

## FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EFICACIA DE LOS ADITIVOS EN ALIMENTACION PORCINA

F. Puchal Mas, M<sup>e</sup> Dolores Baucells Sánchez. Unidad Docente de Nutrición Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona.

### Introducción

El crecimiento es un fenómeno biológico complejo que conlleva interacciones entre distintos factores hormonales, enérgicos, nutricionales y metabólicos. Su conocimiento estuvo en un principio marcadamente influenciado por la escuela de Hammond, fundamentalmente descriptiva.

Pero pronto, numerosos centros de investigación y, sobre todo, las industrias químicas, haciéndose eco de la necesidad de obtener la carne a unos costes de producción menores y con una composición definida, comprendieron la necesidad de disponer de estimulantes del crecimiento, utilizando para ello nuevas técnicas en biotecnología para obtener sustancias que permitieran producir proteína animal más eficazmente y de calidad aceptable sin arriesgar la salud animal.

Así surgieron toda una serie de agentes promotores del crecimiento disponibles para las distintas especies animales: antibióticos, agentes quimioterápicos... etc., con resultados significativos, aunque su uso no ha estado exento de problemas. La problemática que conlleva la utilización de estas sustancias, ha motivado que el empleo de aditivos alimentarios en el cerdo, así como en las demás especies productivas, se halla en plena crisis evolutiva. Desde el descubrimiento del efecto estimulante de estas sustancias en alimentación animal, en el año 1949, fecha en que se señala por vez primera el efecto estimulante de los antibióticos, su crecimiento ha sido vertiginoso.

Sin embargo, el creciente temor de nuestra sociedad a la contaminación ambiental, a los problemas de residuos en nuestros alimentos, a la creciente incidencia de cardiopatías de supuesto origen alimentario, ha significado un freno al desarrollo y uso de los estimulantes convencionales (antibióticos, quimioterápicos, etc.), así como el giro hacia aditivos más naturales y fisiológicos, menos proclives a dejar residuos en los tejidos y con resultados significativamente superiores a los conocidos hasta ahora. Este cambio se ha visto a su vez potenciado por las nuevas exigencias alimentarias de la sociedad actual, tanto en cuanto a la salud pública como a la propia productividad animal.

Este significativo cambio de dirección, en cuanto a la naturaleza y mecanismos de acción de nuestros aditivos alimentarios, nos está llevando de la mano hacia los aditivos del siglo XXI, aditivos que son el resultado de los nuevos conocimientos de ingeniería genética y biología molecular, con mecanismos de acción de tipo netamente metabólico y con resultados espectaculares, al lado de los cuales, nuestros resultados de hoy harán sin duda sonreír a los nutrólogos de mañana, de modo idéntico a como sonreímos hoy al hojear un libro de producción animal del siglo pasado.

El nuevo arsenal de aditivos alimentarios, de empleo (ó posible empleo) en alimentación porcina, abarca, de momento, dos grandes grupos de substancias, diferenciadas básicamente por sus mecanismos de acción. Los aditivos que definimos como "naturales", y que actúan fundamentalmente sobre el aparato digestivo (probióticos, acidificantes, ralentizadores de tránsito, etc.) con efectos positivos, aunque de escasa magnitud y aquellos que pretendemos denominar "fisiológicos" y que actúan sobre el metabolismo animal, con resultados realmente espectaculares, debidos a alteraciones significativas de dicho proceso metabólico, tanto en sus fases anabólicas como catabólicas.

Entre estos aditivos, algunos de ellos, erróneamente considerados como aditivos, cuando realmente no lo son (caso de la somatotropina), no representan más que la avanzadilla de la nueva era de aditivos, destinados a revolucionar nuestros recientes (tan solo disponibles desde 1950) y sin embargo, ya anticuados conocimientos sobre la optimización de la producción animal a través del empleo de aditivos.

La aparición de estas nuevas sustancias, de resultados realmente significativos, a veces increíbles (mejoras del 20 y 30 %), en comparación con los modestos estímulos logrados hasta la fecha con nuestros antibióticos y quimioterápicos convencionales (del 3 al 10% como máximo), han puesto de manifiesto dos aspectos hasta hoy, sino ignorados, por lo menos, no tenidos demasiado en cuenta, como son en primer lugar, la capacidad de respuesta de nuestros animales de producción hasta el extremo que es posible que a través de los futuros animales transgénicos y el empleo de estos nuevos aditivos, pueda permitírse nos en un futuro no muy lejano, doblar la productividad de nuestros animales (Tabla 1).

Tabla 1.- Selección Genética ó Somatotropina en el Cerdo

Parámetro	Mejoras obtenidas por	
	Selección Genética Somatotropina	
Tocino dorsal.....	- 23 %	- 22 %
Índice de transformación.....	- 10 %-	- 28 %
Crecimiento magro.....	+ 5 %	+ 18 %
Crecimiento diario.....	s.c.	+ 17 %
Consumo de pienso.....	escasa	- 17 %
Grasa total canal.....	s.c.	- 44 %
Proteína en canal, kg.....	s.c.	+ 24 %

s.c. = sin cambios

De: Boyd y Wray-Cohen, 1989

En segundo lugar, la realidad de estímulos productivos del orden del 20 a 30 %, obligan a considerar la posible influencia de factores ambientales (nutricionales, de manejo, etc.), que permitan al animal producir a "esa velocidad" y a la vez resistir el impacto negativo de algunos de estos factores ambientales (temperatura ambiental, densidad de alojamiento) (Stoner y col., 1989).

