

# EL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN CEREALES Y HABAS DE SOJA. II. EXPERIENCIAS PRÁCTICAS

A. Pané Ripoll\*. 1993. IX Curso de Especialización FEDNA, Barcelona.

\*Cooperativa D'Ivars.

[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

Volver a: [Manejo del alimento y carga animal](#)

## 1. INTRODUCCIÓN

Cuando por los Organos competentes de la Cooperativa se dio luz verde al proyecto de una planta de extrusionado, dos eran los campos de actuación en que se fundamentó dicha decisión:

1. EL PROCESAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS.
2. EL PROCESAMIENTO DE PIENSOS TERMINADOS.

Estas dos posibles vertientes de actuación se convirtieron en los objetivos básicos a desarrollar, y si bien en un principio y en nuestro contexto, el procesamiento de materias primas era el que ofrecía mayores posibilidades, el de piensos terminados era más innovador, y con amplias perspectivas de futuro.

En este trabajo, pretendemos exponer de forma resumida nuestra experiencia en este campo desde la puesta en funcionamiento de la planta hasta hoy: las mejoras obtenidas, los productos fabricados, etc. Así como nuestra opinión sobre la extrusión y sus posibilidades en el campo de la alimentación animal.

Por tanto, este no es un trabajo de investigación sobre extrusión, sino sobre su desarrollo. Cabe decir en este apartado que se colabora con la Cátedra de Alimentación Animal de la Universidad Autónoma de Barcelona, dirigida por el Dr. Puchal, donde el Sr. Xavier Serrano está trabajando en este tema, como base de su Tesis Doctoral que, sin duda, será de sumo interés.

Finalmente, y antes de entrar en materia, quisiera añadir que toda la información que se recoge en esta conferencia es fruto del trabajo de los compañeros directivos, técnicos y operarios que constituyen el equipo humano de COTECNICA.

## 2. TRATAMIENTO DE LAS MATERIAS PRIMAS

Disponer de una tecnología que nos permita tratar las semillas de oleaginosas -soja, colza, etc.- producidas por nuestros socios o adquiridas en el mercado y emplearlas en los piensos compuestos, sería una opción alternativa al tiempo que posibilitaría el desarrollo de estos cultivos.

Existen otros procedimientos para tratar las oleaginosas además de la extrusión, como es por todos conocido (tostado, micronizado, etc.), pero estos no son los más idóneos para el tratamiento de piensos acabados.

Según nuestro criterio, la extrusión es la mejor opción polivalente que cubre estos dos campos, pero es que además nos permitirá actuar en otra vertiente como es el tratamiento de cereales -maíz, trigo, cebada, etc.- por su efecto sobre los almidones; estos se gelatinizan, se rompen cadenas de enlaces y se reducen a dextrinas y glucosa.

### 2.1. TRATAMIENTO DE LAS HABAS DE SOJA

En el tratamiento de las semillas oleaginosas el haba de soja fue la primera materia que se procesó, tanto por su uso generalizado, como por la facilidad en su procesado, dado su alto contenido en aceite.

#### 2.1.1. PROCEDIMIENTO. PARÁMETROS PROCESADOS. PRODUCCIÓN

La secuencia de trabajo es la siguiente:



Las condiciones de trabajo con las que se opera normalmente son:

TEMPERATURA = 130-135° C

PRESION = 20-25 Atm.

HUMEDAD = 20-22%

PRODUCCION/HORA = 5.000 kg

El objetivo que se pretende es la destrucción mediante calor de los factores antitripsicos en condiciones tales que permitan la máxima eliminación de estos factores, sin que comporte sacrificio en la calidad del producto y la disponibilidad de aminoácidos, especialmente de la lisina. Esta sería la característica diferencial respecto a otros tipos de tratamientos y dentro de la extrusión habría que distinguir dos tipos la extrusión en seco y la extrusión vía húmeda.

Otra de las ventajas que se derivan del extrusionado de las habas de soja, es el aumento de la disponibilidad energética del producto final, como consecuencia de la rotura de los liposomas y de la liberación de la grasa intracelular.

### 2.1.2. PRODUCTO TERMINADO. CALIDAD

Mucha es la bibliografía por un lado, y la experiencia por otro, que existe sobre los tratamientos de la soja por calor, pero con el sistema particular de la extrusión y en el caso de la soja entera, los datos que más nos han llamado la atención son los obtenidos por Lorenz et al. en Colorado State University que se presentan en el cuadro 1, así como los de Mustakas et al. del USDA Northern Research Laboratory, que aparecen en el cuadro 2.

