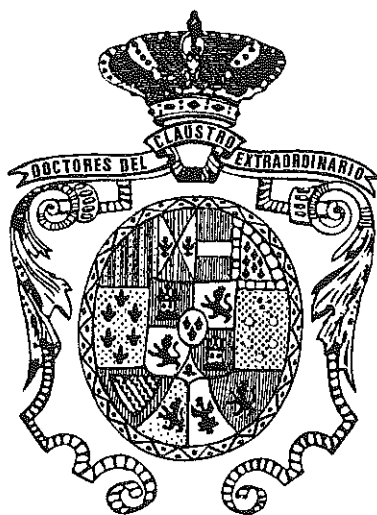


REAL ACADEMIA DE DOCTORES

PRODUCCION ANIMAL Y ALIMENTACION HUMANA

Bosquejo histórico de las aplicaciones científicas
a la producción animal



DISCURSO PRONUNCIADO POR EL

Excmo. Sr. Prof. Dr. D. AMALIO DE JUANA SARDÓN

En el acto de su toma de posesión como Académico
de Número el día 7 de marzo de 2001

Y contestación por el Académico

Excmo. Sr. Prof. Dr. D. GASPAR GONZÁLEZ GONZÁLEZ

Madrid, año 2001

Depósito legal: M. 8565-2001
Imprime: GRAESAL, S.L.
Eduardo Torroja, 18
28820 Coslada

A mis padres, ejemplo permanente.

*A mi esposa M.^a Estela y a mis hijos
Estela, Amalio, Carmen, Paloma, José Antonio
y Juan José que con su paciencia y ambiente de cariño
han constituido el estímulo que me ha permitido
desarrollar con enorme ilusión todas
mis actividades.*

*A mi hermano Evaristo, que había terminado
el primer curso de Veterinaria en 1936.*

INDICE

	<u>Págs.</u>
PRESENTACION Y JUSTIFICACION DEL TEMA	7
INTRODUCCION	9
LOS ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL	11
PRIMEROS TIEMPOS	23
EL PERIODO PRECIENTIFICO	25
EL PERIODO CIENTIFICO	29
LA MEJORA ANIMAL	31
LA REPRODUCCION	49
LA ALIMENTACION ANIMAL	61
LA AVICULTURA	75
BIBLIOGRAFIA	85
DISCURSO DE CONTESTACION	93

Exmo. Sr. Presidente.
Excmos. Sres. académicos.
Señoras y señores.
Amigos.

Es muy difícil expresar en este momento la sensaciones que se sienten. Por un lado, la satisfacción y el agrado de haber llegado a este privilegiado lugar, pero al mismo tiempo la responsabilidad que se adquiere al ingresar en esta Real Academia, a la que desde ahora me siento plenamente vinculado y, como consecuencia, acepto en este acto el compromiso de colaborar con todo entusiasmo en sus tareas.

Por ello, en primer lugar, quiero agradecer a todos los miembros de la misma su generosa acogida y en especial a los académicos profesores Guillermo Suárez Fernández, Gaspart González González y María Cascales Angosto, que en un acto de sincera amistad y de confianza avalaron mi propuesta como candidato a la vacante número 100, de la sección 10.^a, correspondiente a Veterinaria en esta Real Academia de Doctores.

Pero más allá, en la memoria, bulle también el grato recuerdo y el agradecimiento a todos aquellos excelentes profesores que fueron para nosotros ejemplo y contribuyeron a nuestra formación. De los ya lejanos tiempos del Instituto Cardenal Cisneros queremos recordar a don Vicente García de Diego, a don Celso Arévalo, don Florencio Bustinza y especialmente a don Ernesto Giménez Caballero, aménísimo profesor que por primera vez nos introdujo en la metodología de la investigación bibliográfica.

Ya en la Escuela Superior, poco después Facultad de Veterinaria, recordamos con afecto a don Luis de Blas que nos llevó magistralmente por los caminos de la Bioquímica; a don José Morros Sardá, que nos ilusionaba con su fácil discurso sobre la Fisiología; a don Rafael González Alvarez, profundo histopatólogo; a don Fernando Hernández Gil y don José María Vizcayno Martínez que por primera vez nos abrían los ojos al apasionante campo de la genética y de la producción animal. En un terreno más próximo a don Carlos L. de Cuenca que fue director de mi tesis doctoral y con el que colaboré en muchas ocasiones, y a don Cesáreo Sanz Egaña, profesor de la Escuela, director del Matadero Municipal de Madrid y autor de excelentes tratados del que recibí un preclaro consejo al incorporarme a una pensión de estudios en la Estación Pecuaria de Badajoz, región de rancio abolenjo ganadero: «Si quiere

aprender zootecnia olvídense de muchos libros ya un tanto obsoletos —era el año 1947—, hable con los ganaderos e interprete siempre sus conocimientos y experiencias a la luz de la fisiología, porque no otra cosa es la zootenia, en su mayor parte, que fisiología aplicada a la producción animal.»

También quiero recordar de mi paso como pensionado en la Estación Experimental de Zootecnia de Milán a otro insigne fisiólogo, el profesor Filippo Usuelli. Y a tantos otros que, incluso fuera del campo de la docencia, les debemos gratitud.

Especial mención tengo que hacer en este turno de agradecimientos al profesor Gaspar González y González con el que, habiendo coincidido en muchos avatares, académicos y profesionales y de simple amistad, volvemos a hacerlo en este significativo acto, al haber tenido la amabilidad de hacerse cargo gustosamente del discurso de contestación.

Consecuente con mi decidida vocación desde el comienzo de la carrera y al pertenecer la plaza que vengo a ocupar a la Sección de Veterinaria, me ha parecido oportuno traer a su consideración un tema que estimo interesante y no del todo conocido, como son los distintos aspectos implicados en la producción de alimentos de origen animal y la evolución histórica de las aplicaciones de las ciencias biológicas, y especialmente de las ciencias veterinarias, que han llevado al espectacular incremento de las producciones ganaderas, sobre todo a lo largo de la segunda mitad del siglo actual. Espero su curiosidad y benevolencia.

INTRODUCCION

Es evidente que la primera preocupación del hombre para poder subsistir fue cómo procurarse los alimentos. Con razón se ha dicho que la producción y el consumo de alimentos está en el corazón de todas las culturas.

La nutrición adecuada de todos los seres humanos debe constituir uno de los principales objetivos del desarrollo. No es admisible que en esta era de avances tan señalados el hambre o la malnutrición continúen sometiendo a casi un 20% de la población mundial. Casi las dos terceras partes de la misma vive en países incluidos en las áreas que se consideran endémicamente deficitarias en cuanto a nutrición.

La supervivencia y el bienestar de la humanidad depende de la seguridad alimentaria. El problema de orden económico y social más importante que preocupa a la humanidad es la producción de alimentos, junto con la salud, con la que está íntimamente relacionada.

Según datos de la FAO en los países en vías de desarrollo los malnutridos crónicos son cerca de 800 millones, que engloban a 200 millones de niños.

Como se sabe, el gran problema mundial de la alimentación es la deficiencia de energía y la de, en muchos casos coincidente, proteína, especialmente de origen animal, de alto valor biológico. Las proteínas son uno de los componentes esenciales de la alimentación. Un aporte inadecuado en la dieta perjudica el desarrollo físico y mental, disminuye la resistencia a las enfermedades, la capacidad de trabajo y puede dar lugar a formas clínicas graves. La falta de proteína de origen animal constituye una de las principales causas de la alta mortalidad infantil en las poblaciones sometidas a subnutrición. La buena salud y la productividad de los países desarrollados es consecuencia cierta, por distintas razones biológicas, de la abundancia de proteínas que consumen.

Considerado desde un punto de vista global parece que en el problema de la producción de alimentos y de la alimentación no se cumplen las pesimistas previsiones del progresivo y gran desequilibrio entre producción y demanda, por lo menos en grandes áreas mundiales. En la actualidad, en muchas de ellas, la producción de alimentos se encara con los problemas de superproducción. Prueba de ello son las políticas de contingentación de la producción de leche, sacrificio de vacas de aptitud carne, los estímulos para la retirada de tierras de cultivo, cese anticipado de la actividad agraria, etc. Incluso en algunos casos se sigue una política de no aplicar algunas mejoras tecnológicas para no generar excedentes.

Se estima incluso por algunos que la producción de alimentos puede ser casi ilimitada, sin problemas de abastecimiento. DALY, del *Economic Research Service*, señalaba en 1970 que la humanidad utiliza nada más que el 15% de la vida vegetal que existe en el mundo.

Más grave es la limitación del mercado mundial por las dificultades del transporte y de la conservación de productos perecederos, con las pérdidas subsiguientes tanto en origen como en los lugares de destino.

Es cierto que en determinadas áreas y momentos el hambre aparece como consecuencia de guerras, revoluciones y catástrofes naturales, con destrucciones masivas y condiciones inadecuadas para la producción, el transporte y la comercialización. En otras grandes áreas tradicionalmente deficitarias el problema es grave, en gran parte por los condicionamientos de clima y calidad de la tierra, estructuras productivas, niveles de instrucción y formación, aumento indiscriminado de la población, etc.

Para estas áreas gran parte de la solución parece descansar en la capacidad de las naciones con dietas deficitarias para alimentarse por sí mismas, fundamentalmente incrementando su productividad agraria. La única solución viable es producir más alimentos donde más se necesiten.

Se considera, teniendo en cuenta la evolución demográfica, que sin necesidad de recurrir a otras técnicas que las que han predominado hasta ahora es posible mantener el ritmo necesario de producción de alimentos. Muchos expertos estiman que por primera vez en la historia el hombre dispone de la tecnología y los recursos para poder producir los alimentos suficientes y satisfacer la demanda. También es necesario aumentar la calidad de los alimentos que consume el mundo en desarrollo, incrementando el nivel de proteínas.

LOS ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL

En general se les considera alimentos nobles, de alto valor nutritivo, que aportan fundamentalmente elementos plásticos (proteína, minerales), de alto valor biológico por la cantidad, proporciones y calidad de los aminoácidos constituyentes. Se estiman casi imprescindibles tanto para el desarrollo físico como intelectual y su carencia o insuficiente disponibilidad da lugar a serios problemas específicos de malnutrición. Son también muy apetecibles por su mayor sápez. Las proporciones de estos alimentos en la dieta humana se han considerado siempre como índice de bienestar.

Los alimentos de origen animal son bastante diversos y con distinto grado de utilización según las áreas geográficas y hábitos de la población. Los resumimos en la tabla 1.

Tabla 1
ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL

Alimento	Procedencia	Modalidades de presentación
Carne	Ganado bovino	Frescas, refrigeradas y congeladas. Embutidos y fiambres. Semiconservas y conservas. Despojos, extractos y gelatinas.
	Ganado ovino	
	Ganado caprino	
	Ganado porcino	
	Aves	
	Conejos	
	Ganado equino	
Leche	Otras especies	Natural, higienizada. Nata, mantequilla, quesos, requesón. Condensada, en polvo. Productos fermentados.
	De vaca	
	De oveja	
	De cabra	
	De búfala	
Huevos	De yegua, burra	Frescos y conservados. Ovoproductos.
	De gallina	
	De pata	
	De codorniz	
Miel	De otras aves	Productos añejos: jalea real, propóleos, polen. Frescos, refrigerados, congelados. Conservas.
Pescados, moluscos y crustáceos	De abejas	

Elaboración propia.

En condiciones naturales la producción de alimentos de origen animal depende fundamentalmente de los siguientes factores:

1. *Naturales*

- Vocación natural de determinadas áreas para ciertas clases de producción. Por ejemplo, regiones o comarcas de abundantes recursos alimenticios (prados, pastos) aptos para la ganadería.
- Condiciones agroecológicas y económicas que permitan la producción de alimentos concentrados con destino a la alimentación animal.
- Condiciones de medio natural (clima, etc.) que permitan la adecuada explotación del ganado sin condiciones adversas.

2. *Técnicos*

- Disponibilidad de recursos genéticos (razas de ganado) adaptadas a las condiciones de medio y mejoradas o susceptibles de mejora para la obtención de rendimientos adecuados.
- Disponibilidad de excedentes de cosechas y de subproductos agrícolas e industriales susceptibles de ser utilizados en la alimentación del ganado.
- Sistemas de explotación y de manejo que permitan la expresión de las cualidades genéticas del ganado y la obtención de rendimientos económicamente óptimos.
- Condiciones sanitarias adecuadas de los efectivos ganaderos.

Las fuentes de producción

Las fuentes de producción son las distintas especies ganaderas, en sus diversas aptitudes, que recogemos en la tabla 1.

Para cubrir la demanda creciente en función del aumento de la población humana se ha recurrido normalmente a dos medidas:

- Aumento de los censos ganaderos y modificaciones de su estructura interna, según aptitudes productivas.
- Elevación de los rendimientos unitarios mediante mejora de la eficiencia productiva.

El aumento de los censos viene supeditado a las posibilidades de mantenimiento de las poblaciones animales (recursos forrajeros y otros condicionantes). En todos los países industrializados se ha venido observando un aumento gradual en función de las necesidades de abastecimiento. En la tabla 2 recogemos algunos datos relativos a la importancia y evolución de nuestros censos ganaderos de mayor significación a nuestro propósito.

Tabla 2
EVOLUCIÓN DEL CENSO GANADERO (en miles de cabezas)

Especies	1799	1803	1891	1907	1995
Bovino	1.065	2.860	2.218	2.212	5.512
Ovino	11.743	12.000	13.359	13.728	21.323
Caprino	2.522	—	2.534	2.808	2.605
Porcino	1.267	2.100	1.928	2.031	18.163
Aves	—	—	—	—	45.608
Conejos	—	—	—	—	—
Equidos*	590	—	1.900	1.928	505

*Caballos, asnos, mulas.

Si ceñimos el análisis al siglo XX el incremento de los censos, expresado en porcentaje del censo base de 1907, ha sido el siguiente:

Especie	Aumento del censo (%)
Bovina	145
Ovina	65
Caprina	—*
Porcina	794
Aves	53**
Equidos	—***

*Aumento señalado hasta 1945 con un censo máximo de 6.101.000 cabezas para descender luego a niveles de principios de siglo.

**Sobre el censo base de 1935.

***Se incrementa hasta 1935 con un censo máximo de 3.463.000 para disminuir después gradualmente hasta 1960 y de forma más intensa hasta el censo actual.

Las producciones

Los censos de ganado analizados han proporcionado las cifras de producción de carne que se recogen en la tabla 3.

Tabla 3
PRODUCCION DE CARNE (en Tm)

Especies	1930	1940	1950	1965	1995
Bovina	151.412	83.416	91.181	177.277	522.348
Ovina	91.103	53.686	66.024	121.851	214.155
Caprina	16.612	12.822	13.697	11.814	13.798
Porcina	284.010	179.589	140.962	266.294	2.258.652
Aves	21.559	—	—	234.428	1.014.441
Conejos	—	8.995	3.000	18.280	118.274
Equidos	—	—	6.066	21.515	6.604
Total				851.459	4.148.272

No se encuentra recogida la producción de carne de la denominada «zootecnia alternativa» que recoge la de la caza mayor y menor con unas 16.000 Tm al año.