Un tercer aspecto, hasta hoy igualmente ignorado, es el referente al impacto de estos aditivos sobre el problema de la contaminación ambiental debida a nuestros cenos porcinos. El mecanismo de acción de estas sustancias permiten como veremos, una notoria reducción en el nivel de contaminación ambiental, lo que viene a sumarse, como un factor realmente positivo, a la lista de motivos que aconsejan su utilización.

El grupo de aditivos más sensible a los efectos ambientales, es el constituido por los aditivos de acción metabólica (Beta-agonistas y Agentes Somatotropos), que son, a su vez, los que nos proporcionan resultados más significativos.

#### Beta-Agonistas y Somatotropina

Tanto la estructura, como los mecanismos de acción de estas sustancias han sido previamente descritas y revisadas por varios autores: Eadara y col., 1987; Williams y col., 1987; Puchal y col., 1990, por lo que nos limitaremos a resumir sus efectos productivos más significativos, y nos centraremos en el estudio de la influencia de distintos factores nutricionales y ambientales sobre su efectividad.

Entre las sustancias Beta-adrenérgico-miméticas ó simplemente Beta-agonistas más estudiados, destacan en la actualidad el Clenbuterol, Cimaterol, Ractopamina, Salbutamol, L-644.969 y L-640.333, además de una larga lista de posibles candidatos, actualmente en estudio, como son el Fenoterol, Prenalterol, Dobutamina, Terbutalina, etc.

Los Beta-agonistas, también conocidos como agentes de repartición, presentan un efecto estimulante sobre el crecimiento, aumentando la producción ó síntesis de tejido muscular y reduciendo la lipogénesis (Buttery y Dawson, 1987) en la mayoría de especies domésticas. Así sabemos que la respuesta en aves suele ser menor que en mamíferos (Hanrahan y col., 1988) y si bien parecen actuar tanto en animales jóvenes, como adultos, sus efectos son más significativos en la fase de madurez, cuando el animal tiende a depositar más grasa (Jones y col., 1985). Al contrario de lo que se observa en los anabolizantes de tipo sexual, no parece existir en el caso de los Beta-agonistas un efecto debido al sexo. Si bien en algunas especies se detectan diferencias a favor de las hembras (Dalrymple y col., 1984; Cole y col., 1987), éstas parecen deberse más al hecho de que las hembras depositan más grasa que los machos, que al sexo en sí.

El mecanismo de acción de estas sustancias parece radicar en una disminución del catabolismo proteico muscular (Reeds y col., 1986; Williams y col., 1987). La posibilidad de una simultánea estimulación de la síntesis proteica, que parecía posible (Emery y col., 1984; Buttery y Dawson, 1987) ha sido recientemente demostrada mediante estudios de excreción aminoacídica, que demuestran un efectivo estímulo de la síntesis y deposición proteica, en contraposición a la degradación catabólica (Eiseman y col., 1989).

Por lo que respecta al tejido graso, sabemos que la lipogénesis es regulada por agentes adrenérgicos y por lo tanto por los Beta-agonistas. Hoy se conoce con certeza que estas sustancias estimulan la lipólisis (Beerman y col., 1985; Eadara y col., 1987) si bien hay razones para creer que la lipogénesis es también inhibida (Duquette y Muir, 1985).

La Somatotropina porcina (también conocida como STP ó Somatotropina recombinante porcina, en el caso del cerdo) u hormona del crecimiento, es una proteína producida por la glándula hipofisaria anterior del cerdo. Es un polipéptido, compuesto por 191 aminoácidos, perfectamente conocidos y secuenciados (Seeburg y col., 1983).

2.1./71

Hoy sabemos que la somatotropina no actúa directamente, sino a través de sustancias mediadoras ó IGF (Insulin-like factor), también conocidas como somatomedinas. La administración de somatotropina porcina al cerdo está dando resultados hasta ahora sin precedentes en cuanto a estimulación del crecimiento, eficiencia alimenticia y calidad del producto obtenido (Campbell y col., 1988; Etherton y col., 1989; entre otros).

Es preciso considerar que si bien los Beta-agonistas son aditivos de aplicación directa a través del pienso, la somatotropina debe ser administrada parenteralmente, lo que supone un freno a su introducción. Sin embargo, se hallan en estudio diversos métodos que pueden llegar, eventualmente, a sistemas de administración más cómodos, que hagan posible su uso generalizado.

Los resultados prácticos de la aplicación de Beta-agonistas y Somatotropina en el cerdo, son abundantes y generalmente positivos. Ejemplos puntuales de su actividad los podemos ver en los siguientes datos, referidos a los diversos agentes adrenérgicos y somatotropos. En la Tabla 2 se presentan datos referidos al empleo de Clenbuterol en cerdos en fase de acabado, de 60 a 100 kg de peso vivo; en la Tabla 3 datos referidos al empleo de Cimaterol en cerdos en fase de acabado; en la Tabla 4 podemos apreciar datos relativos al empleo de la Ractopamina en cerdos en fase de acabado; en la Tabla 5, se presentan datos referidos al empleo de Salbutamol en cerdos en fase de crecimiento y acabado, en tanto que en la Tabla 6 se presentan datos referidos al empleo de somatotropina en cerdos.