Cuadro 1. Efecto de la Tª de extrusión sobre la calidad nutritiva del haba de soja

Temperatura °C Extrusión	Actividad ureasa Cambio pH	% Inhibición tripsina	PER (caseína 2,5)
121	1,96	0,0	1,35
132	1,46	30	1,41
138	0,34	27	1,55
143	0,02	57	1,94
149	0,01	74	1,78

Cuadro 2.- Efecto de la Tª y humedad durante el proceso de extrusión sobre la calidad nutritiva del haba de soja

Temp.°C Extrusión	Humedad %	Actividad ureasa. Cambio pH	% Inhibición tripsina	PER (Caseína 2,5)
135	15	1,0	12	1,82
121	20	0,9	14	1,96
135	25	0,2	62	2,03
135	20	0,1	89	2,15
148	20	0,0	98	1,98

Estos datos son muy ilustrativos de las interacciones entre temperatura y humedad al objeto de conseguir un producto de máxima calidad.

Para controlar estos extremos en todas las partidas y a intervalos regulares de fabricación, se toman muestras y se realiza el D.K. UREASA TEST que es un kit que nos permite la determinación rápida de la actividad enzimática de la ureasa presente en las sojas tratadas. El motivo del empleo de esta técnica es, como ya se ha dicho, por un lado su rapidez, y por otro la mayor estabilidad a la temperatura del enzima ureasa. Este kit se contrasta diariamente con una o dos muestras por el sistema tradicional de diferencia de pH. Los resultados obtenidos para un total aproximado de 138 muestras se relacionan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Distribución de los valores de actividad ureásica sobre 138 muestras

Actividad ureásica pH	Nº muestras	% Total
0 - 0,03	37	27
0,03 - 0,1	35	25
0,1 - 0,3	58	42,3
0,3 - 0,5	8	5,7

Recientemente, de forma paralela a este método, y como complemento, se ha puesto en marcha la aplicación de la técnica del TIU, para determinar la presencia de unidades inhibitoras de tripsina por g de muestra. En nuestra opinión, esta técnica indica con mayor exactitud el grado de destrucción de los factores antitripsínicos y, en consecuencia, la calidad del producto, si bien tiene el inconveniente de ser una determinación enzimática, siempre más difícil de controlar.

No obstante, con estas determinaciones no son del todo satisfactorias, porque también son conocidos los procesos potencialmente negativos en cuanto a la calidad que se puede producir por un tratamiento a temperaturas demasiado elevadas; esta falta de calidad vendría dada por complejas reacciones que se podrían catalogar en cinco tipos:

- ◆ Reacciones de Maillard
- ◆ Reacciones de transaminación
- ◆ Reacciones de oxidación
- ◆ Reacciones de  $\beta$ -eliminación
- ◆ Reacciones de empareamiento de los lípidos

Conscientes de estos problemas, en la actualidad se intentan solucionar por un lado mediante la combinación de temperaturas y humedades que nos den la máxima destrucción del inhibidor de la tripsina a la menor temperatura de procesado, y por otro con la puesta en marcha de técnicas analíticas que permitan con facilidad medir el posible deterioro de la calidad por exceso de tratamiento (lisina disponible, índice de solubilidad del nitrógeno).

## 2.2. TRATAMIENTO DE CEREALES

Por la información de que se dispone, y por la experiencia práctica, se sabe de los beneficios que el empleo de cereales tratados aportan a las dietas de primeras edades de cerdos y terneros, siendo imprescindibles en las dietas de animales de compañía.

La acción de la extrusión sobre el almidón (componente mayoritario de los cereales) se basa en la desorganización de su estructura interna, gracias a la combinación del efecto del calor, la humedad y la presión, transformándose en una fase de gel. Este fenómeno se conoce con el nombre de gelatinización. El almidón gelatinizado es más fácilmente atacable por los enzimas, facilitando su digestión. Así, está claramente indicado para dietas de animales en primeras edades, cuya capacidad enzimática no está suficientemente desarrollada.

## 2.3. TRATAMIENTO DE MEZCLAS DE CEREALES Y HABAS DE SOJA

Varias son las ventajas que, a nuestro entender, existen en el procesado de una mezcla de 50% de maíz, 30% de trigo y 20% de soja, tanto para el fabricante como para el consumidor, y que podríamos resumir en:

- ◆ Necesidad de menor número de silos de almacenaje.
- ◆ Menos inconvenientes en el procesado.
- ◆ Mayor producción por hora, dado por:
  - ◆ rendimiento máquina
  - ◆ cambios de producto.

Para el consumidor las ventajas también son importantes, pues con un solo producto puede cubrir muchas de las necesidades tanto en piensos prestarter y starter de cerdos y terneros, como para animales de compañía.

