



## MODELIZACIÓN DE CEBO DE CERDOS (VALIDACIÓN MODELIZACIÓN A TIEMPO REAL)



### Antecedentes

La simulación del crecimiento de los animales proporciona potencialmente una forma de predecir el rendimiento animal en distintas condiciones con una elevada precisión.

Para ello tenemos que identificar los principales factores limitantes del sistema de producción porcina, estimar rendimientos de cada genética, predecir requerimientos nutricionales y conocer los efectos de factores ambientales. Todo este conocimiento nos permitirá tomar decisiones técnicas y económicas para mejorar nuestro sistema de producción.

Para cualquier modelo de predicción de crecimiento y consumo voluntario de alimento, es fundamental partir de una base teórica que describa cómo el animal crece y cómo interactúa con su entorno. Hay una amplia base científica (Ferguson et al., 1994; Emmans and Kyriazakis, 1999; Wellock et al., 2003b) que define los puntos esenciales para la predicción que sirven de base para la modelización: características propias del animal, condiciones ambientales, tipo y cantidad de alimento y estado sanitario. La interrelación de estos componentes proporciona el marco para predecir respuestas de crecimiento bajo una amplia variedad de escenarios de producción y con numerosas aplicaciones comerciales posteriores.

La teoría se basa en unas premisas básicas,

- > El animal siempre intenta alcanzar su tasa de crecimiento máximo, en base a su estado actual y potencial genético;
- > La cantidad de alimento consumido es limitada. La dieta consumida no llega a alcanzar el máximo potencial de crecimiento ya que hay limitantes como la capacidad del intestino, costes energéticos para mantener el equilibrio térmico, ...;
- > El estado sanitario y la densidad de población son posibles limitantes del potencial crecimiento;
- > Las respuestas predichas son del individuo promedio.

En conclusión, podemos determinar y alcanzar de manera

fiable el crecimiento potencial de los cerdos en base a una descripción adecuada del genotipo, la alimentación, el estado sanitario y entorno físico y social.

Existen en el mercado herramientas de **modelización a tiempo real de cebos porcinos**, simulaciones para optimizar los rendimientos técnicos y resultados económicos de los productores porcinos, con una elevada precisión. Esta simulación a tiempo real se basa en un modelo estocástico que tiene en cuenta a todos los cerdos de un lote, no del cerdo medio, partiendo de una variabilidad del peso inicial de los cerdos determinada.

A partir de ello, a nivel práctico, **optimizaremos la formulación de piensos, la gestión de los mismos así como podemos predecir y optimizar la gestión de la carga de los cerdos a matadero.**

Para demostrar la capacidad y certeza de SWINE MODEL /modelización a tiempo real se planteó realizar una prueba de validación con AGROPOR, empresa integradora porcina de la región de Murcia.

### Diseño de la prueba

La prueba de validación de SWINE MODEL se realiza desde Octubre de 2017 hasta Marzo de 2018, con tres tipos de genéticas distintas:

- > **PIETRAIN (LLxPietNC)**  
LdLw x Pietrain Alemán: 142 animales (50% machos enteros + 50% hembras)
- > **DUROC GRASO (HyxDurGC)**  
LdLw x UPB: 119 animales (50% machos castrados + 50 % hembras)
- > **DUROC MAGRO (ADxDurDC)**  
LdLw x Danbred: 138 animales (50% machos castrados + 50% hembras)



Para aumentar la potencia estadística del ensayo, se procede a pesar individualmente cada cerdo cada 3-4 semanas para determinar la ganancia media diaria de cada cerdo y establecer una curva de crecimiento para cada genética.

Con los resultados obtenidos se realiza una comparativa entre los datos reales (pesos intermedios reales, pesos a matadero, consumo de pienso y coste de pienso por kg de carne producida) y los resultados de una modelización, simulada con un modelo a tiempo real de alta precisión, para cada una de las tres genéticas.

Por otra parte se realiza un tratamiento estadístico de los pesos y crecimientos obtenidos para obtener una curva de crecimiento para cada genética.