Tabla 2.- Clenbuterol en Cerdos ✓

Parámetro	Control	Clenbuterol (1ppm)
Crecimiento diario gr.....	786	864
Índice de transformación...	3.18	2.88
Retención de N (gr/día)....	21.2	26.30
Total carne magra %.....	59.0	60.6
Peso Jamón (kg).....	9.67	10.71
Total grasa, %.....	33.00	32.10

1/ Cerdos de 60 a 100 kg peso vivo.  
De: Van Weerden, 1987

2.1./72

Tabla 3.- Cimaterol en Cerdos ✓

Parámetro	Control	Cimaterol (1ppm)
Crecimiento diario (gr)...	525	629
Índice de transformación..	3.51	3.39
Rendimiento canal (%).....	83.3	83.6
Grosor Tocino, 49-L, cm	2.94	2.82
Area L. Dorsí, cm <sup>2</sup> .....	39.00	44.80
% de magro.....	53.00	55.80

1/ Cerdos de 60 a 105 kg peso vivo  
De: Bekert y col., 1987

Tabla 4.- Ractopamina en Cerdos ✓

Parámetro	Control	Ractopamina	
		10 ppm	20ppm
Crecimiento diario (gr)...	810	910	930
Índice de transformación..	3.52	3.07	2.98
Rendimiento en canal %....	76.80	78.00	78.60
Grosor Tocino, 109-D, cm..	2.62	2.44	2.43
Area L. dorsí, cm <sup>2</sup>	34.75	40.32	42.20

1/ Cerdos de 68 a 107 kg peso vivo  
De: Jones y col., 1990

Tabla 5.- Salbutamol en Cerdos ✓

Parámetro	Control	Salbutamol (8ppm)
Crecimiento diario, gr...	838	901
Índice de transformación.	2.66	2.43
Rendimiento en Canal. %...	74.20	76.40
Grosor Tocino Dorsal (P <sub>2</sub> ), cm	1.39	1.07

1/ Cerdos LW x (L x LW) de 27 a 77. kg peso vivo  
2/ Alimentación restringida a 95 % de Ad Lib.  
3/ Cuatro días de retirada  
De: Cole y col., 1987

Tabla 6.- Somatotropina en Cerdos

Parámetro	Control	STP (100mg/kg/día)
Crecimiento diario, gr...	905	1052
Índice de transformación.	2.57	1.96

De: Steele y col., 1989

Es evidente la espectacularidad de estos resultados. Su propia magnitud ha llevado a un buen número de investigadores a considerar cual sería el resultado de modificar los parámetros nutritivos de los animales tratados.

Veamos en primer lugar, los efectos de una posible manipulación en los niveles de proteína dietética. Debido al notable incremento de la deposición protéica, aproximadamente del 44 %, según Easter (1987) y del 46 %, según Reeds y col., (1980), valores que se asemejan a los señalados del 50 % para el ganado vacuno (Eiseman y col., 1989) y que demuestran un estímulo de la síntesis protéica, unido a la notable reducción del consumo de pienso, resulta evidente que los animales tratados con Beta-agonistas ó STP, deban requerir mayores niveles de proteína y/o aminoácidos, si se desea obtener una respuesta máxima al agente estimulante.

La influencia del nivel protéico ha sido puesto de manifiesto por diversos autores para la mayoría de estimulantes. Así, en 1987 Anderson y col., señalan cómo a medida que se incrementa el nivel de proteína en la dieta, aumenta la respuesta a la inclusión de ractopamina al pienso (Tabla 7).

Tabla 7.- Ractopamina en el Cerdo " " "

Parámetro	Nivel de Proteína, %					
	12		15		18	
	-	+	-	+	-	+
Crecimiento diario, gr	750	710	780	800	750	830
Ind. de Transformación	4.11	4.02	3.64	3.52	3.81	3.30
Grosor Tocino, 102-D, cm	3.15	2.87	2.87	2.63	2.69	2.36
Area L.dorsal, cm	29.4	31.0	32.3	34.2	32.3	35.7

1/ Cerdos de 54 a 107 kg peso vivo  
2/ Ractopamina: niveles de 5 a 20 ppm  
De: Anderson y col., 1987

Es importante destacar que a bajos niveles proteicos, la respuesta puede ser poco significativa e incluso negativa en algunos parámetros, como es el crecimiento diario. En el trabajo de Anderson y col., se alcanzan los mejores resultados con un nivel de 18 % de proteína en la dieta, evidentemente superior a los niveles normalmente utilizados para cerdos en fase de acabado (50 a 100 kg peso vivo). Otros investigadores (Brown y col., 1990) han ido más allá de los niveles protéicos utilizados por Anderson y col. (1987), alcanzando niveles del 20 %, no detectándose diferencias significativas al incrementar el nivel protéico por encima del 18 %, lo que parece apuntar a dicho nivel protéico como el óptimo (Tabla 8).

Tabla 8.- Niveles Proteicos y Ractopamina (20 ppm) en el Cerdo " " "

Parámetro	Nivel Proteico, %		
	16	18	20
Crecimiento diario, gr...	930	1070	1060
Índice de transformación.	2.62	2.56	2.39

1/ Cerdos de 68 a 98 kg peso vivo  
2/ Sin Retirada  
De: Brown y col., 1990

Resultados similares a los señalados para la Ractopamina han sido descritos para la Somatotropina. Van Weerden y col. (1990) en cerdos en fase de acabado obtienen una respuesta máxima cuando se alcanza el nivel del 20 % de proteína (Tabla 9).

Tabla 9.- Niveles Protéicos y STP " en el Cerdo " " "

Parámetro	Nivel Proteico, %					
	16		18		20	
	-	+	-	+	-	+
Crec. diario, gr	813	958	852	1002	920	1070
Índice de Transf.	2.84	2.41	2.72	2.30	2.50	2.12
Retenc. N, gr/día	23.80	29.40	25.4	33.00	26.90	35.80

1/ Niveles de STP: 4 mg/día y Placebo.  
2/ Cerdos de 70-85 kg peso vivo aprox.  
3/ Régimen alimenticio: 2.6 x mant.  
De: Van Weerden y col., 1990

Otros investigadores han intentado averiguar si el efecto positivo de los niveles altos de proteína podían deberse a la proteína per se o bien podrían obtenerse aumentando simplemente el nivel de aminoácidos en la dieta. Así, por ejemplo Goodband y col. (1988) estudian el efecto de incorporación de lisina en cerdos tratados con STP, detectando un efecto muy significativo de la incorporación de lisina, hasta niveles del 1.2 % en el pienso, de nuevo niveles superiores a los utilizados normalmente en la fase de acabado (Tabla 10).