La evolución de la producción de leche en las distintas especies se recoge en la tabla 4.

Tabla 4
PRODUCCION DE LECHE (en millones de litros)

Año	Vaca	Oveja	Cabra	Total
1929	1.331	74	280	1.685
1940	1.800	100	400	2.300
1950	2.082	96	311	2.489
1965	3.287	324	325	3.927
1995	6.017	226	316	6.559

La leche de vaca representa el 92% de la producción total, el 3,5% la de oveja y el 4,5% la de cabra.

La producción de leche de vaca se ha elevado en el período 1940-1995 en un 234%.

La evolución de la producción de huevos se recoge en la tabla 5.

Se observa el rápido incremento a partir de 1950, que alcanza su máximo en 1980, con un incremento durante este período del 357%.

Otras fuentes de alimentos de origen animal de mucha menos importancia lo constituyen especies mayores no habituales entre nosotros (búfalo, auquénidos, reños, etc.) o especies menores (caracol, rana, etc.).

La producción de miel alcanzó un máximo de 28.400 Tm en 1993.

Tabla 5
EVOLUCION DE LA PRODUCCION
DE HUEVOS
(millones de docenas)

Año	Huevos de gallina
1929	139,8
1935	189,3
1945	79,5
1950	213,4
1955	237,8
1960	300,7
1965	485,0
1970	677,8
1975	839,2
1980	974,7
1985	931,2
1990	957,8
1995	986,9

Los procedentes de la gallina representan el 95% de la producción total.

El consumo

El consumo de alimentos de origen animal se ha caracterizado históricamente en España por su bajo nivel de intervención en la dieta, consecuencia casi siempre de las dificultades de abastecimiento y de su mayor valor en mercado.

Sobre el nivel de consumo de alimentos de origen animal influyen diversos factores:

- Razones de tradición, con la oferta de productos típicos.
- Razones de demanda específica por diversos productos y en determinadas épocas (el cordero en tiempos de Pascua, el pavo en las tradicionales fiestas de Navidad).
- Razones económicas en función de los precios a que se ofertan los productos y la capacidad adquisitiva de la población.
- Razones de sabor y apetecibilidad. La gradación por la preferencia de distintas carnes es muy amplia según las especies y dentro de cada especie (ternera blanca, cordero lechal, etc.) y categorías de la carne.
- Distinto aprecio por los diversos preparados cárnicos (salazones, embutidos, cecinas), o de los productos derivados de la leche (mantequilla, quesos, etc.).
- Condicionamientos dietéticos o sanitarios. En muchos sectores se rehuyen sistemáticamente las carnes o derivados grasos, cuando en ciertos límites determinan la sapidéz y la jugosidad. Consumo de leches desnatadas. Limitación del consumo de leche de cabra.

- Condiciones climatológicas y facilidades de conservación y transporte.
- Mayor difusión de los conocimientos sobre nutrición y dietética.
- Según la distribución geográfica de los censos de las distintas especies se produce también una caracterización geográfica de los productos (clases de leche, de carne, etc.). Se especializan las prácticas culinarias y los hábitos de consumo. Por ejemplo, el consumo de cordero lechal es más característico de las áreas de ganado ovino de ordeño.

Los niveles de consumo

Los niveles de consumo han evolucionado desde niveles muy bajos hasta cifras completamente óptimas. Por lo que se refiere al consumo total de carne recogemos algunos datos anteriores a 1955 que nos proporcionan una idea aproximada de los consumos históricos. Según ROF CODINA el consumo en los años 1920 y 1935 eran, respectivamente, de 11,5 y 13,2 kg por habitante/año. SANZ EGAÑA proporciona datos referidos a 1945, 1948 y cuatrienio 1951-1953 con cifras respectivas de 7,5, 15,6 y 14,3. Si añadimos a este consumo del cuatrienio el de tocino, se eleva el consumo total a 17,8 kg.

No todas las especies contribuyen por igual al abastecimiento. La participación proporcional en el período 1953-1955 fue como sigue:

- Carne de vacuno: 33%.
- Carne ovino-caprino: 22%.
- Carne de porcino: 45%.

El consumo de carne de ave apenas tenía entidad estadísticamente controlada por estas fechas.

Al analizar estos datos no debemos olvidar las cifras de autoconsumo, que era muy importante, la ocultación y las deficiencias estadísticas en los años citados.

Las cifras de consumo medio de carne por habitante/año se recogen en la tabla 6.

Tabla 6
EVOLUCION DEL CONSUMO MEDIO TOTAL
DE CARNE (kg por habitante/año)

Año	Kg habitante/año
1955	19,3
1960	23,2
1965	28,8
1970	45,0
1975	61,2
1980	69,3
1985	76,0
1990	88,5
1995	100,8

La tasa de autoabastecimiento se ha ido elevando gradualmente desde los años 1960, alcanzando en la actualidad tasas muy elevadas, del 97-98% en vacuno y ovino y con ligeros excedentes en porcino y aves.

La participación proporcional de las distintas especies en el abastecimiento se ha ido modificando en función de la evolución de los censos ganaderos. En la tabla 7 recogemos las cifras correspondientes.

Tabla 7
ESTRUCTURA DEL CONSUMO (porcentaje por especies)

Año	Vacuno	Ovino	Porcino	Aves	Otras
1969-1970	26,0	9	36,0	28,0	1,0
1976	23,7	9,7	38,3	25,3	3,7
1985	18,6	5,2	36,5	30,4	9,3
1995	12,3	6,5	51,6	27,2	2,5
CEE 1985	18,6	3,5	41,7	15,4	10,8

Los aumentos del consumo se hacen notables a partir de 1965, y especialmente en los años 1970 a 1975, sobre todo por el fuerte incremento de las producciones de carne porcina y de las aves.

La carne de ganado porcino constituye la de mayor consumo en España y en la CEE. Su predominio en las cifras de consumo es consecuencia de la evolución tecnológica en la explotación de esta especie que permite la producción de una carne sávida, de alto valor nutritivo y de obtención relativamente económica. El consumo de esta clase de carne tiende a estabilizarse o incluso a disminuir cuando se eleva por encima de los 50 kg por habitante/año.

A mediados de los años sesenta el sacrificio y consumo de carne de ave comenzó a alcanzar gran importancia en la producción cárnica española. La participación en porcentaje en el consumo global tuvo un notable desarrollo durante el cuatrienio 1962-1965, incremento que fue disminuyendo posteriormente hasta 1970-1977 en que se evidencia una flexión, aún manteniéndose en cotas muy altas, lo que podría indicar un primer grado de saturación.

El consumo de carne de ave es mayor a medida que aumenta la concentración de la población. Del total de carne de ave consumida en España, la de pollo representa el 90%. La procedente de otras especies es mucho menor y escasamente compiten. Es el país europeo con mayor consumo relativo, duplicando la media de la CEE. A nivel mundial el consumo de carne de ave representa en torno al 26% del consumo total de carne.

El consumo de leche de vaca por habitante/año ha ido aumentando gradualmente desde un nivel de 60 litros en los años sesenta, alcanzando los 80 litros en 1970,

los 90-100 litros en 1980, y llegando a un máximo en 1985 próximo a los 114 litros, para posteriormente mantenerse o declinar sensiblemente. El autoabastecimiento de leche en España está desde los años sesenta en torno al 95%.

El consumo de leche está ligeramente por encima del promedio de la CEE. Por el contrario es notablemente más bajo en todos los derivados lácteos, especialmente de queso y de mantequilla, siendo el de queso con un consumo de unos 6,6 kg habitantes/año sólo la tercera parte del promedio europeo y mucho menor aún la proporción en el caso de la mantequilla, con un consumo de 0,5 kg habitante/año. Destaca el notable incremento en el consumo de yogourt y leches fermentadas con un consumo en torno a los 8 kg habitante/año y de otros productos lácteos frescos con consumos en torno a los 5 kg habitante/año.

Se estima que el consumo de huevos en el año 1950 estaba en unos 67 huevos por habitante/año. En los años 1955-1960 el consumo se elevó hasta unos 115 huevos. En 1965 se alcanzaron los 182 huevos, llegando en 1970 a un promedio de 236 huevos. Desde 1975 el consumo ha oscilado entre 250 y 300 huevos por habitante/año. A partir de 1994 se comprobó un ligero descenso en la demanda interna de huevos en los países comunitarios como consecuencia el consumo se encuentra en equilibrio o con una ligera tendencia a la baja.

El consumo de miel en el período 1990-1994 por habitante/año fue como promedio de 0,665 kg.

El consumo medio de pescado «per cápita» viene oscilando entre los 28-30 kg al año.

Capacidad de producción y eficiencia productiva

Conforme hemos indicado en otro lugar, la capacidad de abastecimiento está determinada en primer lugar por la importancia relativa de los efectivos ganaderos. Pero junto a ello, cada vez más, por el incremento de la eficiencia de la producción.

La eficiencia productiva depende de:

— La eficiencia reproductora:

- Tasas de fertilidad y prolificidad.
- Disminución de los intervalos entre partos.
- Acortamiento de los períodos de lactancia natural.

— Escasa mortalidad pre y postnatal.

— Capacidad de crecimiento de la descendencia.

- Altos rendimientos unitarios en las distintas producciones.
- Buena capacidad de transformación de los piensos.
- Metodología del manejo de la explotación.

Respecto a la importancia relativa de los efectivos en el ganado vacuno se suelen considerar dos índices significativos: la «densidad ganadera» y el «número de cabezas por cada 100 habitantes».

En cuanto a la densidad ganadera en España era en 1966 de 0,08 cabezas por habitante y se ha elevado en 1995 a 0,12 cabezas por habitante, cifras que son notoriamente bajas cuando se comparan con las que se alcanzan en otros países europeos.

Por lo que se refiere al número de cabezas por cada 100 habitantes, la evolución ha sido notable:

Año	Cabezas/100 hab.
1907	11,36
1950	11,06
1967	11,97
1980	12,00
1995	13,90

En la producción de carne se puede tomar como índice de la eficiencia productiva la producción media de carne canal por hembra reproductora y año. En el ganado vacuno ha evolucionado como sigue:

Año	Carne canal/kg
1940	69
1950	62
1960	109
1970	169
1975	192
1985	150
1995	185

En el ganado ovino la potencialidad de la producción de carne está en función del número de crías disponibles para el sacrificio. Este coeficiente ha pasado de 0,48 en 1960-1963 a 0,84 en 1974-1975 por cada animal censado con más de un año,

La productividad de la oveja expresada por los kg de carne canal obtenidos por oveja reproductora y año, se ha incrementado notablemente y ha evolucionado como sigue:

Período	Kg carne (oveja/años)
1960-1964	5,6
1965-1969	7,4
1970-1979	8,3
1974-1979	9,6
1980-1984	12,3
1985-1989	12,2

Fuente: Esteban Muñoz.

En la especie porcina el índice de producción de carne por cerda reproductora y año está en torno a los 1.000-1.200 kg.

En avicultura una reproductora puede aportar al mercado los pollitos necesarios para obtener 110-120 kg de carne canal.

Una coneja reproductora puede alcanzar un índice de producción de carne anual entre 40-50 kg.

En este índice de productividad están implicados en todas las especies el número de crías obtenidas por hembra-año y el peso medio de la canal al sacrificio.

En la aptitud láctea la eficiencia productiva se valora en función de los rendimientos medios por hembra/año (o por lactación normalizada). En España en el ganado bovino de aptitud láctea ha evolucionado de la siguiente forma:

Año	Leche por vaca/año (litros)
1929	1.046
1965	2.173
1975	3.382
1985	3.332
1995	4.628

En comparación con la producción media europea estamos a niveles inferiores sensiblemente en unos 1.000 litros por vaca/año.

El incremento gradual en la mejora de los niveles de producción de huevos ha sido también muy señalado. Se ha pasado de los 90-100 huevos por gallina ponedora en los años 1930-1940, en la gallina rural o campera, a producciones medias de 250 huevos por ave/año en el momento actual, con producciones extremas superiores a los 300 huevos.

Paralelamente se han obtenido mejoras muy significativas en la capacidad de crecimiento y de conversión o transformación de los piensos, que redundan en una mayor capacidad productiva y en la economía de la explotación. Los resultados obtenidos son mucho más demostrativos en las especies explotadas primordialmente en régimen intensivo y con utilización de piensos concentrados.

En el ganado porcino, en las estaciones de control de la descendencia en Dinamarca, en un plazo de treinta años, de 1925 a 1955, se consiguió reducir el número de UA precisas para conseguir un kilogramo de aumento de peso vivo, de 3,55 a 2,90 en la raza Large White y de 3,57 a 3,01 en la raza Landrace. En las estaciones suecas se han obtenido las siguientes mejoras:

Año	Aumento diario de peso		UF de kg de aumento	
	Large White	Landrace	Large White	Landrace
1930.....	689	652	3,40	3,57
1940.....	654	642	3,41	3,46
1950.....	650	667	3,46	3,36
1960.....	703	711	3,03	2,99
1970.....	730	727	2,88	2,90

La mejora de la eficiencia productiva en las aves ha sido también muy señalada en la producción de huevos y carne. Resumimos los parámetros relativos a ambas producciones en la UE.

	1980	1985	1990	1995
<i>Huevos</i>				
Huevos/gallina y año	268	279	293	—
IC (kg de pienso/docena)	2,5	2,4	2,2	—
<i>Carne</i>				
Peso al sacrificio en kg (42 días de edad)	1,7	1,8	2,0	2,0
IC (kg de pienso/kg de peso vivo)	2,2	2,0	1,9	1,8

Esta evolución de los censos y de las producciones ganaderas han sido posibles gracias a la aplicación de los conocimientos científicos a la producción animal, aprovechando adecuadamente los recursos productivos y elevando sus tasas de eficiencia productiva, reduciendo al mismo tiempo los efectos negativos de los procesos patológicos y armonizando las nuevas tecnologías con el estado sanitario y el bienestar animal.

El acercamiento al conocimiento de cómo ha sido la evolución histórica de las aplicaciones de la ciencia y de los procesos tecnológicos a la producción de alimentos de origen animal constituye el propósito central de nuestro trabajo. Veamos.

PRIMEROS TIEMPOS

El animal ha sido compañero inseparable del hombre en la historia de la civilización. Primero, el amansamiento, pero sobre todo la domesticación de los animales, marcó uno de los hitos más importantes en la historia de la humanidad y el comienzo de lo que podemos denominar «actividades ganaderas dirigidas». En tiempos anteriores se trataba simplemente de una utilización de productos animales o de los propios animales por parte del hombre. Basta recordar que la domesticación data de 7.000 a 10.000 años antes de nuestra era, pero ya antes eran fuente de alimentos y de vestidos (pieles, etc.), base de utensilios (huesos, tripas, etc.) mediante su captura.

La evolución del hombre primitivo y su organización social va llevando sucesivamente al sedentarismo, a la agricultura y a la utilización gradual como elementos imprescindibles para ello del buey, del caballo y del asno como motores para el trabajo agrícola y como monturas para la guerra, el dominio y la expansión. El caballo fue el verdadero héroe de las migraciones humanas, de la difusión de las culturas.