## Resultados

Se realizan pesadas individuales los días 21, 42, 70, 96 de cebo. También a los 119 días con los cerdos que todavía no se han cargado para sacrificio. En el caso del lote finalizado con Danbred no se realiza esta última pesada ya que se han cargado todos los cerdos a matadero.

A tener en cuenta que durante la prueba, va disminuyendo el número de cerdos pesados, al no poder identificarlos por pérdida del crotal auricular individual identificativo.

Tener en cuenta también que se compara un tamaño de muestra limitado, aunque suficiente, con el total de cerdos en la modelización y resultados finales reales del lote.

Sorprende inicialmente la heterogeneidad de pesos de los lechones a la entrada en el cebadero, aspecto crítico en el rendimiento de los cebaderos, con importantes implicaciones técnico-económicas.

PESO, kg	PIETRAIN	DUROC GRASO	DUROC MAGRO
n	142	119	138
Min	16,0	14,0	15,0
Máx	30,5	35,5	34,5
MEDIA	22,4	23,2	22,5
DESVstd	3,33	5,13	4,02

Pesos iniciales indicados en “pesada” hacen referencia sólo a los cerdos pesados individualmente.

PESO	PIETRAIN			
días	pesada	n	modelo	diff %
	22,4	142	22,9	2,18%
21	36,3	141	34,2	-6,14%
42	51,4	140	48	-7,08%
70	75,1	138	70,4	-6,68%
96	92,3	124	89,1	-3,59%
119	100,5	56	98,8	-1,72%
				-3,84%

GMD	PIETRAIN			
días	pesada	modelo	diff %	
21	661	605	-9,26%	
42	719	733	1,91%	
70	848	840	-0,95%	
96	745	814	8,48%	
119				
				0,04%

	DUROC GRASO			
días	pesada	n	modelo	diff %
	23,2	119	23,4	0,85%
21	35,9	119	36,3	1,10%
42	52	110	51,5	-0,97%
70	75,4	96	74,8	-0,80%
96	95,7	80	94,4	-1,38%
119	108,9	48	108,7	-0,18%
				-0,23%

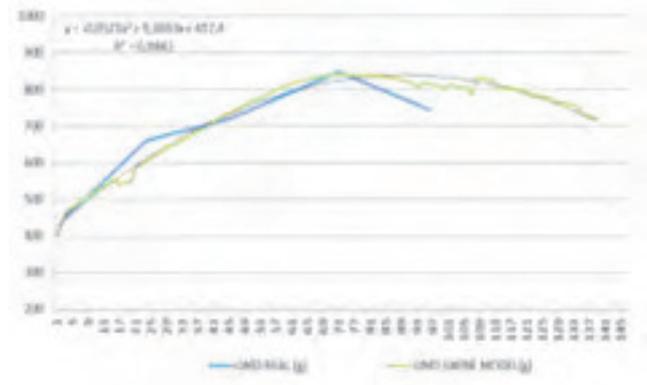
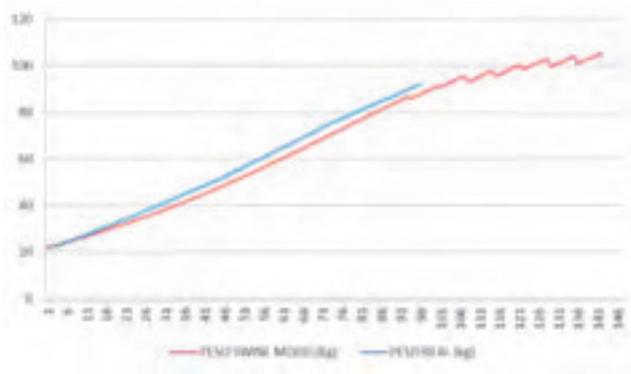
	DUROC GRASO			
días	pesada	modelo	diff %	
21	604	668	9,58%	
42	766	787	2,67%	
70	873	865	-0,92%	
96	811	795	-2,01%	
				2,33%

	DUROC MAGRO			
días	pesada	n	modelo	diff %
	22,5	138	22,6	0,44%
21	37,9	135	36,7	-3,27%
42	60,4	127	56	-7,86%
70	85,9	118	81,5	-5,40%
96	108,6	106	102,7	-5,74%
				-4,37%

