

# **Técnicas de evaluación del régimen alimenticio en cerdos Ibéricos para el control de la materia prima**

**Emiliano De Pedro Sanz**

Profesor Titular

Departamento de Producción Animal – E.T.S.I.A.M.

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

## **1. - Calidad y materia prima**

A lo largo de los días en los que se va a desarrollar las Conferencias oiremos hablar repetidamente de calidad. Este termino es enormemente amplio y, cada agente del sector (desde el productor hasta el consumidor, pasando por el transformador), valorará la calidad del jamón desde facetas muy diversas. Para unos será importante los aspectos cuantitativos de contenido en magro y/o grasa, otros valoraran los aspectos tecnológicos de ese contenido en carne y grasa, para poder llevar a cabo procesos de curación homogéneos y obtener un producto uniforme, o las características de dichos tejidos de cara a su influencia en aspectos organolépticos.

No es nuestro objetivo definir aquí lo que es calidad, sino analizar las tecnicas que permiten reconocer y diferencia los productos de calidades diferentes.

Centrándonos en el jamón, en nuestro país, los jamones curados pueden proceder de cerdos de capa blanca, de diversas razas porcinas como Large White. Landrace, Blanco Belga, Pietrain, etc.. así como de cruces entre ellos, o de cerdos Ibéricos, puros o cruzados con Duroc Jersey, de capa negra y conocidos como “pata negra” o “jamón ibérico”.

En el ámbito nacional la producción de “jamón ibérico” es tan sólo el 10 % de la producción total de jamón curado en España, pero su calidad le diferencia del resto, de modo que, en general, si a cualquiera con quien nos crucemos le preguntásemos que nos

dijese qué tipo de jamón es el de más calidad, seguramente nos respondería que uno de Ibérico, probablemente de Ibérico puro mejor que de cruzado y sin lugar a dudas “de bellota”.

Sin embargo, muchas de las personas a las que consultásemos no sabrían, probablemente, decirnos y diferenciarnos las características de los jamones de Ibéricos puros de los cruzados o lo que diferencia a los jamones de “bellota” de los de “recebo” o “pienso”. Y esto sería más acentuado cuanto más nos alejamos de la zona de producción de este tipo de productos.

La calidad del jamón está estrechamente relacionada con la de la materia prima empleada para obtenerlo y del proceso de elaboración al que se someta dicha materia prima. Por ello, con una materia prima de baja calidad nunca podremos conseguir un producto final excelente. En consecuencia, es preceptivo controlar la materia prima que, en nuestro caso, son las piezas antes de comenzar su proceso de elaboración o las canales de las que se obtienen.

La calidad de la canal va a depender del régimen de producción al que haya estado sometido el animal y cada ganadero tiene su propia forma de engordar los animales, dependiendo de la disponibilidad de alimentos en la explotación (abundancia o escasez de pastos y bellotas) así como de la edad y tipo genético de los animales.

En la Tabla 1 se muestran algunos de estos regímenes de alimentación que se llevan a cabo durante la terminación de cerdos Ibéricos. En ella podemos apreciar desde casos en que los animales no han consumido nada de bellota (lotes 1 y 12), hasta animales que sólo han consumido ésta (lotes 46 y 47), pasando por aprovechamientos de la montanera suplementada con cantidades variables de pienso y de diversa duración de

la montanera.

**Tabla 1. Tipos de regímenes de alimentación de cerdo Ibérico durante los meses previos a su sacrificio y composición de su grasa subcutánea (% de ácidos grasos mayoritarios) tomada en la zona de la rabadilla**