Desde los primeros tiempos contribuyeron directamente a la alimentación humana e indirectamente mediante el trabajo agrícola. El arado apareció hacia el año 3000 a.C. Iba tirado por bueyes y facilitaba y aceleraba enormemente los trabajos agrícolas orientados a la obtención de alimentos, contribuyendo a humanizar los trabajos de cultivo. También por los años 3500-3250 a.C. se inventó la rueda en Mesopotamia, lo que mediante la tracción animal contribuyó a la mejora del transporte y la comercialización.

LECLERC (1707-1788), Conde de Buffon, escribió en 1779 en su «Histoire Naturelle» que «sin los animales la naturaleza del hombre sería aún más incomprendible».

La estrecha relación entre el hombre y los animales domésticos tiene una de sus mejores expresiones en un bajorrelieve del antiguo Egipto de 2300 años a.C. en el que aparecen mamando conjuntamente de la ubre de una vaca un ternero y un niño.

A medida que avanza la civilización se van creando núcleos urbanos, surgen necesidades especiales de abastecimiento, de locomoción y transporte, de recreo y deporte, de guerra y el papel de los équidos y del ganado vacuno se hace cada vez más imprescindible. Su fuerza motora es la única de la que el hombre puede echar mano a estos efectos y son básicos para el laboreo agrícola, para la industria, para el transporte, para el ejército, cada uno con sus características especiales, y han predo-

minado durante todo el desarrollo de la humanidad, incluso hasta mediados del siglo XX. Y siguen utilizándose. Ahora en los albores del siglo XXI leía hace poco: «El buey como motor agrícola es importante para arrancar de la pobreza y del hambre a grandes zonas del mundo.» Con tracción animal se lograron niveles de productividad que muchos países en desarrollo no han alcanzado todavía. Los animales de tiro pueden ser por el momento, en algunas áreas, la forma más eficaz de transformar en fuerza utilizable la energía continuamente renovada que se almacena por fotosíntesis en la vegetación.

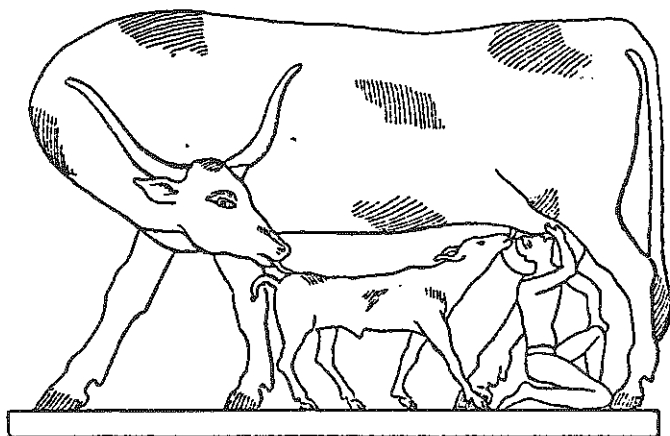
Pero en el devenir del tiempo el papel del motor animal se solapaba con otras aptitudes y con otras especies que surtirían a la humanidad de alimentos de alto valor biológico y que han ido adquiriendo una importancia cada vez mayor.

Los animales desempeñan un papel importante y bien definido en todo sistema racional y equilibrado de producción de alimentos.

Podemos admitir que en las etapas de predominio de una economía rural la obtención de alimentos en líneas generales no creaba ningún problema. Fue a partir de la explosión demográfica que conllevaría la revolución industrial, a partir de los años 1800, y la creación de núcleos urbanos cada vez más importantes la que fue creando crecientes problemas de abastecimiento. La agricultura se vio implicada en buscar y mejorar esas fuentes de alimentos y se dio lugar a la que se viene denominando la «revolución agrícola».

La demanda y sus nuevas modalidades fueron el motor de la oferta, de la producción y de su entrada en mercado.

Veamos cómo evolucionó la aplicación de los conocimientos científicos para hacer posible la adaptación de la ganadería a las nuevas necesidades crecientes.



EL PERIODO PRECIENTIFICO

Se admite que la historia de los siglos XIV al XVIII es la historia de los progresos técnicos en la agricultura y de la rápida evolución del nivel de vida.

A mediados del siglo XVII se introdujo el cultivo de plantas forrajeras (nabos, esparceta, trébol). A mediados del XVIII se establecen rotaciones de cultivos con plantas fijadoras de nitrógeno, se da a conocer la sembradora mecánica de TULL (1701), se inicia la siembra en surcos (1730), se patentan algunos modelos de arados, se incorporan estiércoles a las tierras de cultivo y se experimentan maquinas trilladoras (1780), lo que hace que el progreso agrícola sea notable.

Esto llevó a optar por sistemas de cría más intensivos al disponer de mejor alimentación, lo que condujo a la necesidad de mejorar las estirpes de ganado. Se puede admitir que el período precientífico en las aplicaciones ganaderas comienza con la mejora de algunas razas inglesas de ganado. Se considera a Bakewell como el iniciador de los trabajos prácticos de los ganaderos ingleses.

Robert BAKEWELL (1725-1795), de Dishley, en el condado de Leicester, se considera como el pionero de la mejora del ganado. Aun cuando comenzó con el propósito de mejorar el tipo primitivo de ganado vacuno «long-horn», su verdadera aportación fue la mejora de la oveja primitiva del condado en un nuevo tipo con mejores masas musculares y más precoz, dando origen a la raza Leicester (1755), que posteriormente influyó en la mejora de muchas de las razas actuales. Utilizó una selección sistemática y rigurosa, un estrecho grado de consanguinidad y la valoración de los machos a través de sus descendientes. Demostró que «la consanguinidad ayudada por una cuidadosa selección suponía un gran recurso en la mejora del ganado. Es el mejor modo de fijar y perpetuar un tipo» (VAUGHAM, 1950). Intervino también en la mejora del caballo Shire.

Sensiblemente por las mismas fechas otro ganadero importante del sur de Inglaterra, John ELLMAN, de Glynde, condado de Sussex, consiguió, partiendo del ganado ovino indígena de la zona, obtener la raza Southdown (1778), la primera raza mejorada productora de carne de alta calidad.

Estas razas mejoradas se comenzaron a extender por otros países sobre cuyas ganaderías ejercieron una labor de mejora.

Los hermanos COLLING (Charles y Robert), de Barnston, siguiendo los métodos de Bakewell, se dedicaron a la mejora del ganado del distrito de Teeswater, del condado de Durham, dando origen a la raza Shorthorn (1780). Otros ganaderos famosos mejoraron distintas estirpes, siendo los más conocidos Thomas BOOTH, de Walarby y Killerby, en el condado de York, la estirpe de carne; Thomas BATES (1775-1849), de Kerklevington, también en York, la estirpe de doble aptitud. Posteriormente, Amos CRUIKSHANK, de Sittyton, en el condado de Aberdeen, con sus trabajos de mejora contribuyó a la formación de las más famosas estirpes escocesas de la Shorthorn de carne.

En la creación de la raza Hereford intervino Benjamín TOMKINS (1714-1789), tarea que prosiguió concienzudamente su familia. El libro genealógico de la raza data de 1845. También destacó en esta mejora GALLIERS.

A la mejora de las razas Devon y Sussex se asocian los nombres de QUARTLEY y de TURNER. Por el mismo tiempo se obtienen la Aberdeen Angus mejorada, en la que interviene inicialmente Hugh WATSON (1808-1860), un importante ganadero de Strathmore, entre otros.

W. HUMPHREY comenzó en 1834 la mejora de la raza Hampshire de ganado ovino. Intervinieron otras razas, especialmente la Southdown ya mejorada por Ellman.

La mejora de las razas porcinas se acometió más tarde. La mejora de la originalmente denominada Yorkshire, que gradualmente se transformó en la Large White actual, la raza que más se ha extendido en el mundo, la inició Joseph TULE a partir de un excelente ejemplar presentado en 1851 a la Royal Show.

La mejora de los grandes caballos ingleses fue bastante temprana, especialmente la del Shire, considerado como el gran caballo de Inglaterra. La presencia del Suffolk se remonta al siglo XIV, pero su mejora más señalada parte de 1770. El Clydesdale se comenzó a mejorar a partir de principios del siglo XVIII.

El comienzo del siglo XIX marca la edad de oro de la agricultura británica, que luego influyó en el resto de países. Una primera máquina segadora se hace funcionar por BELL en 1828, y casi simultáneamente, en 1831, McCORMICK lo hace en Virginia (EE. UU.) de otra accionada por un caballo. Gradualmente se diseñaban nuevos aparatos, pero no fue hasta 1897 cuando HORNSBY fabrica su primer tractor.

Señala THERET (1957) que es necesario alcanzar el siglo XIX para que se asista en Francia a una verdadera puesta en marcha de los medios destinados a la mejora de la ganadería. Estos hechos están sobre todo marcados por la introducción de bovinos y ovinos procedentes de Inglaterra.

Sucesivamente se van creando instituciones y organismos al servicio de la mejora del ganado. En 1791 se instituye el libro genealógico del caballo pura sangre

inglés. La primera feria de ganado cebado de Smithfield (Londres) se celebró en 1799. El primer libro genealógico de la raza Shorthorn no aparece hasta el año 1822 (COATES).

A partir de entonces se organizan también los concursos de ganado. Se da prioridad a los de animales de carnicería (1844) y algo más tarde a los de animales reproductores (1850).

La constitución posterior de sociedades de cría y la introducción de métodos de control van a dar lugar a un desarrollo más acusado de la mejora ganadera. En 1837 se comienzan a organizar en Estados Unidos diversos centros de estudio y sociedades agrícolas. En 1838 se fundó la Royal Agricultural Society de Inglaterra. En 1862 se crea en Estados Unidos el Departamento de Agricultura y en su seno, en 1884, el Bureau of Animal Industry, precisamente por un insigne veterinario Salmon. La primera estación experimental agrícola regularmente organizada se estableció en el Wesleyan College, Middletown, Connecticut, en 1875.

Entre nosotros aparece una primera preocupación seria en 1837 cuando se ordena se estudien las causas de decadencia de la ganadería y medios de fomentarla. En 1847 aparecen las primeras disposiciones regulando las paradas (establecimientos de reproducción) en el ganado equino. En 1848 se establecen las Juntas Provinciales de Agricultura, entre cuyas misiones relacionadas con la ganadería figuraba el establecimiento de granjas modelo, fomento y mejora de la cría caballar y sobre todo el conocimiento y mejora de todo género de ganados.

Es en 1875 cuando se toma en consideración el progreso en la mejora de las razas y lo importante del comercio internacional en este aspecto y se ordena el estudio y descripción de la ganadería por especies y razas. En 1877 se insiste en la necesidad de conocer «el verdadero estado de la ganadería en España y de especificar las causas de su decadencia». También en este año publica el Ministerio de Fomento un Real Decreto por el que se constituye la Cabaña española y se estructuran, en el marco entonces posible, medidas para la ordenación de la ganadería.

El cerdo de raza Yorkshire se introdujo en España a mediados del siglo XIX coincidiendo con la creación de la Real Cabaña del Escorial y de las Escuelas de Vitoria y de Sevilla. En 1867 existían ya cerdos de las razas Berk y Essex en la Granja Escuela Provincial de Sevilla.

En 1878 se presentaron a una feria en Torrelavega ejemplares de la raza bovina Frisona. En 1892 se importó el primer semental de esta raza y en 1899 comenzaron las importaciones masivas de la misma.

El Registro-matrícula de caballos de pura sangre o Stud-Book español se creó por R. O. de 7 de noviembre de 1883 y se aprobó el Reglamento del mismo por R. O. de 28 de abril de 1884.

En 1898, OLALQUIAGA propone la creación de un Servicio Pecuario Provincial en la Diputación de Guipúzcoa, así como la primera reglamentación, aprobada en 1905, de las paradas de sementales vacunos y aportó normas para la organización sobre bases científicas de los concursos de ganado.

Los primeros pasos concretos en la acción experimental sobre la ganadería se dan en 1907 con el establecimiento de estaciones pecuarias y de secciones de avicultura, sericultura e industrias lácteas en el Ministerio de Economía.

EL PERÍODO CIENTÍFICO

Dice RUSSELL (1969) que si bien la ciencia como conocimiento avanzó muy rápidamente durante todo el siglo XVII y el XVIII, sólo a finales de éste comenzó a influir en la técnica de la producción.

Las tendencias bastante obvias de aplicar los conocimientos científicos de una manera deliberada se precisarán aún más a lo largo del siglo XIX (VIAL, 1976). Durante el mismo se asiste a la industrialización progresiva que desde Inglaterra invade el continente europeo y otras áreas del mundo. Ello lleva consigo una mejora en el sector primario. La agricultura y la química agrícola hicieron adelantos muy grandes durante el siglo XIX (URABAYEN, 1949). En Inglaterra, especialmente desde finales del XVIII (1769), y en Europa, entre 1820 y 1850, se asiste a un desarrollo notable que se irá completando durante el resto del siglo y principios del XX. De aquí los cambios profundísimos que sufrió la humanidad a partir de finales del siglo XVIII. Para WARD (1977), antes de la mitad del siglo XVIII la ciencia no había dado grandes saltos hacia adelante. FORBES (1969) señala la gran explosión de la invención creadora durante el siglo XVIII.

Parece que la industrialización reacciona en función de la demografía. Ha sido necesaria una cierta densidad de población, sobre la cual han actuado las emigraciones y el éxodo rural. RUSSELL (1969) señala que para un estado dado de la técnica industrial y agrícola existe una densidad de población óptima, que asegura un grado mayor de bienestar material.

El aumento de la población y como consecuencia de aglomerados urbanos exigen un mayor y distinto abastecimiento estimulando el aumento de la producción. Las posibles situaciones de desequilibrio se hacen ya patentes en el siglo XVIII cuando MALTHUS (1766-1834) publica en 1798 su «Ensayo sobre la población», en el que expone la discrepancia entre el aumento de la población y las posibilidades de producción de alimentos, que va a constituir ya, en lo sucesivo, una preocupación constante en la política demográfica y de producción.

Los animales domésticos hasta comienzos del siglo XIX se criaron de forma empírica para utilizar sus distintos servicios (tracción, montura, ocio, etc.) o convertirse en fuentes de alimentación (carne, leche, huevos, etc.).

La fase del animal considerado como «máquina biológica» comienza con el avance de las ciencias biológicas e identifica a la producción animal como una tec-

nología de producción (VAZ PORTUGAL, 1977). La evolución de los conocimientos científicos y la aplicación progresiva de los mismos a la explotación del ganado va haciendo que ésta tome nuevos rumbos. Es a partir del siglo XVIII cuando comienza la acción de las ciencias básicas sobre la agricultura y la ganadería. Los trabajos e investigaciones de autores pioneros permiten elaborar los primeros preceptos científicos aplicables a la explotación del ganado.

Se puede afirmar que la experimentación en materia de explotación animal es muy antigua. REAMUR a mediados del siglo XVIII ensaya en las gallinas la muda artificial para favorecer la puesta de invierno. YOUNG lleva a cabo verdaderas experiencias sobre la alimentación de los cerdos.