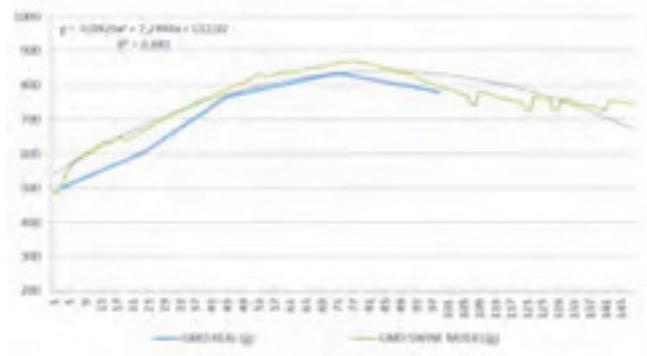
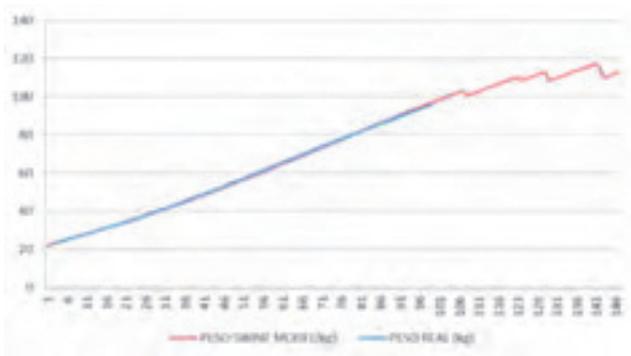
	DUROC MAGRO			
días	pesada	modelo	diff %	
21	733	741	1,08%	
42	901	881	-2,27%	
70	912	941	3,08%	
96	873	908	3,85%	
				1,44%



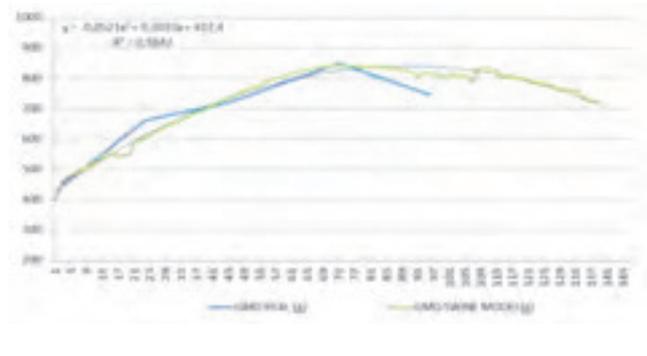
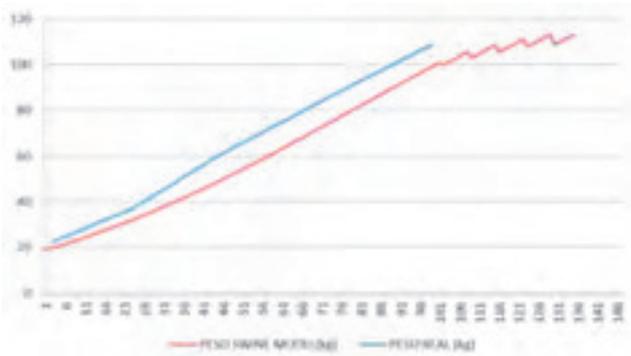
**PIETRAIN (LLxPietNC), hembras + machos enteros**



**DUROC GRASO (HyxDurGC), hembras + machos castrados**



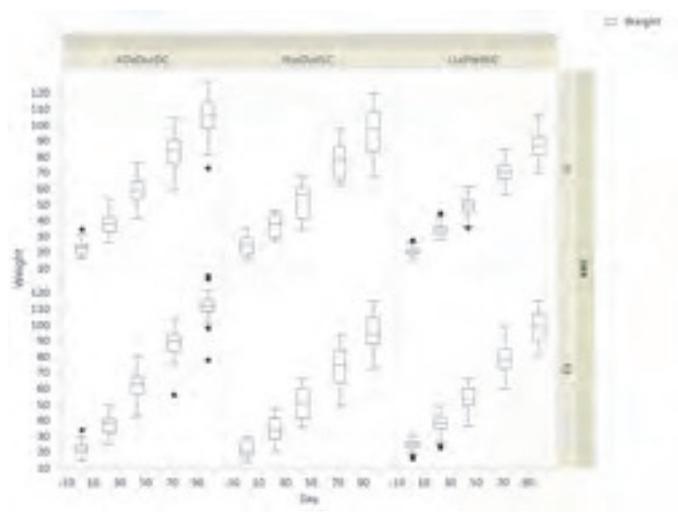
**DUROC MAGRO (ADxDurDC), hembras + machos castrados**