Tabla 10.- Niveles de lisina y STP (4 mg/día) en el Cerdo

Parámetro	Niveles de lisina, %				
	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
Crec. diario, gr	750	970	1160	1200	1160
Índice de Transf.	3.03	2.54	2.18	2.07	2.08
Tocino Dorsal, cm	2.16	2.13	2.26	2.15	2.25
Área L. dorsi, cm <sup>2</sup>	31.40	39.10	40.50	42.30	42.50

1/ Cerdos de 58 a 92 Kg  
De: Goodband y col., 1988.

Resultados similares han sido descritos por Watkins y col., (1990) para el caso de los Beta-agonistas (Ractopamina) para cerdos en fase de acabado (Tabla 11). Estos estudios realizados a niveles bajos de proteína (14 y 16 %), con y sin la incorporación de lisina sintética (0.15 %), se detecta un efecto positivo, tanto de la incorporación de lisina como del aumento del nivel de proteína, lo que parece indicar la necesidad de averiguar tanto el nivel óptimo de proteína, como de lisina en la dieta, al objeto de optimizar los resultados.

Tabla 11.- Niveles de Lisina y Ractopamina (20 ppm) en el Cerdo

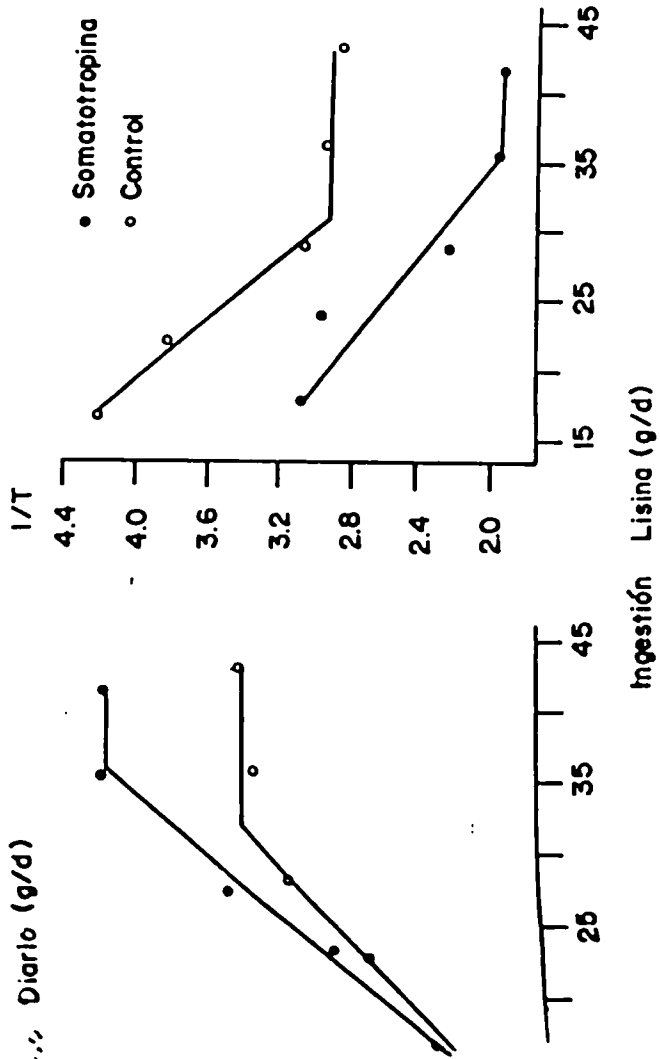
Parámetro	Niveles de Proteína, %			
	14		16	
	Lisina añadida (0.15 %)			
	-	+	-	+
Crec. diario, gr	740	780	770	790
Índice de transf.	3.37	3.26	3.15	3.07
Rend. canal, %	76.2	76.7	76.2	76.3
Toc. dors.(109-D), cm	2.28	2.22	2.08	2.10
Área L. dorsi, cm <sup>2</sup>	34.7	37.9	38.2	38.4

1/ Cerdos de 67 a 106 kg peso vivo.  
2/ Dietas clásicas maíz/soja.  
De: Watkins, L.E. y col., 1990

Según datos presentados por Beermann y col., (1990), las necesidades diarias de lisina, a fin de optimizar el crecimiento muscular con STP en el cerdo es de 24 gr/día en cerdos de 20 a 60 kg, sin que sea necesario incrementar los niveles de proteína de la dieta más allá de los niveles normalmente recomendados. Sin embargo, estos datos no están de acuerdo con lo señalado por Boyd y Krich (1990), Gráfica 1, quienes sitúan el máximo de lisina en 35 g/día para optimizar, tanto el crecimiento como el índice de transformación en fase de acabado y de niveles inferiores (24 gr/día), Gráfica 2, en fase de crecimiento.