La influencia de DARWIN (1809-1882) y de otros eminentes biólogos de la segunda mitad del siglo XIX fue grande en la aplicación de principios científicos a la producción animal. En 1859 asombra con su libro «El origen de las especies», en el que plasma su teoría de la evolución y de la selección natural. LAMARCK (1744-1829) había publicado en 1809 su «Philosophie zoologique», en la que frente a la concepción creacionista y de la inmutabilidad de las especies sostenida por LINNEO y por CUVIER exponía por primera vez, de modo concreto, una idea evolucionista.

BATESON en 1904 señalaba en su discurso a la Sociedad Británica de Zoología que «La cría animal es la mayor industria a la que la ciencia aún no ha sido aplicada», y precisaba, refiriéndose especialmente al estudio de la herencia y la variación, «que el valor económico práctico de tal aplicación sería de extraordinaria utilidad».

Entonces, ¿qué había ocurrido antes? Porque no cabe duda que la humanidad había venido exigiendo mejores servicios y mayores producciones a los animales domésticos a lo largo de los tiempos. Nos puede asombrar cómo sin el soporte de investigaciones biológicas se lograran notables avances en los distintos campos de la producción animal. Hay que reconocer, sin embargo, que muchos de los métodos adoptados por los ganaderos para la mejora gradual de los animales fueron esencialmente científicos, sin conciencia propia de ello.

Queremos dejar sentado que la **sanidad animal** constituye un aspecto esencial y básico de la producción animal. FRENCH (1967) señala con mucha exactitud que «para incrementar la productividad del ganado deben asegurarse primero las adecuadas condiciones sanitarias. Unicamente después se puede proceder a las mejoras genéticas, de la reproducción, de la alimentación y del manejo». Pero precisamente por su propia entidad, amplitud y peculiaridades no hemos considerado oportuno incluirla en este análisis histórico concretándonos a los aspectos que consideramos más tecnológicos.

El análisis de la evolución de las aplicaciones científicas a la ganadería lo desglosamos en los tres grandes capítulos que mayor influencia han tenido en el desarrollo de la producción animal: la mejora, la reproducción y la alimentación.

LA MEJORA ANIMAL

Dice HAGEDOORN (1939) en la primera edición de su libro «Animal Breeding» que «el hombre para subsistir depende de los animales domésticos y de las plantas cultivadas».

Se puede decir que de forma empírica el hombre ha practicado la selección animal desde el período neolítico, si bien la selección empírica planificada comenzó en el siglo XVIII: gradualmente se han ido perfeccionando los métodos que sirvieron de base a los ganaderos para la creación de las primeras razas y su mejora.

Una contribución fundamental para la mejora ganadera sobre bases científicas la aportó Juan Gregorio MENDEL (1822-1884), monje en el Monasterio de la Orden de San Agustín en Brünn (en la actualidad Brno, Moravia) y profesor de física y ciencias naturales en la Escuela Regia Superior, que puso los cimientos para comprender la transmisión de los caracteres y las leyes de la herencia. En 1865 comunicó a la Sociedad de Historia Natural de Brünn los resultados de ocho años de trabajo sobre «Experiencias en híbridos vegetales» acerca del comportamiento hereditario de varias características del guisante. La disertación fue publicada en 1866 en las Memorias de la citada Sociedad.

A estos trabajos, poco accesibles a la generalidad, no se les prestó mucha atención por la comunidad científica de aquellas épocas, absorbida por las discusiones sobre la evolución y la herencia de los caracteres adquiridos, y sólo 34 años más tarde, en 1900, 16 después de su muerte, Hugo DE VRIES en Holanda, CORRENS en Alemania y TSCHERMAK en Austria, trabajando con independencia y casi simultáneamente, llegaron a las mismas conclusiones que Mendel, que dieron a conocer. A partir de ese momento es cuando atrajeron la atención del mundo científico. El redescubrimiento de las Leyes de Mendel proporcionó la clave que hizo posible hallar la verdadera naturaleza de la herencia. MENDEL se anticipó notablemente a su época y fue el iniciador de lo que pronto iba a ser una nueva ciencia, la genética.

Entre tanto, en 1868, Walter HOGAN trabajaba ya en mejora avícola y estableció el «Método Hogan» para la predicción de la aptitud de puesta en las gallinas.

Coincidiendo con estos hechos, William BATESON (1861-1926) está inmerso en una serie de estudios sobre la herencia. Apenas comenzado el siglo XX hace las primeras aplicaciones de las leyes mendelianas al campo animal y contribuye a di-

fundir los trabajos de MENDEL. Poco después, junto con CUENOT, da a este conjunto de conocimientos en torno a los fenómenos hereditarios la denominación de Genética. En su obra «The Methods and Scope of Genetics», publicado en Cambridge en 1898, la define como «la rama de la Biología que estudia los fenómenos de la variación y de la herencia».

El concepto mendeliano de la diferenciación de los gametos informa todos los trabajos de BATESON y discípulos. Sus trabajos se orientaban al estudio de características relativamente simples, como la forma de la cresta y el color del plumaje en las gallinas. Hacia 1904 emerge de estos trabajos el concepto de «ligamiento factorial» (BATESON y PUNNET) y la doctrina en la interacción de los factores. En 1908 se llega a formular el principio de la «herencia ligada al sexo» que ha tenido importante trascendencia, sobre todo en avicultura, ya que basándose en algunas características, especialmente la coloración del plumaje y de los tarsos, vinculadas a los cromosomas sexuales, mediante adecuados apareamientos es posible deducir el sexo de los pollitos en el momento de la eclosión o poco después, con repercusiones técnicas y económicas muy notables. BATESON dejó sentadas las bases para el estudio de la herencia en las aves.

Entre las primeras experiencias que demostraron que también en los animales se verificaba la herencia mendeliana típica, se pueden mencionar las de LANG con el caracol de jardín (*Helix hortensis*).

En principio ninguna rama de aplicación práctica se benefició tanto de esta nueva ciencia como las ciencias veterinarias en los distintos campos de la biotipología morfológica, la fisiología, la heredopatología y la zootecnia.

A finales del siglo XIX, antes de la difusión del mendelismo, GALTON (1822-1911) aplica el análisis estadístico al estudio de la variación y de la herencia, sentando las bases de la Biometría. Sus principios tuvieron una gran influencia sobre los métodos de elección de los reproductores animales. También sirvieron para el establecimiento del sistema de libros genealógicos sobre los que se ha basado fundamentalmente la mejora animal. Posteriormente, y entre otros PEARSON, FISHER, SEWALL WRIGTH y HALDANE profundizaron en los estudios bioestadísticos. En 1908 se formula la ley de HARDY-WEINBERG, que junto con los trabajos de FISHER y de WRIGHT representan los fundamentos de la genética de poblaciones.

También un pionero de los estudios de genética fue Oscar EWART (1851-1933), profesor de Historia Natural de la Universidad de Edimburgo. Los abordó fundamentalmente a partir de 1895 en una granja experimental propia que estableció en Pencyuik (Midlothian). Estaban referidos a la prepotencia, el cruzamiento, la consanguinidad, la reversión y la telegonía. Resaltó la importancia económica de los estudios sobre la mejora y la necesidad de aplicar métodos científicos al estudio de la reproducción en interés de la industria ganadera. Dedicó notable atención a la reproducción y fenómenos hereditarios en el caballo.

JOHANNSEN introduce en 1902 el concepto de gene, es decir, la unidad de los caracteres en los cromosomas y en 1903 establece el de «línea pura», que definió como «la descendencia de un individuo homocigótico que se reproduce exclusivamente por autofecundación». En los animales no es posible llegar a ello y se ha aceptado como tal cuando se alcanza un alto grado de homocigosis a través de una consanguinidad estrecha y rigurosa selección.

PUNNETT esclarece el mecanismo de la herencia de los caracteres ligados al sexo y crea con PEASE (1930) una nueva raza, la Cambar, en la que por la coloración de las plumas se pueden sexar los pollitos en el momento del nacimiento. Con BATESON y SAUNDER estableció, de 1901 a 1906, el mecanismo hereditario de la coloración de la raza de gallinas Andaluza Azul.

James WILSON fue uno de los primeros en acometer estudios aplicando las Leyes de Mendel en los animales domésticos, que utilizó para explicar la evolución de las razas británicas de ganado vacuno y su mejora que recoge en sus tratados «Evolution of British Cattle» y «Principles of Stockbreeding».

En 1909, WOOD esclareció la herencia de los cuernos y del color de la cara en el ganado ovino mediante el cruzamiento de ovinos de las razas Suffolk y Dorset Horn, comprobando que se ajustaban a los principios mendelianos y en cierta relación con el sexo.

En 1909-1910, MORGAN, de la Universidad de Columbia, trató por primera vez, utilizando la *Drosophila melanogaster* como material experimental, de producir mutaciones que había estudiado inicialmente Hugo DE VRIES en 1901 en la *Oenothera lamarckiana*, sentando las bases de la «teoría de las mutaciones», y formuló nuevas ideas según las cuales los genes estaban dispuestos en orden lineal a lo largo de los cromosomas, trabajos que posteriormente dieron lugar a la denominada «teoría cromosómica de la herencia».

En 1917 aparece la obra «Herencia de la fecundidad en la gallina», de Oscar SMART.

PITT (1919) investigó la genética del color en el ganado vacuno Hereford.

Otros muchos investigadores y tratadistas de distintas escuelas contribuyeron a cimentar y difundir estos conocimientos. SANSON, BARON, DECHAMBRE (1868-1935), profesor de Zootecnia en las Escuelas de Agricultura de Grignon y de Veterinaria de Alfort, publicó un amplio Tratado de Zootecnia (1900-1910).

ZWAENEPOEL, profesor de la Escuela de Medicina Veterinaria de Bruselas, contribuyó notablemente al progreso de la genética y fue el primero en señalar la utilidad de la aplicación de la genética cuantitativa a la mejora del ganado. Publicó en 1922 un excelente tratado sobre «Eléments de zootechnie generale et de genetique animale».

DUERTS, director del Instituto Zootécnico de la Universidad de Berna, contribuyó a sentar los fundamentos para el estudio de la doctrina de la constitución animal.

RICE, profesor de Zootecnia del Massachusetts State College, publicó un importante tratado sobre «Breeding and Improvement of Farm Animals» (1926).

Otro importante investigador de la genética animal fue CREW, de la escuela de Edimburgo, que desde los primeros años del siglo dedica especial atención a este campo. Publica entre otros el libro «Animal Genetics», traducida al castellano en 1934, y «The Genetic of Sexuality» y con sus colaboradores lleva a cabo numerosos trabajos experimentales sobre mejora animal, entre ellos, ROBERTS sobre la herencia del color y otras características del ganado ovino; CALDER sobre el coeficiente de consanguinidad en los libros genealógicos, y BUCHAMAN SMITH y DONALD sobre los libros genealógicos. GREENWOOD aborda el análisis genético de los factores que afectan a la producción de huevos trabajando con la estirpe castaña de la raza Leghorn.

La cooperación de los genéticos en la mejora de las plantas se remonta tan sólo a los alrededores de 1910 y las técnicas fitogenéticas avanzaron tan rápidamente que para 1920 los trabajos de reorganización de los métodos de selección y mejora estaban prácticamente reorientados. Su aplicación a la cría animal, con algunas notables excepciones, permaneció casi estacionaria hasta 1930.

En 1932 se establece en Edimburgo el *Imperial Bureau of Animal Genetics*, y uno de sus directores, NICHOLS, publica un trabajo sobre «Livestock improvement» en el que presta especial atención a las relaciones entre herencia y medio ambiente.

Tan pronto como 1923 FERNÁNDEZ NONIDEZ publica «Variación y herencia en los animales domésticos y las plantas cultivadas». Hitos de esta penetración de la genética como ciencia fundamental para la mejora ganadera lo constituyen los tratados que van apareciendo, como la «Genetique animale», de MARCQ-LAHAYE, publicada en Gembloux en 1932, que lleva como subtítulo el de «Biometría y zootecnia general»; el de KRONACHER, «Genetik und Tierzüchtung», publicado en Berlín en 1934. LUSH en su obra «Animal Breeding Plans», publicada en 1938, inicia realmente la aplicación de los hechos positivos de la genética de poblaciones a la mejora animal.

El descubrimiento de la estructura molecular del ADN realizada por WATSON y CRICK en 1953 abre una nueva etapa en el desarrollo de la genética (genética molecular) y a las amplias posibilidades de la manipulación genética.

La transferencia de genes puede llevar a la obtención de animales con mayores niveles de producción o mejores características de los productos obtenidos. Existe la posibilidad de introducir genes codificados que regulen procesos metabólicos para mejorar la eficiencia de los animales productores de alimentos.

La selección

El fundamento básico de la mejora animal lo constituye la elección de los reproductores. En función de las distintas aptitudes y en paralelo con los avances científicos y técnicos han ido variando las modalidades de elección.

El criterio inicial fue el de la valoración morfológica. No había tampoco otros fundamentos científicos. Se pretendía la obtención de tipos morfológicos correctos, la corrección de los aplomos y de la línea dorsolumbar, dirección y ampulosidad de la grupa, así como las características fijadas en los prototipos raciales. También se valoraban aquellas morfologías que presunta y positivamente estuviesen ligadas a rendimientos productivos: adecuada conformación para la producción de carne, morfología apta para el esfuerzo (tracción) o para la carrera, etc. Este criterio es positivo en cuanto a la mejora de características morfológicas de alta heredabilidad.

En la evolución de la mejora ganadera tuvieron en principio mucha importancia los concursos de ganado. Normalmente estaban basados en la valoración morfológica de los animales.

Graduamente se fueron incorporando las pruebas de rendimiento al objeto de tener una valoración más directa y objetiva de la capacidad de producción. Los controles de producción de leche y las pruebas de rendimiento a la canal se fueron incorporando a los tradicionales concursos de ganado. Las puntuaciones conseguidas, tanto en la valoración morfológica como en las pruebas de rendimiento, se reflejaban en los libros genealógicos y constituían datos de cierto valor que se tenían en cuenta en la elección de futuros reproductores. Estos criterios continúan teniendo validez.

La aplicación de los controles de rendimiento fue bastante temprana. Los libros genealógicos del ganado bovino de aptitud leche se comenzaron a implantar entre 1875 y 1891. Las sociedades de cría se comenzaron a fundar en 1884. En 1891 se crean por primera vez en Dinamarca las asociaciones de control lechero. Los métodos para la determinación rápida del contenido de grasa en la leche se lograron en 1889 por LINDSTROM en Suecia, en 1890 por BABCOCK en Estados Unidos y en 1899 por GERBER en Alemania. A medida que los estudios genéticos daban luz sobre la posible medida indirecta de las cualidades genotípicas a través de controles de producción en una población suficientemente numerosa se fueron instaurando las pruebas de valoración genética a través del análisis de los descendientes. Surgieron así las distintas modalidades de «progeny test», «sib test», y «performance test». Desde 1902 se comenzaron a utilizar como importante instrumento de mejora las pruebas de descendencia en el ganado bovino. En 1907 se inicia en Dinamarca el funcionamiento de las primeras estaciones de control de la descendencia en el ganado porcino¹. A partir de 1920 se difundió a la mayor parte de los países.

¹ De Juana, A. La prueba de la descendencia como base de la mejora porcina en los países de la OCDE, 1963.