LOTE	RÉGIMEN DE ALIMENTACIÓN	Días de Montanera	Composición de la grasa subcutánea (% de ácidos grasos mayoritarios)			
			C18:1	C16:0	C18:0	C18:2
1	Pienso	--	47,7	24,0	12,5	8,3
12	Pienso + Pipa de girasol	--	46,9	19,2	9,3	18,7
6	Montanera + pienso (2,000 kg cab/d)	116	50,1	22,5	11,3	8,7
10	Montanera + 1,500 kg H. Cebada cab/d	90	50,7	22,0	11,9	8,4
13	Montanera + pienso (0,750 kg cab/d)	63	51,2	21,9	10,1	9,6
20	Montanera + pienso (0,250 kg cab/d)	62	52,5	21,8	9,9	9,1
31	Montanera + pienso (0,800 kg cab/d)	82	53,9	21,1	9,6	8,7
36	Montanera + pienso (0,850 kg cab/d)	125	54,8	20,8	9,4	8,7
42	Montanera + pienso (0,850 kg cab/d)	110	56,3	19,7	9,1	8,8
43	Montanera + pienso (0,850 kg cab/d)	128	56,4	19,6	9,2	8,5
45	Montanera + pienso (0,500 kg cab/d)	110	57,1	18,6	8,8	9,1
46	Montanera A	90	56,9	19,2	7,8	9,7
47	Montanera B	90	57,0	18,3	8,5	9,4

Evidentemente el problema que se plantea es cómo controlar el régimen de alimentación de los animales.

## 2. - Técnicas de control de canales y productos en fresco

Una forma posible de controlar el régimen alimenticio de los animales podría ser la visita a la explotación. Esto nos permite obtener información del tipo genético de los animales, el peso de los mismos al comienzo de la montanera y estimar la carga ganadera que puede soportar la finca en función de la existencia de pasto y la cantidad y

calidad de la bellota. Sin embargo el control en campo de los animales requiere un gran esfuerzo y, a veces, la contratación de los animales se hace pocas fechas antes de su sacrificio, sin haber podido tener un seguimiento de los animales en los meses antes al sacrificio. Ello ha motivado la búsqueda de otras técnicas que permitan reconocer los diferentes regímenes alimenticios que han tenido los cerdos.

Inicialmente se comenzó con técnicas simples, como la sensación al tacto o la temperatura de deslizamiento de la grasa, pero actualmente, dada la utilización de ciertas materias primas en la alimentación de los cerdos, son poco fiables a la hora de reconocer el régimen alimenticio que han tenido los animales. Son baratas y rápidas en su aplicación pero es fácil que se cometan errores a la hora de clasificar las canales o productos.

A medida que se han ido desarrollando las técnicas analíticas, se ha podido ir conociendo mejor la relación entre el tipo de alimento ingerido por los animales y los parámetros determinados por las nuevas técnicas.

La técnica más aplicada es la cromatografía gaseosa que nos permite determinar ácidos grasos, triglicéridos o volátiles de muestras de grasa tomadas a los animales de su tejido adiposo subcutáneo o intramuscular. Tanto por la facilidad de toma de muestras, como por el coste y rapidez de análisis, la técnica más ampliamente utilizada es la determinación mediante cromatografía gaseosa de ácidos grasos totales de la grasa subcutánea de la zona de la rabadilla.

En los últimos años está empezando a implantarse la técnica de análisis de espectroscopía en el infrarrojo cercano conocida como técnica NIRS, con la que no sólo podemos estimar la composición de ácidos grasos de la grasa sino cualquier otro

componente o conjunto de componentes de la grasa o carne de los animales.

El paso siguiente es establecer los criterios para definir las categorías de calidad de las canales o de los productos que se obtienen con los diferentes regímenes alimenticios.

### **3. - Criterios para establecer clases o categorías de calidad**

Los criterios para establecer categorías de calidad los podemos encuadrar en dos tipos: Cuantitativos y cualitativos.