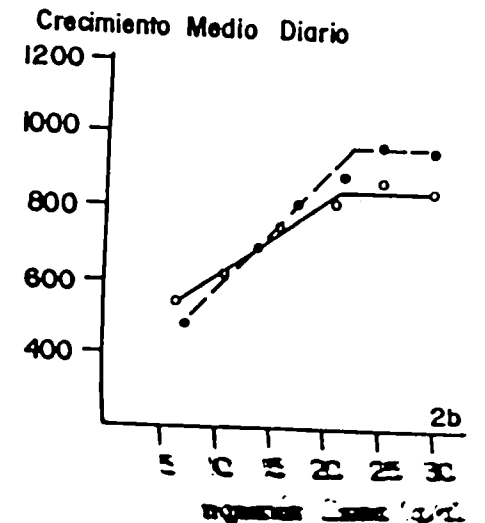
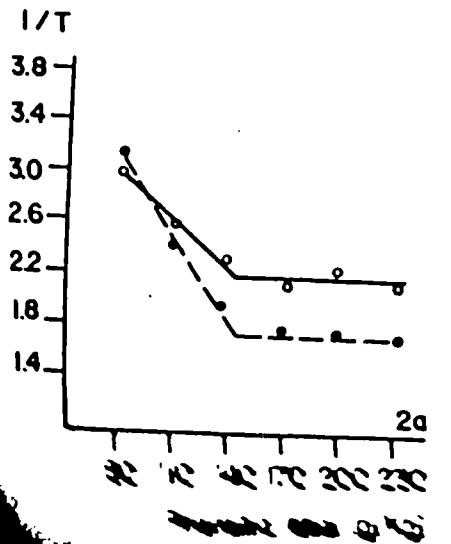
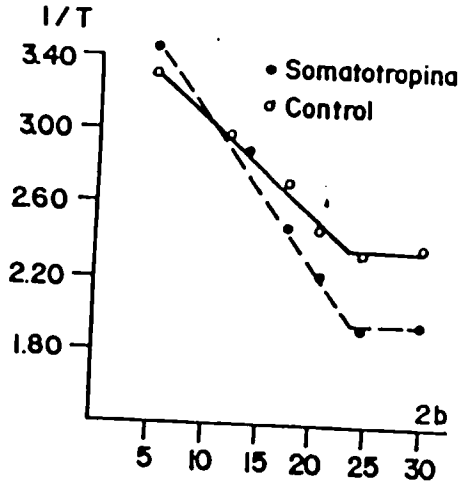
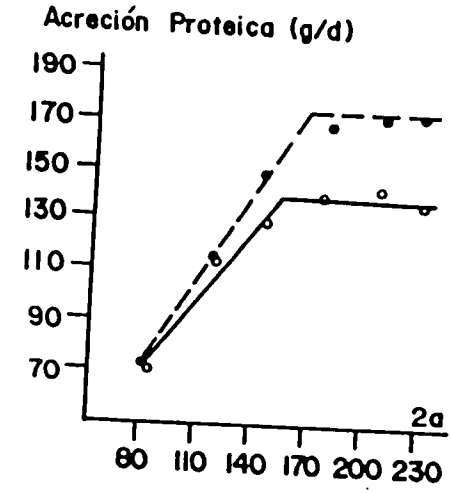
2.1./77

Gráfica 1



2.1./78

Gráfica 2



Los estudios realizados sobre niveles proteicos y aminoácidos nos llevan a considerar los posibles efectos de estos anabolizantes sobre la digestibilidad de la proteína, así como la disponibilidad de los aminoácidos. Así, Gonzalez y col., (1990) estudian la digestibilidad ileal de la Lisina, Treonina e Isoleucina procedentes de varias fuentes proteicas (Tabla 12) y detectan una mejora en la digestibilidad de los aminoácidos presentes en la harina de carne, pero no en la soja, y en cambio una ligera depresión en la digestibilidad aminoácídica de la harina de subproductos aviares.

Tabla 12.- Digestibilidad Ileal Aminoácídica y STP (3 mg/día) en el Cerdo

Parámetro	Ingredientes							
	Soja		H. Carne		H. Pesc.		H.Sub.P.	
	STP	0	STP	0	STP	0	STP	0
Dig. Lisina, %...	92.2	92.4	78.6	75.0	82.7	82.4	74.5	75.1
Dig. Treonina, % :	80.3	80.4	71.0	68.2	75.6	74.2	66.9	71.4
Dig. Isoleucina, %	87.6	87.2	76.0	73.8	80.4	81.0	75.0	76.8

1/ Dietas con 16 % proteína  
De: Gonzalez, A. y col., 1990

Es evidente, por tanto, que la respuesta al nivel de aminoácidos tiene que provenir de una mejor utilización anabólica de los aminoácidos (Boyd y Kirch, 1990).

Aparte de los estudios sobre proteína, son varios los autores que destacan la importancia del nivel energético (Eisemann y col., 1988) ó bien de la densidad nutritiva (Jewell y col., 1990) en la respuesta a estos estimulantes metabólicos. El conocimiento de la necesidad de un aporte energético suficiente para obtener una buena respuesta a la STP en el cerdo, se remonta al año 1972 en el que Machlin observa cómo la administración de STP a cerdos, con una dieta suficiente en proteína, pero con una severa restricción energética, resuelta en un significativo aumento de los parámetros productivos. Estos resultados se interpretan en el sentido que una restricción calórica fuerte inhibe la secreción natural de somatotropina, que en el ensayo, es sustituida por la STP exógena (Tabla 13).

Tabla 13.- Restricción Dietética y STP en el Cerdo<sup>1</sup>

Parámetro	Dieta 16% Prot. Restringida		Dieta 12% Prot. Ad Libitum	
	Placebo	STP	Sin STP	
Peso Inicial, kg	90.8	91.2	89.9	
Peso Final, kg	95.8	105.3	107.2	
Crecimiento día, gr	230	670	820	
Pienso Consum., kg	38.6	38.9	65.8	
Índice de Transf.	9.03	2.77	3.82	
Magro, kg	38.2	41.9	41.5	

1/ Cerdos restringidos para igualar consumo proteína  
De: Machlin, 1972

Los estudios más recientes, ya citados de Van Weerden y col., (1990) confirman estos resultados (Tabla 14), al poner en evidencia mejores resultados en cuanto a los diversos parámetros productivos, excepto la retención de Nitrógeno, al aumentar el nivel energético de la dieta.

