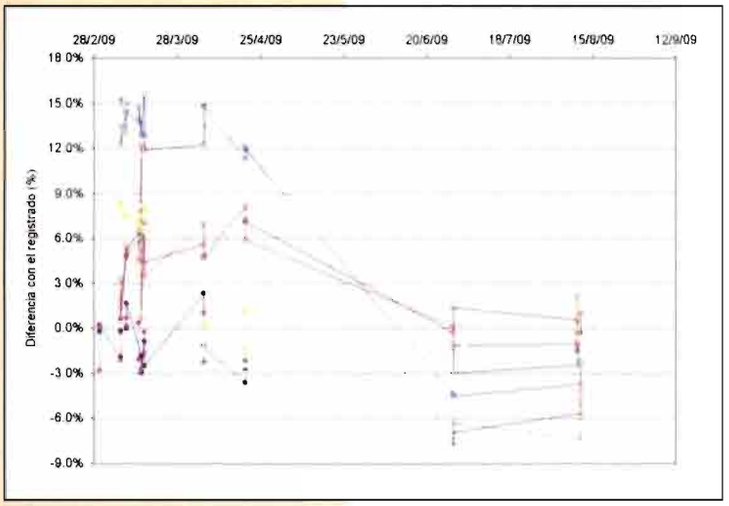


Figura 5.
Desviación en la distribución de alimento líquido controlada por cada válvula en una misma sala de engorde
(INZO, no publicado).

ácidos grasos no se veía muy afectado **(Cuadro III).** La resistencia mecánica de la grasa a la penetración (Instron, N/mm²) no se veía afectada. En cambio, las perdidas durante el secado en estufa (variación de peso de la grasa picada a 25 °C durante 24 h) aumentaron con la restricción alimenticia.

La calidad de la grasa para uso industrial (por ejemplo, salchichones) puede depender, por tanto, del plan nutricional. No se sabe si se puede extrapolar a tejidos grasos no picados.

Límites de los planes nutricionales

El mayor límite de los planes nutricionales es la dificultad de acercarse a la ingesta potencial de los cerdos. La velocidad de crecimiento se reduce muy pronto y las cargas estructurales aumentan el coste productivo.

La dificultad de la gestión de los planes nutricionales en los programas informáticos del equipo de alimentación líquida es el primer límite. Además, se conocen otros tipos de límites.

CUADRO III. Influencia de la restricción alimenticia sobre la calidad de la grasa del cerdo. (No publicado, 1995).

		Estándar	"85%"	
N		63	62	
IMD	kg	2,22	2,11	P<0,001
% magro		55,9	56,4	NS
X2	mm	15,4	14,5	NS
X4	mm	16,9	15,8	NS
AGS	% AG	36,2	35,9	NS
AGMI	% AG	44,8	47,0	NS
AGPI	% AG	19,0	18,1	NS
Instron	N/mm²	2,59	2,45	NS
Perdidas al secado	%	12,15	14,67	P<0.05

Límites debidos al equipo

Por una parte, encontramos dificultades para maximizar la ingesta. Muchos ganaderos restringen demasiado a los cerdos para limitar los trastornos digestivos en la transición seco/líquido. El estatus sanitario de la granja, la higiene en los edificios y en el sistema de alimentación líquida, son los principales factores causantes de estos problemas.

Por otro lado, existen defectos en la distribución de la sopa, tanto en la cantidad distribuida como en la homogeneidad de esta.

A veces, controlar un equipo automático con un ordenador da la impresión de un control preciso. A fin de asegurar el nivel de precisión conseguido realmente, es útil controlar la distribución de sopa en cada válvula. Esto permite encontrar problemas y solucionarlos.

Este tipo de controles fue realizado en nuestra granja experimental, al encontrar resultados de crecimiento totalmente desplazados al inicio de un ensayo (anulado). Así identificamos válvulas que distribuían repetidamente 12 a 15% de sopa en exceso **(Figura 5).**

Una parte del problema se resolvió al cambiar distintas piezas del sistema de pesaje (un problema de mantenimiento), pero también hubo que calibrar de nuevo el software de control, a fin de limitar el error a un 3%. La revisión frecuente del sistema es necesaria para avalar los datos recogidos.

En cuanto a la heterogeneidad de la sopa, tras describir los problemas de mezcla del alimento líquido, el uso de sepiolita reológica permitió limitar sus consecuencias (Le Treut y Guillou, 2003).

Límites debidos a factores no controlados (palatabilidad)

Los cerdos alimentados en forma líquida tienen fama de ser más sensibles a los factores de inapetencia de los piensos (encuesta INZO[®] a los fabricantes franceses de piensos, 2003, no publicado). Se detectan rechazos de la sopa, que imponen cambiar el plan nutricional.

Para los piensos para ser distribuidos en líquido, se limitará la inclusión de materias primas que tienen un efecto conocido sobre la palatabilidad: la harina de colza y los guisantes son los que siempre se mencionan, y a veces, el salvado de trigo.

Problemas de palatabilidad se encuentran también cuando los cereales están contaminados por micotoxinas. Observamos rechazos de sopa en una prueba con un alimento incluyendo 60% de maíz contaminado con DON y ZEA. El tope del plan estaba de 2.980 g. Se detectaron rechazos permanentes durante más de 10 días consecutivos en 1 parque de cada 3 (INZO[®], 2002, no publicado) al pienso contaminado, y ninguno para el pienso control.

Sin embargo, hay que reseñar que los rechazos no se daban en la mayoría de los parques con maíz contaminado.

Conclusiones

El sistema de distribución de alimento líquido es una herramienta que permite planificar y controlar con más precisión los rendimientos técnico-económicos del engorde de cerdos, limitando las variaciones de ingesta resultantes de la variabilidad animal.

El control de la ingesta simplifica el trabajo de los nutricionistas para el diseño de planes nutricionales combinando los niveles de alimento y las concentraciones nutricionales.

Sin embargo se esperan mejoras en el diseño de los equipos, en el manejo de los programas informáticos de gestión y en la formulación de los piensos para favorecer el éxito de los ganaderos.

Las referencias bibliográficas se encuentran en la redacción a disposición de los lectores interesados.