#### **3.1. - Criterios cuantitativos**

##### **3.1.1- Valores de ácidos grasos de la grasa subcutánea**

Desde el año 1995 en el “contrato tipo homologado de compraventa de cerdos ibéricos cebados con destino a su sacrificio y elaboración” se establece el peso que los cerdos deben tener al comienzo de la montanera y la reposición en el momento del sacrificio, para ser considerados de “bellota”, “recebo” o pienso. Pero además, se debe cumplir que la composición en ácidos grasos, de una muestra media de grasa subcutánea de un determinado número de cerdos de la partida, debe estar comprendida entre unos valores que se establecen cada año en verano, cuando no se sabe aún la producción de pasto y bellota que habrá en la montanera que comenzará en el otoño y que, aunque las encinas y alcornoque tengan abundancia de fruto, las condiciones meteorológicas del verano y el otoño pueden frustrar las expectativas de cosecha.

Los valores establecidos en sucesivas campañas desde la 95/96 hasta la actual, publicados en los Boletines Oficiales del Estado correspondientes, están recogidos en la Tabla 2.

**Tabla 2. Criterios de clasificación establecidos en el contrato tipo homologados en las campañas 95/96, 96/97, 97/98, 98/99, 99/00 y 00/01, según la composición en ácidos grasos de la grasa subcutánea**

CLASE	ÁCIDO GRASO			
	Oleico (C18:1)	Palmítico (C16:0)	Esteárico (C18:0)	Linoleico (C18:2)
<b>BELLOTA 95/96</b>	> 50 %	< 22,5 %	< 9,5 %	> 6,5 - 10 <
<b>RECEBO 95/96</b>	> 48 %	< 25 %	< 11 %	< 11 %
<b>BELLOTA 96/97</b>	> 52 %	< 22 %	< 9,5 %	> 6,5 - 9,5 <
<b>RECEBO 96/97</b>	> 50%	< 24 %	< 10,5 %	< 11 %
<b>BELLOTA 97/98</b>	> 53 %	< 21,5 %	< 9,5 %	< 9,5 %
<b>RECEBO 97/98</b>	> 52 %	< 23 %	< 10,5 %	< 10,5 %
<b>BELLOTA 98/99</b>	> 54 %	< 21 %	< 9,5 %	< 9,5 % (*)
<b>RECEBO 98/99</b>	> 52 %	< 23 %	< 10,5 %	< 10,5 %
<b>BELLOTA 99/00</b>	> 54 %	< 21 %	< 9,5 %	< 9,5 % (*)
<b>RECEBO 99/00</b>	> 52 %	< 23 %	< 10,5 %	< 10,5 %
<b>BELLOTA 00/01</b>	> 54 %	< 21 %	< 9,5 %	< 9,5 % (*)
<b>RECEBO 00/01</b>	> 52 %	< 23 %	< 10,5 %	< 10,5 %

(\*) Se aceptarán valores superiores de C18:2 hasta 10,5 siempre que el % de C18:1 aumente en el mismo % sobre 54%

Según esto, si observamos la Tabla 1 podemos ver cómo los lotes 46 y 47 cumplen perfectamente con los límites establecidos para los cuatro ácidos grasos de la clase “bellota”. Pero también lo cumplirían los lotes 36, 42, 43 y 45, que han estado consumiendo pienso durante la montanera y, si no se ha podido observar ese aporte en las visitas realizadas a campo, serían considerados de bellota.

Aparte de ello, existen pequeñas diferencias entre los laboratorios en cuanto a los resultados de la composición en ácidos grasos que, si bien son pequeñas y propias del método analítico, puede ocurrir que en un laboratorio se obtengan valores por encima de los establecidos para una categoría y en otro laboratorio dichos resultados sean inferiores a los fijados por el contrato tipo homologado.

### 3.1.2- Índices de calidad

Una forma más objetiva de establecer categorías de calidad sería mediante la obtención de unos índices que contemplen, para cada categoría, la variabilidad propia de los animales y que fuesen insensibles a las variaciones analíticas entre los laboratorios.