También fueron muy tempranos los controles de puesta. En 1897 comienzan los concursos de puesta en Inglaterra. El nidal trampa se adoptó pronto en los gallineros industriales. Parece haber sido utilizado por primera vez en Austria en 1879. Permitía medir la aptitud a la puesta de las gallinas individualmente consideradas (número de huevos, peso, ritmo y persistencia de la puesta, etc.) sobre cuya base se hacía la elección de los planteles de reproductoras.

Con este objetivo el control de la aptitud a la puesta se efectuó mediante la organización de los denominados «Concursos de puesta». Inicialmente consistían en enviar a los gallineros de control lotes de pollitas a la edad de la madurez sexual y controlar los rendimientos a lo largo de todo el ciclo de puesta. Los resultados comparativos del concurso permitían identificar a las estirpes o familias mejores productoras.

En 1927, HAGEDOORN describió y llevó a cabo el que se puede considerar el primer concurso de «muestras al azar» que permiten deducir una valoración genética más precisa. En este caso las «muestras» de cada explotación (huevos para incubar o pollitos) se eligen al azar y con una población más elevada. Se someten a control durante todas las fases de producción (incubación, cría, puesta) hasta la edad de 500 días. Al ser todas las condiciones ambientales idénticas los resultados comparativos alcanzan un valor estadísticamente significativo y revelan las diferencias de calidad genética de las distintas estirpes.

Entre nosotros se celebraron concursos de puesta en las instalaciones de la Asociación General de Ganaderos en la Real Casa de Campo desde 1923 a 1930.

Con una organización más cuidada y nuevas bases técnicas se organizaron a partir de 1940 en Caldas de Montbuy (Barcelona), de 1941 en Valencia, de 1942 en Sevilla y de 1955 en Tarragona. A partir de 1960-1965 se realizaron bajo la modalidad de muestras al azar.

Junto al método de reproducción por selección durante el período de formación de las razas se utilizó mucho el método de reproducción por **consanguinidad**.

WRIGHT (1922) establece métodos aplicativos de determinación de la consanguinidad en términos de coeficientes que permitieron valorar de forma más precisa este método de reproducción y su utilización en la formación y establecimiento de las distintas razas.

A partir de 1930 se comenzaron a intensificar los estudios sobre el efecto de la consanguinidad en las poblaciones avícolas y el subsiguiente empleo para la obtención de las líneas «puras» orientadas a los programas de cruzamiento.

Desde los primeros trabajos se observó que en todas las especies la consanguinidad daba lugar a una disminución de los rendimientos, especialmente señalada en la esfera de la reproducción, así como a una menor resistencia frente a las enfermedades.

El cruzamiento

En cambio el sistema de cruzamiento entre razas permitía aprovechar el denominado vigor híbrido en la explotación comercial o bien la utilización de este método para la obtención de nuevas razas, para la mejora de los rendimientos o hacer posible su explotación en medios ambientes difíciles. La práctica del cruzamiento ha prestado una valiosa colaboración al desarrollo ganadero (cruzamiento de absorción).

Los cruzamientos interespecíficos, la verdadera hibridación, no es un método difundido en producción animal, toda vez que no siempre es posible y casi siempre los descendientes son infértiles. El efecto de «heterosis» o vigor híbrido se manifiesta por una mayor vitalidad, resistencia para el trabajo y un aumento notable de la resistencia frente a ciertas enfermedades (NONIDEZ). El gran ejemplo de la hibridación en zootecnia es el ganado mular, de importancia económica incalculable como animal motor.

Se han realizado y se vienen realizando cruzamientos entre especies próximas aprovechando el vigor híbrido para una mejor adaptación a condiciones ambientales adversas, así como mejorar los rendimientos y la calidad de los productos. Se han llevado a cabo cruzamientos de ganado bovino (*Bos taurus*) con Yak (*Bibos grunniens*), con Gayal (*Bibos frontalis*), con Bisonte (Bison bison o americanus). Las dos especies del género *Bos* (*taurus e indicus*) se reproducen entre sí perfectamente y se ha aprovechado este último por su mayor resistencia a condiciones difíciles de medio (alta temperatura, alto grado de humedad, parasitismos) en determinadas áreas. La difusión de las razas europeas mejoradas en algunas zonas sólo ha sido posible mediante los cruzamientos con el cebú o brahma, especialmente en las tropicales o subtropicales. Se ha llegado incluso a la formación de nuevas razas como la Santa Gertrudis, Brangus, Beefmaster, Charbray, Bradford, etc.

Sin embargo, la práctica de los cruzamientos interraciales para aprovechar el efecto de heterosis y elevar los rendimientos es un hecho práctico en la explotación del ganado que se ha venido realizando sistemáticamente desde hace mucho tiempo.

El vigor del híbrido fue advertido y descrito con amplios detalles por muchos de los antiguos tratadistas, tales como KOLREUTER (1763), GARTNER (1849) y estudiado ampliamente después por varios autores (CASSTLE y WRIGHT, 1916).

La presentación de heterosis en los cruzamientos de razas no consanguíneas en cerdos fue demostrada por distintos investigadores a partir de 1928 cuando WINTERS y cols., de la Estación de Minnesota (EE. UU.) comenzaron una amplia serie de experiencias de cruzamientos en las que no sólo se realizaron cruzamientos de primera generación (mestizaje), si no también apareando las hembras mestizas F_1 con verracos de las razas parenterales (backcross o crisscross) o bien machos de otra raza distinta.

LUSH y cols. llevan a cabo experiencias similares llegando a conclusiones análogas. HAMMOND en 1922 comprueba las ventajas de los cruzamientos de primera generación y WHETHAM llega a las mismas conclusiones analizando los datos obtenidos en la Smithfield Livestock Show durante los años 1914 a 1933. HUTTON y RUSSELL realizan experiencias de cruzamiento de 1927 a 1932.

Históricamente los resultados de estas experiencias fueron muy interesantes y justificaron ya la utilidad de los cruzamientos para la producción comercial. En España existen antecedentes desde 1947 de la producción comercial sistemática de cruzamientos en primera generación entre hembras de tronco ibérico × machos de raza Large White en explotaciones con efectivos de reproductoras muy elevados².

La heterosis o vigor híbrido se manifiesta en la primera generación por rasgos de mayor peso al nacimiento y mayor vigor, crecimiento más rápido y mejor capacidad de transformación del pienso, así como mayor uniformidad de la descendencia. Para aprovechar al máximo el efecto de la heterosis es aconsejable utilizar las hembras F₁ en un programa continuo de cruzamiento ya que se mejoran notablemente las características reproductoras, siendo muy evidente su acción sobre la supervivencia prenatal y las características predestete. La heterosis ejerce una mayor acción precisamente sobre aquellas características de baja heredabilidad. El grado de heterosis puede variar en función de varios factores, entre los que destacan como más importantes el nivel de rendimientos de las estirpes parentales y la diversidad genética.

A partir de 1935 se realizaron en Estados Unidos cruzamientos entre dos o más razas el objeto de llegar a combinar las características favorables, llegándose a la formación de nuevas razas, entre ellas Montana, Maryland, Beltsville y Minnesota y posteriormente Hamprace³.

En el ganado ovino el cruzamiento en sus diversas modalidades influye favorablemente sobre la fertilidad, el ritmo de crecimiento, la producción de leche y de lana. También a partir de 1912 se utilizó para la creación de nuevas razas, como la Columbia, Panamá, Romeldale, Montadale, Targhee, Debouillet, etc.

A principios de siglo se abordan los primeros estudios sobre los efectos del cruzamiento entre diversas razas de gallinas, comprobándose la superioridad de los individuos F₁ con relación a diversos caracteres de importancia económica. HAGEDOORN en 1948 señala que la producción de esta clase de mestizos es más frecuente que en otras especies. De la nueva combinación de genes resulta a menudo un alto grado de heterosis o vigor híbrido, observándose que estimula el crecimiento

² Granja Céspedes. Badajoz. Bajo nuestra dirección técnica.

³ El Instituto de Citología y Genética de la Academia de Ciencias de la antigua URSS llevó a cabo con mucho éxito una amplia experiencia para la obtención de un mestizo de cerdo doméstico y jabalí, conjugando el alto rendimiento de los primeros y la gran vitalidad del jabalí.

to durante las primeras diez o doce semanas, tiende a aumentar la fertilidad e incubabilidad, suele disminuir la mortalidad de la descendencia y generalmente da lugar a un aumento de la producción de huevos.

El cruzamiento se puede utilizar para combinar características complementarias exhibidas por líneas o razas diferentes.

La producción de los denominados «híbridos» comerciales se basa en el cruzamiento entre distintas líneas consanguíneas seleccionadas y sometidas a comprobaciones previas de su aptitud combinatoria. Es a partir de los años cincuenta cuando se da mayor importancia a estas estirpes híbridas. Distintos autores (BIERLEY, 1949; KNOX, GORDON y MEHRHOF, 1949; KUSNER, 1950; KING, 1951; GLAZENOV, 1952) comprueban que los productos de cruzamiento eran superiores en producción de huevos, peso de los huevos, viabilidad, madurez sexual, porcentaje de fertilidad e incubabilidad. En la producción de carne (ESSARY, MOUNTNEY y GOFF, 1951) encuentran mayor capacidad de crecimiento, mayor eficacia en la conversión del pienso y mejores características y rendimientos a la canal. A las mismas conclusiones llegaron KNOX (1946) y MILL (1952) en el cruzamiento ante líneas consanguíneas en comparación con los cruces entre razas.

En la temporada avícola 1950-1951 nosotros iniciamos una serie de cruzamientos interracial⁴ especialmente orientados a la utilización de nuestra raza autóctona Castellana negra, con la Leghorn blanca y la Rhode Island, como razas ampliamente explotadas por entonces en nuestros medios, la primera especializada en la producción de huevos y la segunda de aptitud mixta, destacando un crecimiento notablemente más rápido de los productos en el cruzamiento ♂ Rhode Island × ♀ Castellana negra. Al mismo tiempo se comprobó en este cruce la posibilidad del sexaje por el color del plumaje al momento del nacimiento.

* * *

El estudio de los **grupos sanguíneos** y su posible importancia en la cría animal comenzó con los primeros descubrimientos de BORDET (1898) y de LANDSTEINER (1900). TODD y WHITE (1910) dieron a conocer el primer estudio sobre las diferencias individuales en la sangre del ganado bovino.

DUNGER y HIRSZFELD (1910) pusieron en evidencia que el comportamiento hereditario de los grupos sanguíneos seguía los principios mendelianos.

Es a partir de 1924 cuando se incrementa notablemente el estudio de los grupos sanguíneos y de los polimorfismos bioquímicos en la sangre de los animales. Su

⁴ Cruzamientos de primera generación en avicultura. II Congreso Internacional Veterinario de Zootecnia. Madrid, 1951.

estudio en el caballo se inició en 1930 por HIRSZFELD y PRZESMYZKI y en 1932 por SCHERMER y KAEMPFER.

KRONACHER y cols. (1932) fueron pioneros en los trabajos de experimentación con gemelos de ganado vacuno por medio de los grupos sanguíneos.

En Estados Unidos IRVING y cols., de la Universidad de Wisconsin, iniciaron a partir de 1940 el estudio sistemático de los grupos sanguíneos en ganado vacuno, ovino y en las aves. Fueron muy notables las aportaciones posteriores de LINDSTROM, GROSCLAUDE, OWEN y más recientemente de STONE. A su estudio en el ganado ovino prestó especial atención RASMUSSEN (1958) y en el porcino ANDRESEN (1963).

Los estudios de FERGUSON (1941) y posteriormente de STORMONT y cols. (1950) aclararon algunos aspectos del comportamiento hereditario de los sistemas de grupos sanguíneos.

Aparte de su aplicación al campo clínico, se orientó también su estudio a analizar la relación entre ellos y algunas características como la producción de leche, el crecimiento, la fertilidad, etc. Una de las primeras aplicaciones de los antígenos en la sangre bovina fue la solución de casos de paternidad dudosa (KAEMPFER, 1935). En Estados Unidos y Canadá las asociaciones de los libros genealógicos de ganado bovino han utilizado durante varios años la tipificación sanguínea como un medio para mantener la precisión de sus registros. También suele exigirse en los toros utilizados en la inseminación artificial.

SCHULTZ y BRILES (1953) demostraron que los factores sanguíneos de las aves estaban relacionados con ciertas características de importancia económica.

Los primeros estudios bien orientados sobre las relaciones entre antígenos celulares y características de producción se llevaron a cabo en 1959 en Frisona alemana, por MITSCHERLICH, TOLLE y WALTER.

Se han aplicado también a la determinación de las relaciones genéticas de los animales dentro de cada especie y entre determinadas especies, al diagnóstico de la monozigosis, la detección precoz del «free-martin», así como al estudio de las posibles relaciones entre los grupos sanguíneos y determinadas enfermedades. Más recientemente se han utilizado para depurar al máximo las líneas consanguíneas en la obtención de híbridos en avicultura.

Se ha prestado también mucha atención al estudio de los polimorfismos bioquímicos de la sangre, diferencias bajo control genético (albúminas, transferrinas, hemoglobina y potasio eritrocitario) como marcadores para el estudio de la estructura genética de los individuos.

En relación con su aplicación práctica, el valor predictivo de determinadas características sanguíneas es más bien pequeño y, por tanto, de valor limitado en los programas de mejora.

El interés por los **gemelos monozigóticos** o univitelinos, especialmente en el ganado vacuno, adquirió importancia a partir de los estudios clásicos sobre el fenómeno del «free-martin» por KELER y TANDLER (1916) y LILLIE (1916-1917). El primer intento real de recoger y diagnosticar gemelos monocigóticos de ganado bovino fue hecho en Alemania por KRONACHER y cols. (1930). Señalaba ya la utilidad de estos gemelos idénticos como material experimental basándose precisamente en su identidad genética.

Aunque desde 1912 se habían realizado ensayos de cría de **animales libres de gérmenes**, fue a partir de 1946 cuando REINERS inició un programa sistemático de obtención de animales libres de agentes patógenos específicos (SPF), no sólo con fines experimentales, sino también para la erradicación de determinadas enfermedades mediante la repoblación de granjas con reproductores SPF como estrategia de lucha y para la mejor rentabilidad de las explotaciones. En las explotaciones porcinas repobladas con animales SPF el peso vivo alcanzado a los 56 y 150 días era superior en un 25-30% al observado en los animales convencionales. En ciertos momentos se prestó bastante atención en este aspecto, especialmente en la explotación porcina.

Producción de carne

La producción de carne es un complejo problema científico, técnico y económico en cualquiera de las especies en el que están implicados numerosos factores.

En primer lugar depende de la tasa de reproducción de los rebaños que permitirá obtener un número óptimo de las unidades de producción (terneros, corderos, lechones, pollos, etc.).

Simultáneamente las acciones de mejora genética tratan de obtener las características adecuadas para la producción: buena capacidad de crecimiento para permitir ciclos económicos, alto rendimiento a la canal, adecuada calidad de la carne (ternura, sapidéz, proporción de grasa y distribución de la misma) y elevada eficiencia de conversión del pienso (IC). Posteriormente los correctos planes de alimentación permitirán expresar las cualidades genéticas y contribuir a la economía de la producción.