El **tratamiento estadístico de los datos obtenidos** de las pesadas individuales ha permitido construir un modelo lineal para explicar el peso en función del sexo, la raza, los días y todas sus interacciones.

Por la solidez de la serie de datos se ha podido realizar una predicción para **estimar el peso en función del sexo, la raza y el día desde que se empieza el engorde**. El coeficiente de determinación es del 98%. Es decir, el ajuste es casi perfecto.

No se ha podido pesar el pienso consumido por los animales en prueba, por lo que no puede compararse el índice de conversión y el coste de alimentación por kg de cerdo repuesto con el real obtenido. Para ello se ha comparado los resultados obtenidos en la modelización a



tiempo real de tres cebos con los resultados finales reales al cierre de dichos lotes.

Teniendo en cuenta variables como la estacionalidad, la presentación del pienso en harina, características genéticas, sanitarias de los animales y ambientales

específicas de las granjas, **los resultados obtenidos en la comparativa han sido los siguientes:**

(Pesos entrada "Real" hacen referencia a todos los animales del lote. Es distinto que en el anterior cuadro, donde se refleja el peso de los lechones pesados en el inicio de la prueba).

PIETRAIN	Real	Modeliz.	dif %
Número animales	4000	4000	
Peso entrada, kg	22,1	22,2	-0,45%
Peso salida, kg	103,95	108	-3,90%
Bajas, %	2,55	2,55	0,00%
IC	2,56	2,55	0,39%
GMD	694	715	-3,03%
CMD	1,79	1,82	-1,68%
Fecha 1ª carga	27-Jan	16-Jan	
Fecha última carga	08-Mar	06-Mar	
<b>Coste pienso / kg carne</b>	<b>0,615</b>	<b>0,607</b>	<b>1,30%</b>
Pienso entrada, kg	22,18	23,43	
Pienso crecimiento, kg	182,9	195,37	
Pienso acabado, kg	0	0	

DUROC GRASO	Real	Modeliz.	dif %
Número animales	1500	1500	
Peso entrada, kg	23,45	23,5	-0,21%
Peso salida, kg	120,25	121,1	-0,71%
Bajas, %	2,33	2,4	-3,00%
IC	2,94	2,93	0,34%
GMD	746	752	-0,80%
CMD	2,21	2,2	0,45%
Fecha 1ª carga	31-Jan	22-Jan	
Fecha última carga	04-Mar	05-Mar	
<b>Coste pienso / kg carne</b>	<b>0,683</b>	<b>0,673</b>	<b>1,46%</b>
Pienso entrada, kg	20,65	21,29	
Pienso crecimiento, kg	254,11	264,46	
Pienso acabado, kg	0	0	



DUROC MAGRO	Real	Modeliz.	dif %
Número animales	2402	2278	
<b>Peso entrada, kg</b>	<b>16,99</b>	<b>19</b>	<b>-11,83%</b>
<b>Peso salida, kg</b>	<b>117,35</b>	<b>118,9</b>	<b>-1,32%</b>
<b>Bajas, %</b>	<b>3,33</b>	<b>3,33</b>	<b>0,00%</b>
<b>IC</b>	<b>2,55</b>	<b>2,57</b>	<b>-0,78%</b>
<b>GMD</b>	<b>851</b>	<b>835</b>	<b>1,88%</b>
<b>CMD</b>	<b>2,21</b>	<b>2,15</b>	<b>2,71%</b>
Fecha 1ª carga	23-Jan	25-Jan	
Fecha última carga	26-Feb	01-Mar	
<b>Coste pienso / kg carne</b>	<b>0,626</b>	<b>0,615</b>	<b>1,76%</b>
Pienso entrada, kg	21,5	21,72	
Pienso crecimiento, kg	233,78	235,37	
Pienso acabado, kg	0	0	