Estos índices se pueden determinar por métodos matemático-estadísticos, a partir de la composición en ácidos grasos de partidas de referencia, en las que se ha controlado el tipo genético de los animales, la edad de sacrificio, así como el régimen alimenticio seguido en la premontanera y montanera. De forma genérica tendríamos, para una muestra de grasa, con un contenido en ácidos grasos  $AG_1, AG_2, AG_3, AG_4, \dots$  tendríamos unos índices  $I_1, I_2, I_3, \dots$ , que serían por ejemplo

$$I_1: AG_{11} * F_{11} + AG_{21} * F_{21} + AG_{31} * F_{31} + AG_{41} * F_{41} + \dots$$

$$I_2: AG_{12} * F_{12} + AG_{22} * F_{22} + AG_{32} * F_{32} + AG_{42} * F_{42} + \dots$$

$$I_3: AG_{13} * F_{13} + AG_{23} * F_{23} + AG_{33} * F_{33} + AG_{43} * F_{43} + \dots$$

.....

De este modo cada categoría que se estableciese (A, B, C, D, ...) estaría definida por unos índices  $A_{I1}, A_{I2}, A_{I3}, A_{I4}, \dots, B_{I1}, B_{I2}, B_{I3}, B_{I4}, \dots, C_{I1}, C_{I2}, C_{I3}, C_{I4}, \dots$  etc...

Una partida cualquiera se clasificaría en una categoría determinada en función de la semejanza de sus índices ( $M_{I1}, M_{I2}, M_{I3}, M_{I4}, \dots$ ), con los de las categorías establecidas.

Veamos un ejemplo. En la Tabla 3 se muestra el porcentaje medio de los principales ácidos grasos de la grasa subcutánea de partidas de cerdos ibéricos con tres tipos de régimen alimenticio, que podríamos considerar como un tipo bellota, recebo y pienso. Podemos observar que dichos porcentajes cumplen con los valores establecidos

en el Contrato Tipo Homologado de compraventa de cerdo Ibérico para cada categoría. A partir de esa composición, mediante análisis de componentes principales determinamos, para cada muestra, los valores de las componentes principales que explican la mayor varianza de la población. Los valores medios de las componentes principales de cada categoría se recogen en la tabla 3, en las 4 últimas filas.

**Tabla 3. Porcentaje de ácidos grasos totales principales e índices de calidad (media  $\pm$  desviación estándar) de grasa subcutánea según el régimen de alimentación previo al sacrificio**