Por otro lado es imprescindible un buen nivel sanitario para que no exista ninguna incidencia negativa sobre la esfera de la reproducción, reducir la mortalidad y evitar las posibles interferencias sobre el ritmo de crecimiento y la utilización del pienso.

Aludiremos aquí únicamente a algunos aspectos intrínsecos de la producción de carne, como es el crecimiento y la calidad de la carne.

La apreciación de la adecuada conformación morfológica con mayor desarrollo de aquellas regiones que constituyen la base anatómica de la producción, la de algunos signos exteriores que denotan el grado de cebamiento (acúmulos subcutáneos de grasa, los tanteos), las cualidades para la ceba (buena capacidad de crecimiento y de transformación del pienso), los controles de peso para deducir el ritmo de crecimiento y las comprobaciones del rendimiento a la canal han constituido durante mucho tiempo el substrato práctico que, aun con escasas aportaciones científicas, permitió un progreso notable en la obtención de razas especializadas en la producción de carne al estar basada la selección en características morfológicas que sabemos hoy tienen un alto grado de heredabilidad.

Los primeros progresos rápidos en la mejora se debieron a la amplia utilización de reproductores machos de raza pura obtenidos por los métodos tradicionales de selección masal.

El reconocimiento de la importancia de la productividad de la vaca determinada por el peso y la calidad del ternero al momento del destete —que era una característica de alta repetibilidad— permitió un señalado avance en la mejora de los rebaños por el simple desecho de las vacas de baja productividad en los dos primeros partos.

Señala WARWICK (1958) que la práctica o arte de la cría del ganado vacuno de aptitud carne estaba bastante avanzada en 1908, pero se basaba casi exclusivamente en la experiencia y poco sobre los resultados de experimentos científicos.

El concepto de heredabilidad vino a aclarar las directrices de muchos planes de mejora y, sobre todo, lo que se puede esperar de una acción sobre el plano genético y sobre el de la mejora de las condiciones ambientales. Una de las primeras estimaciones de la heredabilidad en el ganado ovino la realizaron CHAPMAN y LUSH (1932) con relación al peso al nacimiento. KNAPP y NORDSKOG (1946) presentaron las primeras estimaciones sobre la heredabilidad de los caracteres cuantitativos en el ganado vacuno de aptitud carne. En el ganado porcino las estimaciones de la heredabilidad fueron también relativamente tempranas. Posteriormente han sido muy numerosos los estudios sobre la heredabilidad de los distintos caracteres económicos en las distintas especies.

Una importante aportación fue en torno a los años cincuenta la estimación de las correlaciones genéticas entre distintos caracteres en orden a la elaboración de índices de selección que permitieron un mayor progreso en la mejora.

La contribución al conocimiento de los procesos involucrados en el crecimiento, de gran importancia en la producción animal, especialmente en la de carne, data de principios de siglo. A partir de 1917 varios investigadores, destacando entre ellos MACKENZIE, MARSHALL, APPLETON, HAMMOND y MacMEEKAN, abor-

daron el estudio del crecimiento y del desarrollo de los animales en relación con la producción de carne y la determinación de los distintos factores que intervienen.

La secuencia de desarrollo de los distintos órganos y tejidos tiene mucha importancia en producción animal. El conocimiento del crecimiento diferencial proporciona las bases para establecer los niveles de nutrición en las distintas fases del crecimiento que condiciona la economía de la producción, la calidad del producto final y su valor en mercado.

Tanto la rapidez y precocidad del crecimiento como el desarrollo diferencial tienen una gran importancia en el planteamiento de las estrategias de producción. Un ejemplo evidente y muy notorio para los no familiarizados con estos conocimientos es la diferencia en los ciclos de producción, ritmos de crecimiento, sistemas de alimentación y calidad del producto final entre la producción del cerdo precoz, de ciclo corto, de canales magras y la del cerdo de tipo ibérico, de largo ciclo de producción, de explotación extensiva y de canales grasas. Introducirse en todos los procesos fisiológicos que explican todas las diferencias, incluidas las del sabor, sería muy sugestivo, pero no de este lugar.

HAMMOND, de la Universidad de Cambridge, en 1932, introduce en el estudio del desarrollo la técnica de la disección completa del cuerpo, analizando además una serie de variables que lo condicionan como la edad, el sexo, el peso vivo y las variaciones en la composición en proteína, grasa y minerales. Estos trabajos, como los de otros científicos, fueron revisados y actualizados detalladamente por PALSSON en su tratado sobre «Progress in the Physiology of Farm Animals» (1955) reactualizando los estudios planteados por WATERS en 1908 acerca de la influencia del plano de nutrición sobre el crecimiento de las diversas partes del organismo.

Otros numerosos estudios llevados a cabo por distintos científicos sobre el desarrollo y metabolismo del cuerpo y de los distintos órganos en distintas especies, tanto en la etapa pre como en la postnatal, culminaron en los trabajos de Samuel BRODY, que recoge en su tratado sobre «Bioenergetics and Growth» (1945).

Los conocimientos sobre la regulación hormonal del crecimiento comenzaron con los estudios de BERTHOLD sobre los testículos de las aves en 1849, que constituyó la primera demostración experimental de la actividad endocrina de las gónadas masculinas. Posteriormente, en 1888, BROWN-SEQUARD demuestra que los extractos de testículos estaban relacionados con el rejuvenecimiento sexual.

Existen indicios de que la castración era practicada por los hombres primitivos basada en el temprano conocimiento de que la remoción de los testículos daba lugar a animales más manejables, se prevenía el olor sexual de la carne de los machos, especialmente de los verracos, y probablemente se aumentaba la deposición de grasa cuando los recursos alimenticios eran abundantes. Eran conocimientos empíricos deducidos de la observación.

Investigaciones posteriores han demostrado que tanto el ritmo de crecimiento como la eficiencia de la conversión de pienso es bastante mejor en los animales enteros, razón por la cual se ha limitado mucho la práctica de la castración, aun cuando conlleve otros efectos secundarios a los que conviene seguir prestando atención.

No fue hasta 1905 cuando MARSHALL señala que el folículo ovárico era la fuente de una hormona estrogénica. El primer estrógeno cristalino (estrona) se obtuvo por DOISY y BUTENANDT en 1929. Hasta 1931-1934 no se dispuso de andrógenos puros cuando BUTENANDT y cols. identificaron la naturaleza química de algunos andrógenos de procedencia urinaria. El aislamiento de la testosterona descubierta por GALLAGHER y KOCH se obtuvo por LAQUEUR y cols. en 1935. Los trabajos de DODDS con el estilbestrol y sus derivados comenzaron en 1933, culminando en 1938 con la síntesis del dietilstilbestrol. La fácil disponibilidad de este producto, que tenía un efecto positivo sobre el crecimiento tanto cuando se administraba como solución inyectable como cuando se aplicaba como implante en forma sólida o se administraba por vía oral, permitió una amplia serie de experiencias.

La primera aplicación práctica se hizo en las aves. LORENZ en 1943 fue el primero en demostrar que la implantación subcutánea de dietilstilbestrol aumentaba la deposición de grasa y mejoraba la calidad de la canal en los pollos.

Sucesivamente diversos investigadores (CASIDA, NALVANDOV, etc.) encontraron que la administración subcutánea de DES en implantes sólidos mejoraba el ritmo de crecimiento y la eficacia de conversión del pienso en el cebo de corderos y novillos de aptitud carne, comprobándose que se producía una mayor retención de nitrógeno. En 1956, DEANS y cols. comprobaron que los implantes de dos hormonas naturales (esteroides): el estradiol y la progesterona, aumentaban el ritmo de crecimiento y la eficacia de conversión del pienso en novillos en cebo, lo que dio paso a su empleo sistemático en la práctica de la explotación del vacuno de carne. La posterior comprobación por otros investigadores de efectos similares cuando las citadas hormonas se administraban por vía oral contribuyó a la generalización de su empleo.

En 1921, EVANS y LONG comprobaron un aumento del ritmo de crecimiento cuando se administraba un extracto de la pituitaria anterior y posteriormente se llegó a aislar la hormona del crecimiento (LI y EVANS, 1944-1945; WILHELMI, FISHMAN y RUSSELL, 1948). Sin embargo, estas hormonas reguladoras y estimuladoras del crecimiento no se han utilizado en la práctica hasta la síntesis de la BST.

A partir de 1981 se suprimió la autorización de empleo de los estrógenos sintéticos, especialmente el DES, por considerarse un carcinógeno potencial y únicamente se permitió el empleo de las citadas hormonas naturales, de un esteroide sintético, la trembolona y de un estrógeno sintético, el zeranol, normalmente administrados bajo forma de «pellets» en implantación subcutánea (base de la oreja).

Con su utilización se puede conseguir un incremento del 10 al 20% de la ganancia de peso diaria y una mejora del 15 al 20% en la eficacia de conversión del

pienso, así como una mejora de la calidad de la canal debido principalmente a una disminución del contenido de grasa.

Manejando pautas de crecimiento, composición de las raciones, manejo de la alimentación, edad al sacrificio y peso vivo, junto con las medidas genéticas, podemos mejorar o adaptar las producciones a la demanda en mercados de óptima calidad.

Producción de leche

En la producción de leche los aspectos de la reproducción tienen una prioridad absoluta. Los prerrequisitos biológicos de la gestación y el parto son ineludibles y las interrelaciones entre eficiencia reproductora y de producción son evidentes y constantes, ya que todo el ciclo de producción está condicionado a los aspectos reproductivos.

El control de las funciones de reproducción constituyen la base de la producción económica de leche: ciclos reproductores regulares, control de los celos, diagnóstico de la gestación, descanso entre los ciclos de producción coincidiendo con la última fase de la gestación, nueva cubrición en el momento adecuado para obtener ciclos óptimos de 12-13 meses (10 de producción y 2 de descanso).

Son realmente subyugantes los mecanismos endocrinos que regulan las funciones de reproducción y aquellas producciones ganaderas íntimamente vinculadas, como son, fundamentalmente, la producción de huevos y el determinismo endocrino de la secreción láctea.

La hormona galactógena, prolactina, se detectó por primera vez por STRICKER y GRUETER en 1928. En 1933, RIDDLE la aisló del lóbulo anterior de la hipófisis. Pocos años después COLLIP demostraba que la secreción de la prolactina era provocada por vía nerviosa por la estimulación de las terminaciones nerviosas a nivel de los pezones. Del desarrollo de la mama, de los acinis glandulares y de los canales galactóforos son responsables dos hormonas sexuales, la foliculina y la luteína, así como una hormona hipofisaria, la oxitocina, interviene no sólo en el proceso del parto, sino también en la fase de eyección de la leche tanto en la lactancia natural, como mediante el ordeño. Hacia finales de 1953 DU VIGNEAUD y cols. consiguieron la síntesis del principio oxitócico.

La somatotropina bovina (BST) mejora la eficiencia de las vacas con una mejor conversión de las nutrientes en leche. Parece que ejerce su efecto indirectamente sobre el tejido mamario por su acción sobre el hígado y otros órganos, estimulando la producción de sustancias tipo insulina que actúan sobre aquel tejido aumentando la síntesis de la leche.

También es fundamental en esta producción el papel de las hormonas suprarrenales y el del tiroides. En 1915, KENDALL aisló la hormona de la glándula tiroides, y en 1930, HARRINGTON y BERGER consiguen su obtención por vía sintética.

El ordeño, como técnica de obtención de la leche, debe basarse y respetar todos los mecanismos fisiológicos que intervienen en la producción y eyección de la leche. Pero además debe tener en cuenta los aspectos económicos de la explotación. El ordeño manual es una operación laboriosa, que tiene muchas limitaciones desde el punto de vista higiénico. Además, la eficiencia de los tiempos de trabajo (número de vacas por hora-hombre) es muy baja, incompatible con el aumento de tamaño de las explotaciones y la carestía de la mano de obra.

A medida que se iban conociendo los mecanismos fisiológicos que intervienen en la producción de leche y los que controlan la extracción mediante succión u ordeño se trató de facilitar las operaciones de ordeño mediante su mecanización al tiempo que se buscaba una mayor higiene en la producción al pasar directamente la leche desde la ubre al recipiente de recogida y mejores condiciones sanitarias de la ubre. De aquí la idea de llegar a algún sistema mecánico que resolviese la mayor parte de esos problemas.

En este sentido BLURTON en 1836 patenta una máquina provista de cánulas en la que el cubo quedaba suspendido de la vaca. En 1851, HODGES y BROCKENDEN aplican por primera vez el principio del vacío al ordeño. COLVIN en 1860 amplía esta aplicación e introduce las pezoneras que actúan también mediante vacío. Estas aplicaciones se desarrollan rápidamente y en 1889 aparece la primera máquina de ordeño fabricada por MURCHLAND en Inglaterra. En 1895, el doctor SHIELDS, de Glasgow, patenta el denominado «pulsador» que va a regular los ritmos de masaje-succión. La idea era liberar al pezón de una succión constante. Una válvula en la bomba de vacío permitía la entrada de aire al circuito de ordeño con una frecuencia regular de forma que el vacío aplicado a la pezonera variaba rítmicamente mediante el pulsador.

Un avance notable en la aplicación de la máquina de ordeño se realizó en 1922 cuando ROSIER, un granjero de Wiltshire, idea un modelo de máquina de ordeño transportable al campo evitando el traslado del ganado a instalaciones de ordeño y reduciendo las necesidades de locales especiales. En la actualidad ante el aumento de tamaño de las explotaciones y la instensificación de las mismas apenas se practica el ordeño a campo y los locales especializados son imprescindibles para la organización del ordeño de gran número de cabezas.

Nuevos avances técnicos han venido perfeccionando el ordeño mecánico hasta llegar a la precisión con que se practica en el momento actual, respetando la integridad física de la ubre y los mecanismos neurohormonales básicos. Se han introducido nuevos sistemas de ordeño automatizados que utilizan sensores que permiten retirar la máquina al final del ordeño y aplicarla al siguiente animal, así como ajustar la presión de vacío automáticamente de acuerdo con el flujo de leche y obtener durante el tiempo de ordeño otros muchos parámetros de control.

El ordeño mecánico se aplicó a la oveja como consecuencia de las investigaciones y experiencias en las Caves de Roquefort (Francia) por FLEURI en 1932. Entre

los años 1948 y 1958 se instalaron numerosas unidades de ordeño en la citada región. Entre 1960 y 1962 se adoptó definitivamente el sistema en «espina de pescado», aludiendo a la disposición de las ovejas, denominado «Casse», alcanzando una productividad de 120-180 ovejas por hora/hombre.

En España se inició el ordeño mecánico en la oveja en torno a los años sesenta, si bien no es hasta los setenta cuando alcanza una notoria difusión. En las cabras se aplicó unos años después. Su tecnología es completamente análoga a la empleada en el ganado vacuno de leche, con las adaptaciones propias a cada especie.

La moderna tecnología del ordeño mecánico en la oveja y en la cabra ha permitido mantener y mejorar los rebaños lecheros y el aumento de tamaño de los mismos, humanizando una tarea ingrata y costosa y con la posibilidad de obtener mayores rendimientos por la sanidad de las manipulaciones.

LA REPRODUCCION

Podemos considerar la reproducción como uno de los aspectos básicos de la explotación del ganado. Constituye el proceso inicial en cualquier clase de producción y factor fundamental en la economía de la misma. No hay que olvidar que la cría animal es economía pecuaria.