Finalmente, **las diferencias entre los resultados reales obtenidos respecto a la modelización** a tiempo real han sido de:

- > 0.34 – 0.80 % en el índice de conversión
- > 0.80 – 3.08% en la ganancia media diaria
- > 0.45 – 2.71 % en el consumo medio diario
- > 1.30 – 1.76 en el coste de alimentación por kg de carne repuesto

En referencia a la **gestión de las cargas de cerdos a matadero**, Swine Model identifica el tiempo y el peso preciso al cual tenemos que cargar los cerdos, maximizando los cerdos de valor total.

Los resultados semanales de cargas reales obtenidos y la comparación con la modelización se resume en los cuadros siguientes:

(A tener en cuenta que la simulación se realiza con la base de optimizar transporte y cargar camiones completos).

## Conclusiones

1) La modelización a tiempo real con SWINE MODEL ha sido capaz de predecir el crecimiento medio diario y la evolución del peso de los animales con menos del 5% de desviación.

Es importante tener en cuenta que se han comparado los resultados reales obtenidos de pesadas periódicas (cada 3-4 semanas) de un número determinado de animales por genética y la modelización de todos los animales de cada granja.

DUROC GRASO		REAL			
FECHA CARGA	n	días	PESO BASIC. kg	PESO MEDIO kg	EST. MED. días
09/10/2017		0			
04/12/2017	19	56	33,7	1940,89	1094
22/01/2018		105			
31/01/2018	115	114	124,5	14319,8	19110
04/02/2018	185	118	125,2	23160,15	21830
11/02/2018	190	125	121,8	23140,1	23750
13/02/2018	190	127	122,7	23320,6	24130
18/02/2018	190	132	119,3	22979,4	25080
20/02/2018	190	134	120,3	22860,8	25460
28/02/2018	196	142	106,8	20996,72	27831
04/03/2018	190	146	116,8	22199,6	27740
	<b>1465</b>		<b>118,25</b>	<b>119,4</b>	<b>129,7</b>
	<b>1446</b>				

SWINE MODEL			
n	PESO BASIC. kg	PESO MEDIO kg	EST. MED. días
190	124,6	23675,9	19950
190	123,2	23402,3	22420
380	120,6	45843,2	48260
190	125,1	23772,8	25460
508	117,3	59603,64	74168
<b>1458</b>	<b>120,92</b>	<b>130,5</b>	
	<b>-1,3%</b>	<b>-0,6%</b>	



DUROC MAGRO			REAL		
FECHA CARGA	n	días	PESO BASC. kg	PESO MEDIO kg	EST. MED. días
16/10/2017		0			
01/23/18	68	99	121	8198	1733
27/01/2018	190	103	120,11	22820,9	19570
01/02/2018	190	108	118,53	22530,7	22520
04/02/2018	190	111	119,37	22680,3	21090
06/02/2018	20	113	82	1640	1280
06/02/2018	30	113	118	3540	3390
08/02/2018	190	115	120,84	22999,6	21490
11/02/2018	28	118	114,67	3210,76	3304
11/02/2018	30	118	110	3300	3540
14/02/2018	190	121	121,37	23060,3	22990
14/02/2018	105	121	114	11860	12705
15/02/2018	190	122	120,53	22900,7	23180
20/02/2018	190	127	121,68	23119,2	24190
20/02/2018	190	127	117,37	22300,3	24130
23/02/2018	190	130	116,11	22060,9	24700
26/02/2018	141	133	103,26	14559,66	18753
26/02/2018	189	133	113,97	21540,33	25117
04/03/2018	1	139	120	120	139
	2 322			117,35	119,8

SWINE MODEL			
n	PESO BASC. kg	PESO MEDIO kg	EST. MED. días
190	119,6	22716,4	19570
380	120,3	45721,6	41040
380	121,6	46189	43700
380	120,78	45896,4	46360
380	119,66	45470,8	49400
492	113,68	55930,56	68388
2202		118,95	121,9
		-1,4%	-1,8%