El tiempo ha confirmado nuestras previsiones, puesto que éste es el producto más fabricado en la actualidad.

### 2.3.1. PROCESADO. PARÁMETROS DE PROCESADO. PRODUCCIONES

El procedimiento es similar al tratamiento de la soja, si bien en este caso previamente se mezclan los tres ingredientes en las proporciones indicadas.

Las condiciones más normales de trabajo para este tipo de producto han sido:

TEMPERATURA = 120-130°C

PRESION = 30-35 Atm.

HUMEDAD = 28-30°C

PRODUCCION/HORA = 6.000 kg

INCORPORACION DE AGUA EN ACONDICIONADOR = SI

INCORPORACION DE AGUA EN EXTRUSORA = SI

Aquí el objetivo es el desdoblamiento de los almidones de estos cereales, su gelatinización para su posterior empleo en los piensos de lechones y terneros, así como para animales de compañía. El porcentaje de almidón gelatinizado sobre el total inicial nos indica la bondad del tratamiento.

### 2.3.2. PRODUCTO TRATADO. CALIDAD

Para determinar la proporción de gelatinización del almidón tratado, se aplica la técnica de la amiloglucosidasa, consiguiendo unos resultados que fluctúan entre el 50 y el 70% de gelatinización, resultados poco satisfactorios para el fabricante y también para los usuarios del producto. Con la simple técnica de la flotación en un vaso de agua, se comprueba que el producto no flotaba y era poco esponjoso, y esto coincidía con los resultados analíticos presentados en el cuadro 4.

Cuadro 4. Distribución del grado de gelatinización del almidón observado sobre 28 muestras

% Gelatinización	Nº muestras	% s/Total
50 - 60	11	42
60 - 70	14	50
70 - 80	3	8

### 2.3.3.- Evolución y mejora de la calidad

Aunque se habían conseguido pequeñas mejoras modificando parámetros del proceso, éstas eran insuficientes. Se consideraron los procesos previos a la extrusión y en especial a la molturación. Los tipos de molinos instalados producían más que una harina, una semolilla, pero era necesario estar seguros de que esta textura de la harina era la causa, pues ello podía significar nuevas inversiones. Un viaje a la fábrica de la maquinaria en USA, y el poder trabajar en otras condiciones en su planta piloto permitió, por un lado, corroborar nuestras sospechas, y por otro optimizar el proceso.

Se efectuaron los cambios necesarios, y actualmente se está trabajando con unos porcentajes de gelatinización que fluctúan entre el 60-80%, tal como se expresa en el cuadro 5.

Cuadro 5.- Distribución del grado de gelatinización del almidón observada sobre 48 muestras, después de ajustes en la molturación del producto

% Gelatinización	Nº muestras	% s/Total
50 - 60	4	8,3
60 - 70	14	29
70 - 80	24	50
80 - 90	6	12,7

## 3. TRATAMIENTO DE PIENSOS TERMINADOS

### 3.1. TIPOS DE PIENSOS PROCESADOS. CONDICIONES GENERALES

Como indicamos al principio, el tratamiento completo de piensos, en especial el de primeras edades para cerdos y terneros y el de animales de compañía, era el segundo objetivo que se pretendía abordar. Para ello se valoraron aspectos positivos y negativos del tratamiento que se resumen en el cuadro 6.

Cuadro 6. Ventajas potenciales e inconvenientes en el tratamiento completo de piensos mediante la extrusión vía húmeda para primeras edades

FACTORES	VENTAJAS	INCONVENIENTES
PROTEINA	Reducción o eliminación de factores antinutritivos	Reacción de MAILLARD Formación de complejos entre azúcares y aminoácidos
ALMIDON	Aumento de producción de ácido láctico Desactivación de inhibidores de enzimas naturales	Reacciones del almidón con ácidos grasos
FIBRA	Rotura de enlaces Aumento de digestibilidad	No se preveen
VITAMINAS	No se preveen	Se destruyen o inactivan en parte, en especial la A, K, C, B <sub>1</sub> y ácido fólico
CONTAMINACION DEL PIENSO	Reduce los niveles de bacterias, hongos y aflatoxinas. Pienso más sano	No se preveen
ADITIVOS		Pérdidas de actividad tanto en antibióticos como en enzimas. Dependiendo éstas de su estructura y protección
PRESENTACION	Mejora en la presentación del producto	No se preveen. Exceso de dureza
COSTE	Aumenta la digestibilidad, y en consecuencia la energía neta. Permite la sustitución de productos caros (leche, suero)	Posee un elevado consumo de energía, tanto para el proceso de extrusión como para el secado

### 3.2. PIENSOS PARA PRIMERAS EDADES DE CERDOS

Se han hecho varias pruebas en granja experimental y otras más de campo para ver el comportamiento de las distintas fórmulas extrusionadas de piensos de lechones.