Sobre la eficacia de la producción va a influir todo lo que represente una mejora de las funciones de reproducción: el aumento de la fecundidad y de la prolificidad (número de crías por camada), regularidad de los ciclos de reproducción, optimizando los intervalos entre partos y el destete; precocidad sexual en función del desarrollo y prolongación de la vida útil de la reproductora. La limitación de la mortalidad ante y postparto contribuye a la eficiencia de la producción aumentando el número de unidades productoras disponibles.

Se deduce la importancia de controlar todas las operaciones de manejo de la reproducción. Los datos se deben registrar en los libros genealógicos de donde se puede deducir luego la eficiencia reproductora de familias o estirpes.

Estas consideraciones nos llevan a la necesidad de monitorizar todas las funciones de reproducción hasta los límites compatibles con los condicionamientos fisiológicos: diagnóstico precoz de la gestación, inducción del celo, sincronización de los celos, poliovulación, desestacionalización de los celos, etc., bien mediante medidas de manejo en la explotación (introducción de machos en el rebaño, programas de iluminación, etc.) o mediante tratamientos hormonales o de otras sustancias activas indicadas.

El descubrimiento y la descripción del espermatozoide de los mamíferos por LEEUWENHOEK, HAM y HARTSOEKER en 1677 con el primer microscopio construido por ellos¹, el reconocimiento del folículo del ovario por GRAAF en 1678 y el del óvulo humano por VON BAER en 1827 establecen la naturaleza de las unidades celulares requeridas para la fecundación.

HEAPE (1855-1929) fue uno de los primeros investigadores que abordó estudios sobre la reproducción, especialmente en la oveja, en relación con la fecundidad

¹ El primer microscopio compuesto lo habían inventado los daneses Zans y Zacharías JANSSEN en torno a 1590.

y herencia de la fertilidad. Fue pionero en la transferencia de óvulos fecundados. Descubrió que en la coneja la ovulación depende del apareamiento. En 1899 observó que la mejora de la alimentación en la oveja antes de la estación de monta influía favorablemente en la fecundidad, lo que, junto a los trabajos de MARSHALL de 1903 a 1908, permitió establecer la práctica del denominado «flushing», que se aceptó ampliamente por los criadores. En 1897 publicó un importante trabajo sobre inseminación artificial y contribuyó a dar a conocer los trabajos de SPALLANZANI publicando los experimentos llevados a cabo por MILLAIS que mediante la inseminación artificial había realizado cruces entre Blood-hounds y Basset-hounds. En 1900 publicó un importante trabajo sobre «The Sexual Season of Mammals» y en 1906 un libro titulado «The Breeding Industry» en el que exponía las grandes pérdidas que se derivan de no aplicar adecuadamente los métodos científicos a la producción animal comercial.

La publicación del libro de MARSHALL sobre «The Physiology of Reproduction» en 1910 tuvo una gran influencia en los estudios sobre la reproducción.

En la segunda década de 1900 se abordaron con intensidad diversos trabajos sobre la reproducción, especialmente sobre el ovario como un órgano de secreción interna y del importante papel que jugaba en la regulación del ciclo sexual y sobre el desarrollo de la ubre, así como sobre los efectos de los distintos planos de nutrición sobre la fertilidad y el crecimiento, el efecto de la gestación temprana sobre el crecimiento y los efectos subsecuentes, etc. En estos trabajos destacaron investigadores como MARSHALL, HAMMOND y MacKENZIE. Una contribución muy importante fue la publicación en 1927 por HAMMOND del libro «The Physiology of Reproduction in the cow».

La regulación hormonal de la reproducción es de capital importancia y su conocimiento ha permitido controlar técnicamente esta función natural.

Las hormonas gonadotropas hipofisarias y de origen placentario se pusieron en evidencia por ZONDEK y ASCHHEIM en 1926-1930. Contemporáneamente COLE y HART comprueban la presencia de grandes cantidades de estrógenos en el suero sanguíneo y en la orina de las yeguas gestantes, y COLE y SAUNDERS en 1934 de la gonadotropina de origen placentario (PMS) en el suero de yegua gestante, lo que fue de considerable importancia. La presencia de una hormona del cuerpo lúteo se demostró por FRAENKEL en 1903 y se obtuvo por primera vez (progestina) por CORNER y ALLEN en 1929. Si bien su estudio continuó a lo largo del primer tercio del siglo, su aislamiento en forma pura se prolongó hasta los años 1934-1935 (BUTENANDT).

Durante muchos años la orina de yegua gestante fue la principal fuente de hormonas estrogénicas. Fue el comienzo de los estudios sobre la inducción del celo y de la ovulación, especialmente fuera de las estaciones de cría. En los últimos años la endocrinología veterinaria ha progresado muy rápidamente en el control de las

funciones de reproducción. La síntesis de sustancias de acción similar abrió un amplio campo para intervenir en muchos aspectos de la reproducción.

Para la regulación del ciclo reproductor es muy importante el diagnóstico o determinación del celo y poder deducir con cierta aproximación el momento de la ovulación, que nos permitirá practicar la cubrición o inseminación en el momento más adecuado y con ello aumentar el porcentaje de inseminaciones fértiles. Existen diversos medios auxiliares para el manejo práctico de este aspecto.

Los tratamientos hormonales nos permiten también la inducción del celo, incluso fuera de la estación natural de monta, aumentar las tasas de ovulación y realizar la sincronización de los celos dentro de los grupos de reproductoras de las distintas especies domésticas. La sincronización tiene una gran trascendencia práctica y económica puesto que facilita todas las operaciones de manejo del rebaño en torno a la reproducción (inseminaciones, parideras, lactancias, etc.) y el momento y la homogeneidad de la oferta al mercado. También permite obtener un mayor número de crías contemporáneas para las pruebas de valoración genética. El empleo de los progestágenos de síntesis y de las hormonas gonadotropas es el método comúnmente practicado para bloquear, en primer término, la actividad ovárica y estimular sucesivamente la ovulación. Está también muy generalizado el empleo de las prostaglandinas o productos análogos sintéticos (cloprostenol).

El diagnóstico precoz de la gestación permite regular las funciones reproductoras en sincronización con la producción (vacuno de leche) y la lucha contra la esterilidad. Se utilizan distintos métodos, desde los clínicos (palpación), los hormonales (presencia de determinadas hormonas sexuales en sangre, orina o leche) al empleo de los ultrasonidos y otros.

Parece que desde 1815, probablemente antes, se afirmaba que el examen rectal era un método útil para el diagnóstico precoz de la gestación. GERLACH en 1862 en su tratado de medicina veterinaria forense trata del diagnóstico mencionando el examen vaginal. FLEMING en 1896 describe el examen rectal para el diagnóstico de la gestación. Posteriormente ha continuado y continúa siendo un método habitual y de gran seguridad.

ABDERHALDEN comienza en 1911 los métodos indirectos del diagnóstico biológico de la gestación. Su método colorimétrico, con variantes introducidas por otros autores, se utilizó durante el primer cuarto de siglo. ASCHHEIM y ZONDEK en 1926 estudian un método basado en detectar las sustancias estrogénicas y hormonas gonadotropas en la sangre o en el suero sanguíneo de las hembras gestantes. En 1927, DAHMEN y WOLLERSHEIM utilizan la reacción denominada hormonal. En 1930, HOGREN, y en 1947, GALLI-MANINI utilizan la rana macho para revelar la presencia de hormonas gonadotropas. En 1934, CUBONI propone una prueba rápida para detectar la presencia de hormonas estrogénicas en la orina de yegua gestante mediante un procedimiento colorimétrico. Entre nosotros, SAINZ PARDO Y

MORROS SARDA modificaron el método de CUBONI y GONZÁLEZ CUBILLO (1947) cita que lo venía utilizando en la práctica del diagnóstico de la gestación en yeguas desde el año 1941. Existen otras muchas pruebas de laboratorio propuestas con resultados contradictorios o complejas de realizar. El diagnóstico por el análisis de progesterona en leche se inició por LAING y cols. en 1979 y por HEAP y HOLDSWORTH en 1981.

La inseminación artificial

Un aspecto de gran trascendencia para la sanidad animal y la producción animal fue el estudio y aplicación de la inseminación artificial (IA). Ha permitido profundizar en el conocimiento de las funciones de reproducción y constituido un precedente científico y experimental de imponderable valor para las aplicaciones en medicina humana.

Las motivaciones del empleo y los principales objetivos y ventajas los podemos resumir como sigue:

- El motivo primario de aplicación de la inseminación artificial fue la lucha contra las infecciones transmisibles por vía sexual (durina, tricomoniasis, brucelosis, etc.). Lucha contra la esterilidad. Permite un control sistemático del estado sanitario de los reproductores que deben estar exentos de enfermedades infecciosas y parasitarias.
- Como método normal de cubrición facilita el servicio a hembras distantes sin necesidad de desplazamientos, posibilita la influencia de un reproductor mejorante sobre una amplia población de hembras, y permite reducir el número de sementales necesarios, etc.
- Inclusión como estrategia de reproducción en los programas de mejora (planificación, valoración genética de los reproductores, etc.).

En la actualidad la aplicación de la inseminación artificial al ganado es muy amplia. Es en la especie bovina, especialmente en las agrupaciones raciales de aptitud leche, en la que más se ha aplicado el método. La segunda en importancia en cuanto a su aplicación es la especie ovina. La tercera, con un gradual incremento, ha sido la especie porcina. Por lo que se refiere a los équidos el método está realmente en regresión, atribuyéndose a dificultades operativas y económicas. La aplicación en las aves es más limitada. Incluso se viene aplicando en apicultura.

Si bien la aplicación de la inseminación artificial es relativamente reciente, el concepto es antiguo. Existen evidencias de que el método fue conocido y posiblemente utilizado por los criadores de caballos árabes hacia 1322 a.C. Según EIBL en el siglo XVIII se utilizó ya la inseminación artificial en las truchas. No obstante, el primer hecho real de su empleo en mamíferos fue el realizado por SPALLANZANI,

fisiólogo italiano, nacido en Scandiano (Reggio Emilia) en 1729. Desarrolló su actividad en las ciencias naturales en la Universidad de Pavia. Inseminó con éxito a peras en 1779, de lo que informó en su «Disertazione sopra la fecondazione artificiale di alcuni animali». Este resultado fue confirmado en 1782 por Pierre ROSSI.

Desde estas fechas hasta finales del siglo XIX se prestó poca atención al conocimiento y empleo de la inseminación artificial, aunque ocasionalmente se hagan algunas referencias en la bibliografía médica y veterinaria como un medio de resolver problemas de esterilidad.

Aproximadamente un siglo más tarde de las experiencias de SPALLANZANI, sir Everett MILLAIS (1884) y ALBERT (1894) reprodujeron con acierto los experimentos de aquél.

Parece que la primera inseminación artificial en ganado mayor se practicó en Hungría en el año 1880 (KALDROVICS).

El veterinario francés REPIQUET en 1885-1890 se volvió a preocupar de la IA considerándola interesante para la cría animal. La practicó con éxito en la yegua, empleándola fundamentalmente para corregir la esterilidad.

HOFFMAN, de Stuttgart, en 1905 da una detallada descripción de la técnica y del material necesario. SAND (1902) vio en ella un medio excepcional para la difusión del semen de reproductores selectos.

Algunas experiencias hechas con la IA en medicina en la segunda mitad del siglo XIX fueron la causa de que el Santo Oficio considerase ilícito en 1897 que se aplicase a la especie humana. Posteriormente hay antecedentes de haberse comenzado a aplicar a partir de 1921.

A comienzos de 1900 las potencialidades prácticas de la IA comenzaron a reconocerse y en 1907 IVANOV (1889-1930) informa por primera vez sobre los resultados de una serie de inseminaciones en mamíferos. La IA se encuentra entre los métodos que había escogido para la lucha contra la durina (tripanosomiasis) en las postrimerías del siglo XIX. El éxito de estos trabajos indujo, según WALTON, a que se estableciese en 1909 un laboratorio con el objeto de entrenar a veterinarios en las técnicas de la IA.

Se considera que el paso decisivo de la aplicación extensiva a la reproducción ganadera se debe a los trabajos de IVANOV y de la escuela rusa. Profesor de Veterinaria experimental en Petersburgo, logró introducir la IA en la práctica ganadera. Dio a conocer sus estudios en 1912 en una tesis doctoral que se publicó en Hannover. Trabajó ya sobre la dilución del semen, su transporte a grandes distancias y llevó a cabo cruzamientos mediante su empleo.

Después de haber obtenido grandes éxitos en la yegua (en 1912 consigue 31 concepciones de 39 yeguas inseminadas) busca el modo de aplicar el método a bovinos y ovinos. Con ayuda de sus colaboradores, KUZNETSOVA, MILOVANOV,

SELIVANOVA, etc., pone a punto un modelo de vagina artificial y publica estudios de gran interés sobre la fisiología del esperma.

Se considera que la introducción de la IA fue decisiva en Rusia para reponer y mejorar los efectivos ganaderos diezmos por los acontecimientos bélicos a los que se vio sometida. Salvado el paréntesis de la primera guerra mundial se reemprendieron las aplicaciones en gran escala con tal resultado práctico que en 1936, según KERSIN, se inseminaron 6,5 millones de ovejas y 230.000 vacas. Ya en 1938 las hembras inseminadas artificialmente en Rusia se elevaron a 120.000 yeguas, 1.200.000 vacas y 15.000.000 de ovejas. En Bélgica en 1957, aproximadamente el 25% de las hembras bovinas reproductoras (261.500 cabezas) fueron inseminadas. BONADONNA en 1975 estimaba las hembras inseminadas a nivel mundial en las siguientes cifras: hembras bovinas, de 120 a 130 millones; hembras ovinas, unos 70 millones, y hembras porcinas, en torno a los 10 millones.

La primera aplicación práctica en la Europa occidental se realizó en Italia por el profesor PIROCCHI en 1914 en ganado vacuno, llegando a conservar semen bovino. En el mismo año el profesor AMANTEA idea una vagina artificial para la recolección del semen, instrumento ampliamente difundido y que facilitó la aplicación práctica del método. En 1915, el doctor GALLICCI, un veterinario militar italiano, aplicó la IA en équidos. En general no hubo un gran interés durante los primeros años treinta. Fue a partir de 1935 cuando realmente comenzó la utilización más amplia de la IA sobre bases técnicas y económicas. El doctor SPIZZI creaba en 1936 el primer centro de IA en Italia. En marzo de 1937 se estableció el Instituto Lázaro Spallanzani para la IA en Milano (Italia).

A partir de 1930 se inician en Inglaterra investigaciones sobre la IA por parte de WALTON y HAMMOND, de la Universidad de Cambridge, y en 1942 se funda el primer centro de IA en Inglaterra bajo la dirección de EDWARDS.

SORENSEN establece en Dinamarca la primera cooperativa de IA en 1936 y en el primer año se inseminaron 1.700 vacas con un 59% de fecundaciones a la primera intervención. En 1954 se llegaron a inseminar más del 60% de los efectivos bovinos del país.