Tabla 14.- Niveles energéticos y STP (4 mg/día) en el Cerdo<sup>1</sup>

Parámetro	Nivel Proteico, %							
	16				18			
	2170		2570		2170		2570	
	-	+	-	+	-	+	-	+
Crec. día. gr	852	1002	924	1130	920	1078	1011	1141
Incremento, %		17.8		22.3		17.1		12.8
Índice Transf.	2.72	2.30	2.49	2.03	2.50	2.12	2.28	2.00
Incremento, %		15.5		18.5		15.2		12.3
Ret. N, gr/día	25.4	33.0	25.4	33.8	26.9	35.9	26.3	35.6

1/ Cerdos de 70 a 85 kg peso vivo  
2/ Dietas equilibradas en cuanto a A.A.  
3/ Régimen alimenticio: 2.6 x Mant.  
De: Van Weerden y col., 1990

Todos estos resultados indican que la influencia de STP sobre el crecimiento y metabolismo energético y proteico, es independiente de, y aditivo a, los efectos de la ingestión de energía.

Otro factor a tener en cuenta, más que el mero incremento proteico ó calórico, es el incremento en la densidad nutritiva, como modificación más en consonancia con el incremento metabólico detectado en animales que reciben dichos agentes estimulantes. Así, Jewell y col., 1990, señalan que el incremento de la densidad nutritiva (de 3.200 kcal de E.D. a 3.700 kcal de E.D./kg, debidamente equilibrada, Lys: Energ. 3.75 gr/Mcal) resulta en una significativa mejora, aunque sólo en el índice de transformación, sin efectos visibles en cuanto al crecimiento diario ni de retención de Nitrógeno (Tabla 15).

Tabla 15.- Densidad Nutritiva y STP (4 mg/día) en el Cerdo \*

Parámetro	Densidad Nutritiva, kcal ED <sup>a</sup>			
	3200		3700	
	0	STP	0	STP
Crecimiento diario, gr	1000	1180	1150	1160
Índice de Transf.	3.08	2.23	2.83	2.03
Ret. Proteína gr/día	155	234	188	232
Ret. Lipídica, gr/día	227	104	381	90

1/ Cerdos de 73 a 108 kg peso vivo  
2/ Equilibrada con 3.75 gr lys/Mcal  
De: Jewell y col., 1990

La consideración de la influencia de los niveles proteicos, energéticos y de densidad nutritiva, nos llevan a considerar cual puede ser el efecto de la incorporación a estos anabolizantes en cerdos sometidos a regímenes restringidos ó alimentados a voluntad.

Los trabajos de Campbell y col. (1988) sobre regímenes restringidos de diferente magnitud (Tabla 16), confirmados más tarde por Fentener Van Vlissingen y col. (1990) en Wageningen, nos dan una respuesta a dicha incógnita (Tabla 17).

Tabla 16.- Efecto de la ingestión de energía y la administración de STP en cerdos 1-2/

Parámetro	Ingestión Energía 3					
	Adl		80%		60%	
STP	-	+	-	+	-	+
Ganancia diaria, gr	905	1052	870	842	543	681
Índice de Transf.	2.57	1.96	2.45	1.91	2.54	1.95
Proteína, gr/día	110	151	85	127	78	105
Grasa, gr/día	283	193	171	127	110	78
Minerales, gr/día	20,4	36,8	15,4	22,2	11,9	17,1

1/ Cerdos de 25-35 kg peso vivo  
2/ Dosis STP 100 gr/kg  
3/ Ad Libitum; 80% ad libitum; 60% ad libitum  
De: Campbell y col., 1988

De estos datos se desprende que la administración de una dieta en forma restringida es de todo punto desaconsejable cuando se administran estos estimulantes metabólicos.

Tabla 17.- Régimen Alimenticio y STP (4 mg/día) en el Cerdo\*

Parámetro	Ad Libitum		Restringido <sup>a</sup>	
	-	+	-	+
Pienso Animal/día, kg	2.90	2.46	2.23	2.23
Crecimiento diario, gr	1006	1067	722	919
Índice de Transf.	2.92	2.33	3.10	2.44
Rendimiento en canal, %	75.4	75.0	76.5	75.4
% Magro	55.9	61.9	58.3	61.7
% Grasa	33.7	28.9	30.0	27.0

1/ Cerdos (LW x L) de 60 a 105 kg peso vivo  
2/ Pienso con 18.8% de proteína  
3/ Régimen restringido: 2 comidas/día  
De: Fentener van Vlissingen y col., 1990



Otras consideraciones dignas de mención hacen referencia a los posibles efectos colaterales, en el animal, de la administración de dichas sustancias. Así, se ha señalado la posibilidad de que el cimaterol aumente la incidencia de decúbitos en el cerdo, si bien los primeros ensayos no revelaron efectos significativos (Moser y col., 1988). Otros autores, aunque no detectaron debilidad en las extremidades, sí al parecer observaron lesiones en pezuñas con niveles de cimaterol de 1.0 ppm (Jones y col., 1985; Cromwell y col., 1987). No obstante, estudios más recientes (Walker y col., 1989) no han logrado poner de manifiesto ningún efecto negativo, ni sobre extremidades ni la presencia de lesiones en pezuñas, con niveles de cimaterol no superiores a 0.5 ppm.