PIETRAIN			REAL		
FECHA CARGA	n	días	PESO BASC. kg	PESO MEDIO kg	EST. MED. días
17/10/2018		0			
16-01-18		92			
27/01/2018	-37	103	104	9840	-3811
27/01/2018	-210	103	105	-22050	-21630
28/01/2018	-210	104	109,05	-22800,5	-23840
31/01/2018	-220	107	106,91	-23520,2	-23540
31/01/2018	-216	107	105	-22680	-23112
02/02/2018	-220	109	105,36	-23179,2	-23980
06/02/2018	-190	113	110,84	-21059,6	-23470
07/02/2018	-80	114	100,18	-8014,4	-9120
07/02/2018	-220	114	106,36	-23399,2	-25080
07/02/2018	-216	114	102,59	-22159,44	-24624
08/02/2018	-220	115	103	-22700	-25300
10/02/2018	-46	117	103,48	-4760,08	-5382
11/02/2018	-14	118	76,84	-1075,76	-1652
14/02/2018	-190	121	106,21	-20179,9	-22990
14/02/2018	-216	121	102,96	-22238,36	-26136
14/02/2018	-108	121	101,85	-10999,8	-13068
17/02/2018	-220	124	101,64	-22360,8	-27280
17/02/2018	-220	124	104,91	-23080,2	-27280
24/02/2018	-36	131	102	-3680	-4716
25/02/2018	-220	132	103,18	-22699,6	-29040
26/02/2018	-220	133	100,36	-22079,2	-29380
03/03/2018	-36	138	102,78	-3700,08	-4968
04/03/2018	-20	139	87	-1740	-2784
04/03/2018	-30	139	99,33	-2979,9	-4170
04/03/2018	-5	139	80	-400	895
05/03/2018	-210	140	99,71	-20939,1	-29400
08/03/2018	-68	143	105,81	-7195,08	-9724
	-3 898			104,06	118,5

SWINE MODEL			
n	PESO BASC. kg	PESO MEDIO kg	EST. MED. días
210	109,45	22984,5	19320
210	110,63	23213,3	21630
630	109,13	68751,9	67410
630	107,73	67829,9	71290
420	109,85	46137	50820
630	109,1	68714,1	78120
420	109,12	43830,4	55860
760	103,47	78537,2	106400
3910		107,97	120,4
		-3,8%	-1,6%

2) El número de cerdos utilizados en la prueba ha sido significativo (entre 119-152) para dar potencia suficiente a la predicción de peso y crecimiento en cada una de las tres genéticas testadas, al pesar cada animal individualmente.

3) **La modelización a tiempo real ha sido capaz de predecir el coste de alimentación por kilo de carne repuesta con una desviación menor al 2%.**

4) **La modelización a tiempo real ha sido igualmente capaz de predecir las cargas de cerdos a matadero con una desviación menor al 2% en cuanto a la duración media de los engordes y entre 1.3-3.8% el peso final de los cerdos a la carga.**

5) Las diferencias entre la modelización y los resultados reales obtenidos en los lotes analizados es siempre menor al 3-5% en cuanto a los parámetros más significativos que determinan el rendimiento técnico y económico del engorde de cerdos: IC, GMD, CMD,...

Remarcar que estos resultados se obtienen con tres genéticas distintas.

6) **Esta prueba de validación avala la certeza y exactitud de la modelización a tiempo real del cebo de cerdos.** Ello supone que su uso puede tener una utilización práctica con grandes mejoras en la optimización de resultados técnicos y sobretodo económicos en el engorde de cerdos.

**Los resultados de esta prueba de validación son suficientemente sólidos y aportan un elevado margen de seguridad para animar y estimular a implementar con garantías la modelización a tiempo real de los engordes porcinos.**

La modelización nos permitirá analizar y mejorar todos los índices técnicos que afectan el cebo de nuestros cerdos y reducir el coste de producción del kg de carne repuesto, mediante una formulación al mínimo coste y optimización del uso de los piensos (número de piensos, cantidad de cada pienso por cerdo, emisión de nitrógeno, ...)