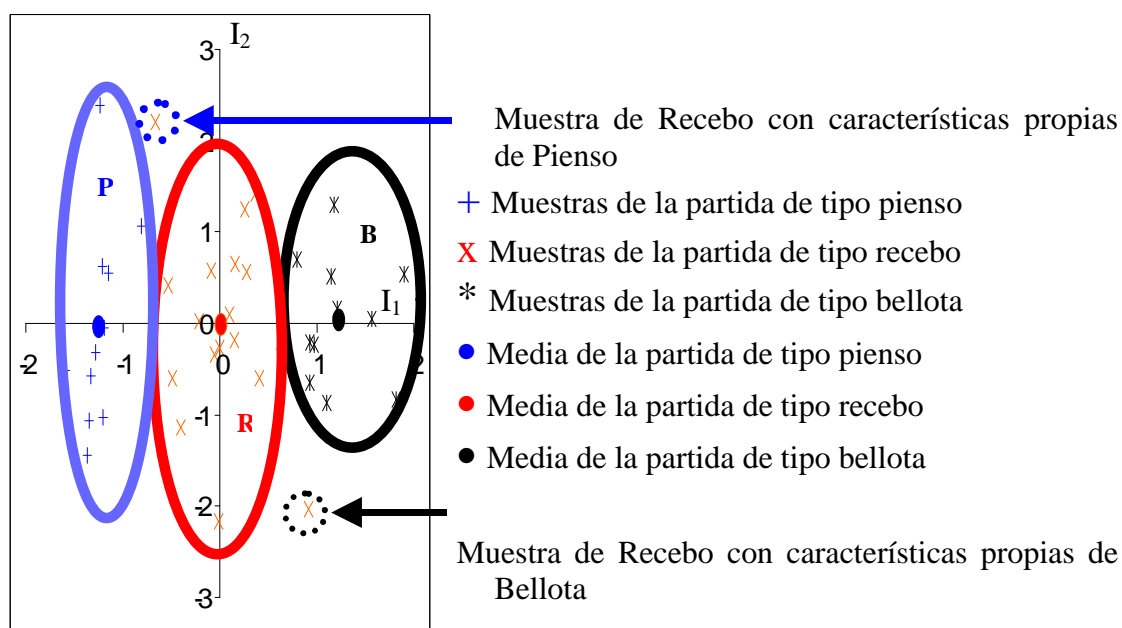
Nº de animales	CATEGORÍAS		
	A	B	C
	11	17	11
Tipo de alimentación antes de sacrificio	Pienso especial	Montanera + 1 Kg de pienso	Montanera (sólo bellota)
C18:1	49,8 $\pm$ 0,6	53,5 $\pm$ 1,3	57,0 $\pm$ 1,2
C16:0	23,9 $\pm$ 0,3	21,2 $\pm$ 1,0	18,3 $\pm$ 0,8
C18:0	12,1 $\pm$ 0,7	10,3 $\pm$ 0,7	8,5 $\pm$ 0,7
C18:2	7,5 $\pm$ 0,4	8,5 $\pm$ 0,4	9,4 $\pm$ 0,2
C16:1	2,4 $\pm$ 0,2	2,1 $\pm$ 0,2	2,2 $\pm$ 0,1
I <sub>1</sub>	-1,2464 $\pm$ 0,1896	0,0100 $\pm$ 0,3959	1,2310 $\pm$ 0,3704
I <sub>2</sub>	-0,0361 $\pm$ 1,1173	-0,1344 $\pm$ 1,1402	0,5737 $\pm$ 0,6843
I <sub>3</sub>	-0,0066 $\pm$ 0,6273	-0,0202 $\pm$ 1,1944	-0,7421 $\pm$ 1,0359
I <sub>4</sub>	0,0428 $\pm$ 0,9085	0,1658 $\pm$ 0,6056	0,5666 $\pm$ 0,8533

De acuerdo con los valores de las componentes principales, de cada categoría, obtenemos que cada colectivo de muestras individuales se encuentran agrupadas en unas regiones concretas (Fig. 1), apreciando que 2 muestras del colectivo Recebo se desmarcan de la región ocupada por el resto de muestras del grupo. Estas muestras se encontrarían más cercanas al colectivo de Pienso, en un caso, y al de bellota en el otro. En el primer caso la composición de la muestra de grasa sería de 51% de C18:1, 22,9 %



de C16:0, 10,3 % de C18:0 y 9 % de C18:2, la cual es más propia de animales que han consumido pienso. En el segundo caso la composición de la muestra de grasa sería de 56,3 % de C18:1, 18,6 % de C16:0, 10 % de C18:0 y 8,9 % de C18:2, la cual es más propia de animales que han consumido bellota.