En otros trabajos con diferentes Beta-agonistas, Wallace y col. (1987) han señalado la incidencia tanto de alteraciones en pezuñas como alteraciones en extremidades, al administrar 1.0 y 4.0 ppm del Beta-agonista L-644.989.

El efecto que los Beta-agonistas puedan tener sobre el sistema óseo no se conoce con exactitud. Algunos autores (Jones y col., 1985), señalan una disminución del peso de los huesos, en tanto que otros simplemente apuntan hacia la disminución del porcentaje de hueso en la canal (Cline y Forrest, 1987).

No se sabe si estos efectos sobre extremidades puedan deberse al exceso de tejido muscular (conformación cárnica excesiva) ó bien a defectos en la estructura ósea.

La STP, a través de la somatomedina, estimula la proliferación celular, es decir, el crecimiento del músculo, tejido conectivo y también del hueso (Cromwell, 1988). Estudios recientes (Wood y col., 1990) revelan que la administración de STP al cerdo produce huesos metacarpianos y metatarsianos más gruesos y pesados, a pesar de que no detectan diferencias en cuanto a su resistencia al stress. El análisis de sus cenizas tampoco parece revelar diferencias significativas, excepto en un mayor contenido en Zn para los cerdos que necesitan la STP. Estos datos apuntan hacia la necesidad de revisar con cuidado los niveles de minerales en el pienso, cuando se administran estimulantes metabólicos, del mismo modo que es preciso incrementar el nivel proteico y aminoacídico.

Hemos visto los efectos positivos sobre crecimiento y calidad de canal, de los estimulantes metabólicos descritos (Beta-agonistas y Somatotropina). No obstante, el empleo de estas sustancias está todavía en consideración y su autorización pendiente de estudio por las autoridades competentes. En previsión de su posible autorización y ante la posibilidad de que deba implantarse un sistema de retirada, previa al sacrificio, algunos autores han investigado los posibles efectos de períodos de retirada de diversa duración sobre varios de los estimulantes señalados.

Así, si bien algunos autores (Jones y col., 1985; Prince y col., 1985) han señalado que la utilización de períodos de retirada de 7 días de duración, después de la administración de cimaterol, provoca un efecto compensatorio que resulta en la pérdida de la ganancia obtenida. Otros estudios más recientes (Cromwell y col., 1987) indican que períodos de retirada de 3 a 5 días, en el caso del cimaterol, permite la obtención de canales idénticas a las obtenidas con los animales alimentados con cimaterol hasta el sacrificio (Tabla 18).

Tabla 18.- Períodos de Retirada y Cimaterol (0.25 ppm) en el Cerdo<sup>1</sup>

Parámetro	Días de Retirada		
	1	3	5
Crecimiento diario, gr	820	870	850
Índice de Transformación	3.390	3.340	3.410
Espesor Tocino, 10g D, cm	2.92	2.92	2.92
Area L.dorsi, cm <sup>2</sup>	33.6	33.7	33.4
% Músculo	53.1	53.1	53.1

1/ Cerdos de 62 a 107 kg peso vivo  
De: Cromwell y col., 1987

Walker y col. (1989) señalan, aparte del efecto mejorador propio de este agente adrenérgico, una falta de influencia sobre los efectos obtenidos al practicar una retirada de 5 días, con niveles de Cimaterol de 0.25 ppm. (Tabla 19).

Tabla 19.- Períodos de Retirada y Cimaterol en el Cerdo<sup>1</sup>

Parámetro	Control sin Cimaterol	Días de Retirada		
		1	3	5
Crecimiento diario, gr	740	770	830	750
Ind.Crec.(peso, pienso)	270	270	280	260
Peso al sacrificio, kg	102.3	102.6	102.7	102.8
Rend. canal, %	76.3	76.6	76.5	77.7
Esp. Tocino, 10g-D, cm	34.30	37.09	36.25	36.79

1/ Cerdos de 55 a 105 kg peso vivo aprox.  
De: Walker y col., 1989

Estos resultados no ponen de manifiesto más que un ligero efecto compensatorio en el acúmulo de grasa, efecto que ha sido confirmado por otros investigadores, aunque con períodos de retirada más largos (Jones y col., 1985).

Otra consideración muy importante, es el estudio de la influencia de la administración de algunos de estos aditivos sobre la composición de la grasa corporal. Así, los datos de Walker y col., (1989) con Cimaterol (0.5 ppm) revelan un aumento en el porcentaje de Acido Estéarico y Linoleico, tanto en la grasa subcutánea como intramuscular, así como una disminución del Acido Palmítico en la grasa intramuscular, efectos ambos de un enorme interés, dados los efectos positivos de los Ácidos Estéarico y Linoleico en la prevención de cardiopatías en el hombre y el efecto negativo del Acido Palmítico en las mismas. La diferente proporción de ácidos grasos de distinto punto de fusión, permite a su vez el mantenimiento del punto de fusión de la grasa a niveles similares al del grupo control (Tabla 20).

Tabla 20.- Cimaterol (0.5 ppm) y Ácidos Grasos en el Cerdo

Parámetro	Grasa Subcutánea		Grasa Intramusc.	
	Control	Cimaterol	Control	Cimaterol
C 14:0	1.2	1.2	4.9	5.5
C 16:0	24.8	24.8	24.2	23.6
C 18:0	11.7	12.1	11.1	11.7
C 18:1	1.9	1.8	5.6	6.0
C 18:1	44.7	43.3	45.6	44.4
C 18:2	13.3	14.9	7.3	7.4
C 18:3	1.2	1.1	1.0	1.1
Dureza Grasa <sup>2</sup>	2.15	2.35	-	-
Grasa Intram. <sup>3</sup>	-	-	2.08	2.16

1/ Cerdos de 55 a 105 kg peso vivo aprox.