Las conclusiones que de ellas se pueden extraer hasta el momento serían las siguientes:

- ◆ Permite reducir el porcentaje de leche y suero.
- ◆ La presentación es óptima.
- ◆ Permite reducir la medicación.
- ◆ Las camadas son uniformes y se evitan colas.
- ◆ Tanto la sanidad como el aspecto general es mejor.
- ◆ El índice de conversión se mejora entre un 5 y un 7%
- ◆ La ganancia diaria mejora entre un 10 y un 12%

En el cuadro 7 se muestran resultados comparativos de piensos granulados vs extrusionados. Un aspecto importante que llama la atención es el consumo medio diario (CMD). Se repite en ésta y otras pruebas que este dato es parecido al control, e incluso inferior, en los primeros días de toma del alimento, para luego pasar a consumir mucho más pienso extrusionado que del control, ya sea harina o granulado.

Cuadro 7. Efecto del tipo de procesado del pienso (granulado vs extrusión) sobre parámetros de crecimiento en lechones (n = 81). (Según X. Serrano, no publicado)

	Pienso granulado	Pienso extrusionado	E.S.
Peso inicial (kg)	7	7	0
Peso Final (kg)	16	17	1
Crecimiento (g/d)	280	308	44
Consumo (g/d)	632	687	78
Índice Conversión (g/g)	2,34	2,23	0,48

Una explicación a estos resultados podría estar en el tamaño del gr\_nulo; se sabe que tamaños superiores a 2,5 mm de diámetro afectan negativamente a la ingesta. En el caso del pienso extrusionado, aun trabajado con matriz de 2 mm de diámetro, por efecto de la expansión se obtiene un gránulo con un diámetro superior a los 4 mm.

En la prueba anterior, y en controles efectuados a los 10, 20 y 30 d de iniciada la prueba, los resultados fueron los que se muestran el cuadro 8.

Cuadro 8. Efecto del tipo de procesado del pienso (granulado vs extrusión) y del periodo de suministro, sobre parámetros de crecimiento en lechones (n = 81). (Según X. Serrano, no publicado)

	10 - 20 días		20 - 30 días		0 - 10 días	
	Gránulo	Extrus.	Gránulo	Extrus.	Gránulo	Extrus.
Consumo (g/d)	325,9	329,7	474,1	518,2	690,1	852,2
Δ Peso (g/d)	159,8	173,2	264,7	299,9	404,3	440,6

Como se puede ver en el último control, la diferencia de ingesta entre pienso granulado y extrusionado es de 162,1 g, diferencia realmente importante, ya que equivale a un aumento del 23,4%.

Es por todos reconocida la importancia de un crecimiento rápido, especialmente en los animales jóvenes, al objeto de conseguir el mejor peso al destete o al final de las transiciones. Esto, unido a una buena homogeneidad, es un factor que evitará muchos problemas en la fase posterior de cebo.

En la actualidad se están haciendo pruebas en las que se cambia la textura de este pienso, pasando de lo que sería una galleta crujiente (y quizás excesivamente dura) a una textura más blanda tipo "queso". Si se consiguiese así mejorar la ingesta en los primeros días, los resultados serían todavía más interesantes.

Finalmente, comentar que existen trabajos donde se ponen de manifiesto las mejoras que se consiguen con dietas extrusionadas para cerdos en la fase de acabado (+ 50 kg, Universidad de Kansas), donde, con una ganancia similar, la dieta extrusionada tiene una mejor conversión, del orden del 11,5%.

### 3.3. PIENSOS PARA PRIMERAS EDADES DE TERNEROS

También se han llevado a cabo ensayos con piensos de terneros para su fase de arranque. El volumen de datos de que se dispone es menor que para piensos de lechones, tanto a nivel de granja experimental, como a nivel de campo. Una prueba fue realizada por Serrano en 1993 durante 76 días en la Estación Experimental del IRTA, con 39 terneros machos frisonos de Torrelavega, de un peso inicial de 55 kg.

Los tratamientos realizados, partiendo de la misma dieta base, fueron los siguientes:

T<sub>1</sub> = Pienso control (tipo comercial)

T<sub>2</sub> = Pienso extrusionado (íntegramente)

T<sub>3</sub> = Pienso con mezcla de cereales sin extrusionar + soja extrusionada

Sobre estos piensos se determinó el grado de gelatinización del almidón (%) por la técnica de la amiloglucosidasa y la actividad ureásica (incremento de unidades de pH). Los resultados se muestran en el cuadro 9.