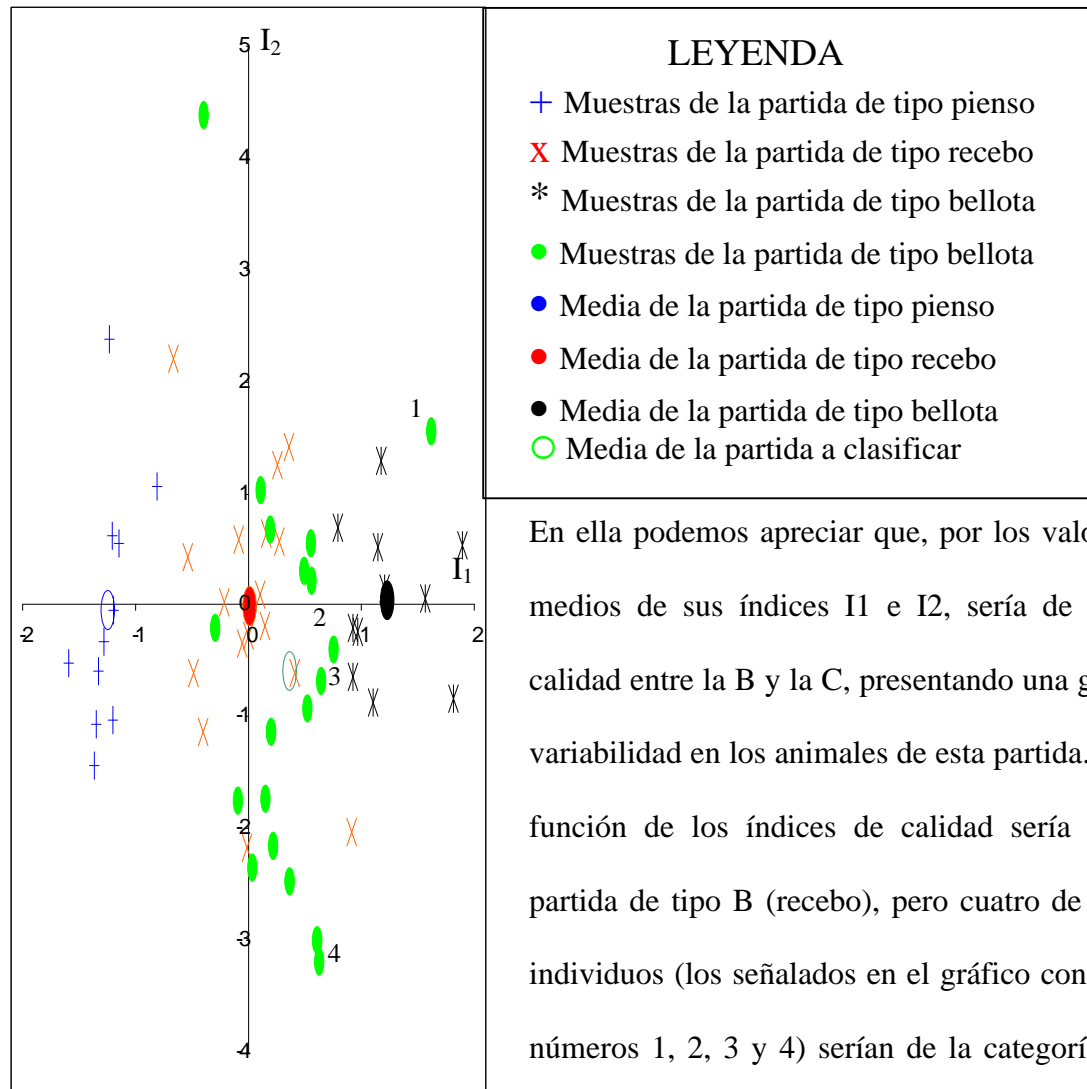
**Fig. 1. - Representación de las muestras de los grupos de referencia en función de las 2 componentes principales más importantes**



A la hora de clasificar una partida de animales cuya grasa tiene un contenido medio de 54,7 % de ácido oleico, 20,9 % de ácido palmítico, 9,2 % de ácidos esteárico, 8,8 5 de ácido linoleico y 2,3 5 de ácido palmitoleico, según los criterios del Contrato Tipo Homologado, podríamos decir que se trata de una partida de tipo bellota. Si aplicamos los criterios de índices de calidad definidos por las partidas A, B y C anteriores, obtenemos que sus índices son  $I_1 = 0,3632$ ,  $I_2 = -0,5936$ ,  $I_3 = -0,7568$  e  $I_4 = -0,7671$ .

Si representamos los 2 primeros valores  $I_1$  e  $I_2$ , de la partida así como de los 19 individuos que constituían la partida en unos ejes de coordenadas como hemos hecho con los Lotes A, B y C obtenemos la Figura 2.