2/ De 1: dura a 5: oleosa

3/ Según normas de NPPC, 1983

De: Walker y col., 1989

Sabemos que la raza influye en los parámetros productivos. Así, hay razas que dan canales más magras que otras y con índices de productividad variables. La influencia de la raza es también importante en cuanto a la respuesta a los estimulantes metabólicos. Nossaman y col (1989) señalan diferencias en cuanto a la respuesta a la STP en cerdos Hampshire x Large-White y Large-White x Landrace (Tabla 21).

Tabla 21.- Efecto de la raza, STP e ingestión de Energía en los rendimientos productivos

Raza	Hampshire x Large - White							
	Ad1		93%		86%		80%	
Ingest.Energ.1/ STP 2/	-	+	-	+	-	+	-	+
Ganancia gr/d	1118	1292	1066	1170	895	1094	828	1044
Ind. de Transf.	2.68	2.03	2.53	2.00	2.79	1.99	2.72	2.00
L. dorsl, cm <sup>2</sup>	32,52	34,6	29,9	33,4	30,6	36,0	32,1	35,4
Toc.dors., cm	3,15	2,26	2,79	2,21	2,69	2,18	2,77	1,78

Raza	Large - White x Landrace							
	Ad1		93%		86%		80%	
Ingest.Energ.1/ STP 2/	-	+	-	+	-	+	-	+
Ganancia gr/d	936	1143	882	950	747	968	707	863
Ind. de Transf.	2.78	2.10	2.72	2.18	2.79	2.15	2.82	2.00
L. dorsl, cm <sup>2</sup>	27,4	27,7	29,0	28,0	28,1	29,2	26,8	31,3
Toc. dors., cm	3,02	2,59	2,74	2,08	2,64	2,11	2,64	2,03

1/ Ad Libitum; 93% Ad1, 86% Ad1 y 80% Ad1

2/ Dosis STP = 5 mg

De: Nossaman y col. (1989)

Un último aspecto a considerar en el empleo de estos aditivos, lo tenemos en sus efectos sobre la contaminación ambiental. Sabemos que la producción de excrementos constituye un factor importante en producción animal por sus efectos indirectos sobre la salud pública. Sabemos también que el exceso de P y N vertidos al medio ambiente, a través de los excrementos del cerdo, suponen una fuente muy importante de contaminación ambiental en países en los que los censos porcinos son muy elevados.

Veamos un caso ejemplar. La producción de N y P en forma de estiércol, fué en Holanda de 120.000 TM de N en 1984 y de 32.000 TM de P en 1984 (Van Weerden y Verstegen, 1988). Si convertimos el N en proteína (x 6.25) y en estiércol (80 % humedad y 20 % proteína en su M.S.) nos da un total aproximado de equivalente estiércol de 6.250.000 TM animales.

Esta exorbitante cantidad de equivalente estiércol está produciendo la contaminación de las capas de agua freática con nitratos y nitritos, de gran toxicidad para el hombre, así como la contaminación de la atmósfera con amoníaco y óxido nítrico, que contribuye de modo muy significativo a disminuir la vitalidad de los bosques y a crear el "efecto invernadero" de nuestro planeta.

En la Tabla 22 vemos las principales rutas de excreción de N en el cerdo de engorde.

Tabla 22.- Excreción de N en el Cerdo

Consumo de N (270 kg pienso x 18% prot.) = 7.0 kg de N  
 N digestible (85%) = 6.0 kg  
 1/ Excreción de N vía heces = 1.0 kg  
 N total en un cerdo de 110 kg peso vivo = 2.5 (15% peso vivo)  
 2/ Excreción de N vía orina: 6.0 - 2.5 = 3.5 kg

De: Van Weerde y Verstegen, 1988

Un método para disminuir la contaminación ambiental podría ser la disminución del número de cerdos. Sin embargo, esta posibilidad se considera utópica ya que, a pesar del conocimiento del problema, en 1980 se sacrificaron en Holanda 15.6 millones de cerdos y en 1987 la cifra había aumentado a 22 millones.

Un método alternativo, además de reducir el contenido proteico del pienso, mejorar el balance aminoacídico, etc. puede ser el empleo de estimulantes anabólicos como los descritos aquí. Así, teniendo en cuenta el efecto mejorador de la STP, por ejemplo, sobre el índice de conversión y la retención de N, su empleo puede resultar en una disminución de la contaminación atmosférica (Tabla 23) de un 21 %, cifra muy significativa y digna de ser tenida en cuenta.

Tabla 23.- Excreción de N y STP en el Cerdo

Parámetro	Control	STP
Peso vivo, kg	57.7-110	58.5-110
Consumo de pienso, kg	138	124
Consumo de N, gr	4280	3845
Retención de N %	32.9	40.6
Excreción de N, %	67.1	59.4
Deposición de N, gr	1410	1560
Excreción de N, gr	2870	2285
Diferencia, gr	-	- 585
Diferencia, %	-	- 21

De: Van Weerden y Verstegen, 19

Como conclusión, puede afirmarse que una vez resueltos los problemas toxicológicos y legales que todavía frenan la introducción de estos aditivos, su empleo nos conducirá, sin duda, a la obtención de índices de productividad significativamente superiores a los obtenidos hasta ahora, lo cual, unido a un producto, probablemente más sano para el hombre (menos grasa y de mejor calidad dietética) y a un efecto reductor de la contaminación atmosférica, hace de estos aditivos, los instrumentos idóneos para mejorar la productividad animal en el futuro.