Cuadro 9. Efecto del tipo de procesado sobre el grado de gelatinización y la actividad ureásica

Dieta experimental	G. Gelatinización	Act. ureásica
T <sub>1</sub>	19,22	0,04
T <sub>2</sub>	79,19	0,05
T <sub>3</sub>	57,21	0,04

Otra prueba fue realizada con terneros en el periodo 0-43 días de edad (cuadro 10). Los animales recibieron leche comercial a razón de 13,9 kg por animal; el pienso se suministró a partir de la segunda semana.

Cuadro 10. Efecto del tipo de procesado sobre los rendimientos productivos de terneros en el periodo 0-43 d de edad

	DIETAS EXPERIMENTALES				
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	ES	P
Ganancia peso global (kg)	25,26	24,95	24,52	6,20	NS
Consumo leche global (kg)	13,98	13,98	13,90	0,23	NS
Consumo pienso global (kg)	31,85	28,81	28,81	33,27	NS
Índice de transformación	1,84	1,78	1,78	1,98	NS

Los resultados obtenidos en el periodo 43-76 días, en el que los terneros recibieron exclusivamente pienso y paja, se muestran en el cuadro 11. De los resultados obtenidos en esta experiencia podemos destacar lo siguiente:

- ◆ El pienso totalmente extrusionado mejora en un 19,75% el índice de conversión con respecto al control.
- ◆ El pienso con cereales y soja extrusionada mejora en un 2,73% el índice de conversión sobre el control (NS).
- ◆ Aunque estadísticamente no es significativo, queremos hacer notar el menor consumo de pienso con el tratamiento totalmente extrusionado, debido, en nuestra opinión, a la textura del pienso, hecho ya comentado en las pruebas de lechones.

Cuadro 11. Efecto del tipo de procesado sobre los rendimientos productivos de terneros entre 43-76 d de edad

	DIETAS EXPERIMENTALES				
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	ES	P
Ganancia peso global (kg)	27,66 <sup>a</sup>	32,28 <sup>b</sup>	28,38 <sub>a</sub>	4,39	*
Canancia media diaria (kg)	0,838	0,978	0,860		
Consumo pienso global (kg)	89,15	84,23	90,68	10,44	NS
Consumo pienso diario (kg)	2,70	2,55	2,74		
Índice de transformación	3,29 <sup>a</sup>	2,64 <sup>b</sup>	3,21 <sup>a</sup>	0,40	***

### 3.4. PIENSOS PARA ANIMALES DE COMPAÑÍA

Este es otro campo donde la extrusión no sólo es recomendable sino que prácticamente es indispensable. Aquí es quizá donde se valoran más los aspectos positivos y donde los inconvenientes son menos relevantes. La presentación, la apetecibilidad, la digestibilidad del alimento hacen que si se emplean como ingredientes materias primas nobles, si son adecuados los niveles de fibra y almidones, y éstos están correctamente tratados, y si las características nutritivas de la fórmula son correctas, un procesado mediante la extrusión por vía húmeda, nos dará un producto con unos resultados óptimos.

Lo mismo puede aplicarse a los piensos para gatos con sus particularidades específicas (más altos en proteína, grado superior de acidificación, bajos niveles de magnesio, etc.), pero los principios básicos son los mismos.

Con lo indicado anteriormente se conseguirá un producto muy digestible, que nos dará bajo volumen de excrementos, consistentes y con un mínimo de olores, factores todos ellos básicos para la buena aceptación comercial de un alimento destinado a estos animales.

## 4. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

La extrusión ofrece un amplio abanico de posibilidades, tanto para el tratamiento de materias primas, como para el tratamiento de piensos completos. Es cierto que algunas de las ventajas que aporta la extrusión pueden conseguirse por otras vías, pero es igualmente cierto que estas alternativas son más específicas y no poseen la diversidad de aplicaciones de la extrusión. En cuanto a su futuro en el campo de la alimentación animal parece que es muy prometedor, y se puede considerar como un proceso plenamente instaurado tanto en los tratamientos de la soja como en los piensos para animales de compañía. En pleno desarrollo estarían las mezclas de cereales u otros productos con oleaginosas o proteaginosas, piensos para primeras edades y para acuicultura. En el futuro se podría emplear para el tratamiento de restos y subproductos de la industria alimentaria, concentrados para vacuno de leche, piensos para équidos, y probablemente otras aplicaciones que hoy no vislumbramos.

Volver a: [Manejo del alimento y carga animal](#)