**Fig. 2. - Representación de las muestras de una partida de animales a clasificar, según los índices de calidad establecidos con tres partidas de referencia**



La composición en ácidos grasos de dichos individuos sería la recogida en la siguiente tabla, en la que comprobamos que, salvo la n° 2 que se pasa en una unidad el

permitido para el ácido palmítico, todas tienen un perfil que cumple lo establecido en el Contrato Tipo Homologado.

Individuo	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C16:1
1	21,1	7,6	55,6	8,6	2,6
2	19,8	9,5	56,1	8,3	1,9
3	19,7	9,3	56,5	8,5	2,1
4	18,3	7	59	9	2,5

¿Qué manejo alimenticio tuvo en realidad esta partida?

Esta partida de animales estuvo aprovechando la montanera durante 79 días con un complemento de pienso medio de 600 g por cabeza y día. Luego no es una partida “clásica” de montanera, porque ha consumido pienso durante ella y por lo tanto no debería considerarse de bellota, aunque la composición media en ácidos grasos cumpla lo exigido para las partidas de bellota y en ese sentido es más correcta la clasificación por índices que la hace más similar a la partida de recebo. Pero no todos los individuos son de la misma calidad y, bien el mayor consumo de bellota de ciertos animales o su menor consumo de pienso hace que algunos sean de mejor calidad que el resto de la partida y por tanto sería más correcto diferenciar por las calidades individuales en lugar de hacerlo por la composición media.

Pero el desarrollo de la formulación de piensos compuestos y la disponibilidad de materias primas con las que conseguir perfiles de 1 o 4 ácidos grasos hace que se esté consiguiendo una cierta composición en ácidos grasos similar a la que se consiguen con la bellota, por lo que, si queremos que la dehesa y la producción de cerdo Ibérico siga existiendo y que el consumidor tenga garantía de que paga por la calidad que se indica en la etiqueta, se debe seguir buscando técnicas que permitan reconocer, diferenciar y

clasificar correctamente aquellos animales que han consumido bellota de los que no lo han hecho.

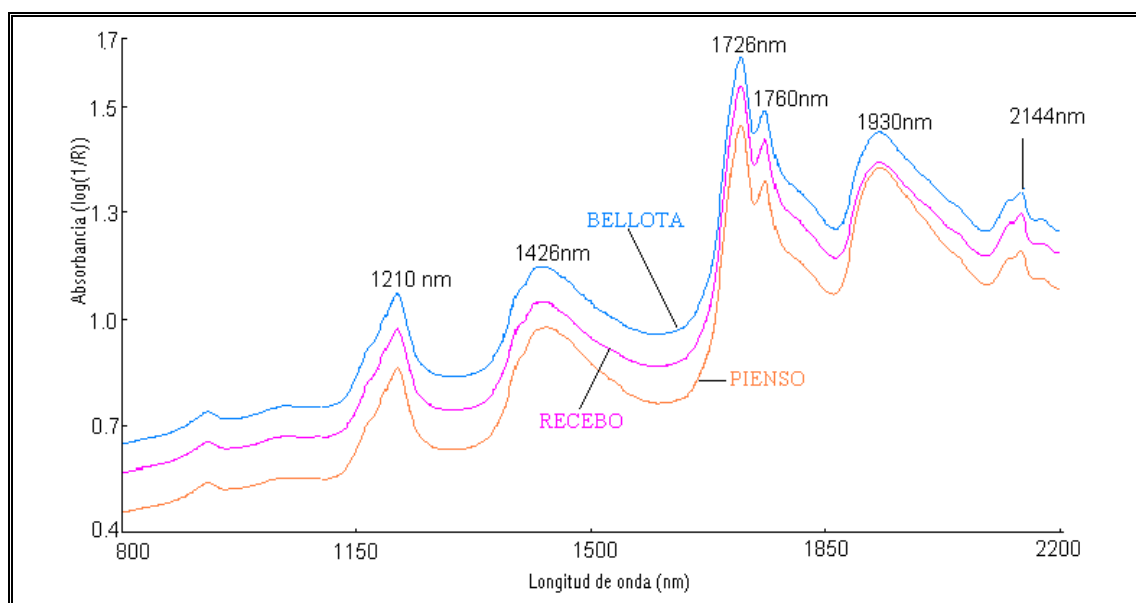
### 3.1. - Criterios cualitativos: Técnica NIRS

En los últimos años la tecnología NIRS (Espectroscopía en el Infrarrojo Cercano) ha evolucionado enormemente, siendo considerada hoy día un potente sensor para el análisis cualitativo y cuantitativo en muy diversas aplicaciones, entre la que se encuentra la industria agro-alimentaria.

De forma muy simple diremos que la técnica consiste esencialmente en la emisión de un haz de luz sobre la muestra, la cual, en función de la naturaleza de los enlaces presentes en sus moléculas, absorberá una determinada cantidad de energía.

Esta energía absorbida a cada longitud de onda de la luz emitida se puede representar gráficamente y obtendríamos una gráfica similar a la que se obtiene en la figura 4. En ella se puede observar los espectros medios tomados sobre el tejido subcutáneo de la rabadilla de animales cuyo régimen alimenticio ha sido pienso, recebo y bellota.

**Figura 4**  
**Espectros medios de los colectivos de BELLOTA, RECEBO y PIENSO**  
**obtenidos sobre tejido adiposo mediante sonda.**



En esta figura podemos apreciar cómo se diferencian las grasas de los diferentes regímenes alimenticios, teniendo no ya sólo 4, 5 o 10 ácidos grasos para diferenciarlos, sino 700 valores de absorbancia que se obtienen entre los 800 y 2200 nm que comprende el infrarrojo cercano. Con estos espectros podríamos obtener ecuaciones para predecir ácidos grasos y realizar una clasificación individual de los animales de una partida.

Pero, de forma muy simple, un espectro NIRS es como una “radiografía” de esa muestra, que pone en evidencia aspectos que a simple vista no se ven y que permiten diferenciar unos individuos de otros

Así, el espectro está recogiendo información, no sólo del contenido en ácidos grasos de la grasa, sino también de otros muchos compuestos que tiene el tejido adiposo, como compuestos volátiles, antioxidantes naturales que puede tener la grasa de animales que han consumido sólo bellota y no los tienen la grasa de los que han consumido pienso, aminoácidos etc..

Por tanto es más potente, desde el punto de vista de diferenciación de calidades, considerar el espectro en su conjunto que ciertos puntos concretos del mismo, que pudiesen estar relacionados con determinados compuestos de la grasa (ácidos grasos, volátiles, etc..) que aporta la bellota y que podrían ser imitados por otros productos aportados a los piensos.

Este conjunto de valores obtenidos con la técnica NIRS, tratados convenientemente mediante algoritmos de análisis multivariante (análisis discriminante lineal, análisis SIMCA, análisis por redes neuronales, etc.) permiten establecer modelos de clasificación objetiva de muestras de grasa o magro, bien tomados de la canal o directamente sobre la canal y efectuar una clasificación individual de las canales de cerdo Ibérico y, por tanto, de los productos que de ellas se obtendrán.

Aunque hemos planteado todo desde el punto de vista de control de calidad de la materia prima en el caso del cerdo Ibérico, es todo trasladable a la producción de jamón serrano de cerdo blanco. En este sentido la utilización de materias primas en los piensos de engorde que puedan dar lugar a sabores o aromas especiales a la carne o grasa, podría detectarse mediante la tecnología NIRS de igual forma a la descrita para el caso del cerdo Ibérico

Esta propuesta que puede parecer muy futurista, es posible que la veamos pronto implantada, pues ya empresas punteras en el sector (Campofrío, Sanchez Romero Carvajal, Joselito, COVAP, AECERIBER, entre otras) y que apuestan por los productos de calidad están desarrollando aplicaciones de esta técnica que, modestamente, la Universidad de Córdoba y, más concretamente, miembros del Departamento de Producción Animal en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes, han sido pioneros en su desarrollo y aplicación al control de calidad de productos del cerdo Ibérico.