Los éxitos de los programas de inseminación artificial llamaron poderosamente la atención sobre las grandes posibilidades de aplicación práctica de este método de reproducción y fue muy grande la dedicación a estos problemas por parte de muchos investigadores en los distintos países.

Como consecuencia del establecimiento de la primera cooperativa para la inseminación artificial en los EE. UU. por PERRY, en New Jersey, en 1938 se puso en evidencia que una de las necesidades más apremiantes era el desarrollo de mejores métodos de conservación del semen. La introducción del diluyente a base de yema de huevo-fosfato por PHILLIPS y LARDY en 1940 y la del diluyente a base de yema de huevo-citrato por SALISBURY, FULLER y WILLET en 1941 fueron factores clave

en la generalización del empleo de la inseminación artificial. Un grupo de investigadores de Cornell y Pennsylvania mejoraron la conservación del semen mediante el empleo de sulfamidas y antibióticos, el desarrollo de diluentes a base de leche y el empleo de isótopos para el estudio de los problemas de metabolismo.

Es interesante destacar el grado de dilución que se puede alcanzar que llega incluso al 1%. Con esta dilución, con un sólo eyaculado de toro de unos 4 a 5 cc, se obtienen de 400 a 500 cc que a la dosis preconizada de 1 cc por aplicación supone poder inseminar hasta 500 vacas.

En 1940, SORENSEN introduce la inseminación con espermia gelatinizado colocado en el interior de pequeños tubos de celofán parafinado (pajas o pajuelas) que se vienen utilizando ampliamente basándose en los ensayos llevados a cabo por MILOVANOV en 1938 con espermia suspendido en gelatina solidificada. A la mezcla de gelatina se incorpora un 10% de huevo fresco. En estas fechas se preconizaba la conservación entre 0 y 5° C, nunca por debajo de 0°.

El verdadero progreso de la IA se produjo sobre todo después de la segunda guerra mundial: todos los países del mundo adoptan el método y lo aplican en mayor o menor escala. En la mayor parte de los países las realizaciones prácticas han marchado paralelas a las investigaciones de campo y de laboratorio, especialmente sobre la fisiología sexual y del espermia, su composición y su conservación, y han sido muy numerosas las aportaciones bibliográficas.

Según MANN (1954) el espermia se sometió a temperaturas de congelación en fechas tan tempranas como 1840, pero no fue hasta 1938 cuando se comprueba que el espermia es capaz de sobrevivir a tal tratamiento. Un número elevado de trabajos, especialmente de POLGE, SMITH y ROWSON, de 1949 a 1952, culminaron con la evidencia de que la adición de glicerina al medio de congelación permitía la retención de la capacidad de fertilización del espermia de toro almacenado a -79° C durante varios meses. Fue el fundamento de la generalización del método.

Posteriormente, LINDE en 1961 y GOFFAUX en 1968 emplean en la congelación los vapores de nitrógeno líquido introduciendo las pajuelas con el espermia a -120° C. CASSOU en 1974 aconseja la inmersión brusca en el nitrógeno líquido a -120° C y posteriormente a -179° C para su conservación.

El empleo de espermia preparado en forma de «pellets» según el método japonés de NAGASE y cols. tuvo una difusión creciente por su mayor comodidad operativa.

Durante los años de 1917 a 1937 se llevaron a cabo varios envíos de semen a distancia. En 1947 se realizó el primer ensayo de transporte de semen bovino de Estados Unidos a Italia obteniendo en torno a un 25% de nacimientos, a pesar de las dificultades propias de un primer ensayo y en fases aún poco avanzadas de la inseminación artificial.

Los resultados aplicativos fueron tan positivos que en 1948 se celebró en Milán (Italia) el I Congreso Internacional sobre Fisiología y Patología de la Reproducción y de la Inseminación Artificial.

En el caso particular de la aplicación en el ganado ovino señalaremos que fue en esta especie durante los años 1901 a 1905 donde realizó sus primeras experiencias IVANOV, difundiéndose su utilización especialmente en los años 1930-1935.

También se ha extendido notablemente la aplicación de la inseminación artificial en la explotación porcina, especialmente a partir de los años 1955-1960. La posibilidad de eliminar el mantenimiento de machos en las explotaciones pequeñas o medianas, el manejo por tandas en las grandes explotaciones que requeriría en determinadas épocas un elevado número de verracos, la práctica del cruzamiento que exige mantener verracos de distintas razas y el alto coste de los verracos de alta calidad genética hace que la IA aparezca como una solución técnica racional en el ganado porcino. Los estudios y ensayos iniciales los había abordado MILOVANOV (1932), seguidos por los de MCKENZIE, MILLER y BAUGUESS (1938), que analizaron detalladamente el semen del verraco. NIWA ideó un modelo original de vagina artificial y contribuyó notablemente a los estudios sobre medios de dilución, conservación y utilización del producto seminal. Con sus colaboradores ITO y KUDO (1947) fueron los primeros en publicar los resultados de la aplicación del método a varios centenares de cerdas. CORONEL (1953) realizó en Filipinas un amplio trabajo experimental. DU MESNIL DU BUISSON y DAUZIER en Francia, POLGE en Inglaterra y AAMDAL en Noruega, hicieron notables aportaciones.

Prestaron también atención a este campo de estudio otros investigadores como MANN (1951) sobre el esperma del verraco, BURGE (1952) acerca de la fisiología de los órganos sexuales de las cerdas y CASIDA y cols. que se interesaron por la endocrinología sexual de las cerdas.

En la inseminación artificial aplicada al ganado porcino subsisten algunas dificultades relacionadas con la morfofisiología del aparato reproductor en uno y otro sexo, pero sobre todo las tecnologías (dilución y conservación del esperma).

En la inseminación artificial porcina está reconocido que se obtienen resultados sensiblemente inferiores en un 8% como promedio en cuanto a fertilidad y prolificidad en comparación con la monta natural.

Últimamente se están utilizando técnicas para la mejora de la calidad del semen, así como para el sexaje del mismo. JOHNSON (1990), del Laboratorio de Reproducción del Beltsville (Maryland, EE. UU.), consigue obtener semen sexado mediante citometría de flujo (separando los espermatozoides portadores de los cromosomas X e Y) basándose en la observación de que en los mamíferos el cromosoma X contiene una mayor cantidad de ADN respecto al cromosoma Y. La diferencia se estima en promedio del 3,6% en el verraco y del 3,8% en el toro. También se emplea para ello el método hidrodinámico. En torno a 1988 se lograron obtener los primeros

terneros de sexo predeterminado mediante técnicas de citometría de flujo. Se están utilizando también aditivos seminales con el objeto de mejorar los resultados de la inseminación.

La utilización de la inseminación artificial en las aves ha sido más limitada. En los últimos años ha habido tendencia a mantener a las gallinas reproductoras para la cría de pollos de carne en baterías y fecundarlas mediante inseminación artificial; parece que se eleva el porcentaje de fecundidad de los huevos en la segunda fase del período de puesta. También permite utilizar gallinas pequeñas para ahorrar costes de mantenimiento y fecundarlas con espermatozoides de gallos de mayor porte. Siempre se dio una mayor importancia a su aplicación en la reproducción de los pavos, especialmente por cuestiones de manejo.

Otros aspectos más actuales son los relativos a las tecnologías de la fertilización *in vitro*, la clonación, la formación de quimeras, la obtención de animales transgénicos y de gemelos idénticos, la conservación de embriones y gametos mediante técnicas de ultracongelación, así como el sexaje de embriones que para muchos autores posiblemente se puedan utilizar como técnicas de rutina en la producción animal.

El trasplante de embriones constituye una tecnología que se viene aplicando ya comercialmente desde los años ochenta. En América del Norte en 1983 se obtuvieron cerca de 63.000 terneros mediante trasplante de embriones. El objetivo es obtener un mayor número de crías de vacas de alta calidad utilizándolas como donantes hasta edad avanzada en comparación con la reproducción natural.

El precursor fue HEAPE, que en 1890 trasplantó óvulos fertilizados a conejas. PINCUS aborda desde 1929 el estudio del cultivo de óvulos fertilizados de coneja fuera del cuerpo (*in vitro*) y su posible trasplante a otras hembras. En 1936 comunicaba que los óvulos fertilizados de coneja se pueden obtener de los oviductos o de los cuernos uterinos y ser transferidos a otra coneja en la misma fase del ciclo estral. Posteriormente, CHANG (1948) obtenía los óvulos fertilizados mediante lavado del cuerno uterino con suero sanguíneo y conseguía almacenarlos durante 4 días a una temperatura de 10° C antes de implantarlos en otra coneja. DOWLING (1949) obtuvo 7,8 gazapos por cada 10 óvulos fértiles trasplantados en conejas. En el mismo año se trasplantaron con éxito óvulos fertilizados en ovejas y cabras. En 1951, WILLET y cols. comunicaron el nacimiento de un ternero mediante el trasplante de óvulos fecundados.

La práctica del trasplante de embriones conlleva inducir la superovulación, la sincronización de las hembras receptoras y, en general, es relativamente bajo el número de embriones obtenidos en cada recolección. Normalmente se realiza por las técnicas convencionales de lavado o barrido uterino por vía no quirúrgica y el implante mediante laparotomía o similar o por vía transcervical. El cultivo y la fecundación de los óvulos *in vitro* y la conservación mediante congelación a -196° C de los embriones de ganado bovino, de conejos y de ratón y luego trasplantados con éxito se consiguió por distintos investigadores en los primeros años de la década de los setenta.

DE ARMAS y cols. (1992) señalan que a pesar de los logros alcanzados en la práctica rutinaria del trasplante de embriones en diferentes especies, los resultados de la superovulación constituyen su principal limitación. El proceso del trasplante de embriones resulta costoso. Contemplan la necesidad de buscar nuevas fuentes de embriones que acarreen menos gastos. Consideran una alternativa atrayente la posibilidad de aprovechar los ovarios de las hembras sacrificadas al final de su vida útil como donantes de ovocitos para la fecundación *in vitro*. Siguiendo este criterios consiguieron disponer de una tecnología *in vitro* capaz de producir embriones en estadios de mórula y blastocito para el trasplante, lo que permite alcanzar niveles de producción de embriones capaces de garantizar la creación de bancos de embriones congelados.

En la actualidad existen firmas que comercializan embriones congelados obtenidos por fertilización *in vitro*.

No obstante, hasta ahora, la fecundación *in vitro* y el trasplante de embriones no son prácticas comúnmente adoptadas por los ganaderos.

Entre nosotros han prestado notable atención y realizado aportaciones a estas tecnologías F. PEREZ y PEREZ y T. PEREZ GARCIA.

La inseminación artificial en España

MOYANO (1907) cita la posibilidad de verificar la fecundación artificial en las hembras mamíferas, pero señala que han sido pocas las aplicaciones zootécnicas.

El primero que practicó en España la fecundación artificial fue el veterinario MONTON, que en los años 1914-1915 realizó inseminaciones en yeguas. Por aquellas fechas publicó un libro titulado «Fecundación natural y artificial de los ganados».

En el año 1933 el veterinario Dionisio SANJUAN practicó la inseminación artificial en Pina de Ebro (Zaragoza) en yeguas y asnas, con gran resultado práctico; en 1936 su laboratorio quedó destruido, no dedicándose más a estas cuestiones.

En 1934-1935, CARBONERO con una beca «Conde de Cartagena» realiza estudios de hematología en la Escuela de Veterinaria de Leipzig y de fecundación artificial en la de Hannover bajo la dirección del profesor GOETZE, que continuó después en España (Instituto de Biología Animal y Estación Pecuaria Central). En 1938 presenta al Congreso Veterinario de Dresde un trabajo sobre «La importancia de la fecundación artificial para la lucha contra las enfermedades infecciosas del ganado». En 1941 inicia experiencias de inseminación en ganado de raza karakul en rebaños explotados en el monte de El Pardo. Trabajando en otras especies consigue algunos híbridos, destacando el obtenido con perdiz y gallina.

En 1940, BALLESTEROS, director de la Estación Pecuaria de León, siguió un curso de fecundación artificial en el Instituto Spallanzani (Italia).

En 1943, la Dirección General de Ganadería organizó en el Instituto de Biología Animal un cursillo sobre fecundación artificial para inspectores provinciales veterinarios y directores de estaciones pecuarias.

Lo que venía siendo una actividad limitada o privada en etapa formativa, toma carta de naturaleza oficial y se estructura a partir del año 1945 en el que se organiza en la Dirección General de Ganadería el Servicio de Inseminación Artificial.

En 1945, por Orden Ministerial de fecha 30 de agosto, se reglamentó por primera vez estas actividades. Seguidamente se organizaron por la citada Dirección General numerosos cursos para la especialización de veterinarios. Se habían creado ya tres Centros en las Estaciones Pecuarias de León, Badajoz y Valdepeñas (Ciudad Real) para aplicación y enseñanza del método y varios Centros rurales donde se aplicaba especialmente a équidos y bovinos.

En Cantabria se comenzó a utilizar con éxito desde el año 1948 en que se instaló en Ribamontán al Mar el primer centro de IA (JOSA PÉREZ).

En 1948, por Decreto de 22 de septiembre, se creó el Instituto de Inseminación Artificial Ganadera, dependiente de la Dirección General de Ganadería, que se encargaría de todo lo concerniente a investigación, aplicación y enseñanza de esta técnica de reproducción. Del mencionado Instituto pasaban a depender todos los Centros de Inseminación Artificial que sustitúan donde era posible a las paradas de sementales y con el carácter de oficiales, protegidos, particulares y privados.

En 1955 funcionaban ya 33 Centros primarios y 408 Centros secundarios y se practicaron 147.913 inseminaciones.

No nos resistimos a reproducir lo que ya en aquellos momentos era una verdadera anticipación en cuanto a las tareas de estudio e investigación del Instituto: «el perfeccionamiento de los procedimientos de obtención del esperma; el hallazgo de nuevos líquidos de dilución y conservación; la solución del transporte del esperma a distancia; la determinación del momento óptimo de la inseminación con el fin de reducir el número de aplicaciones al mínimo; la ovulación provocada; la obtención de partos gemelares; la regulación de la natalidad; la continuación del estudio de la obtención voluntaria del sexo en las crías; la trasplatación de óvulos y la fecundación de los mismos *in vitro*, y tantos otros problemas relacionados con la fisiología de la reproducción. Del mismo modo la resolución de los problemas que la patología de la esfera genital tiene planteados; la organización aplicativa; la selección genética de los reproductores, etc.».

Desde este momento y a partir de la estructuración administrativa se instalan en España numerosos centros de investigación y aplicación. Pero esto es ya historia reciente.

LA ALIMENTACION ANIMAL

La alimentación constituye el factor del medio ambiente más importante para que se exprese la capacidad genética potencial de los animales. Por otro lado, representa en términos generales el capítulo que más influye en el coste de producción (entre el 60 y el 80% del coste total). Influye en mayor o menor grado sobre la calidad de los productos obtenidos y puede vehicular y condicionar aspectos sanitarios en los animales consumidores o dar lugar a residuos en los alimentos utilizados por el hombre. Por estas razones fue una de las líneas de trabajo prioritarias al comenzar la aplicación de los principios científicos a la producción animal.

BAUDEMONT, fundador de la primera Escuela de Veterinaria (Lyon, 1762), estableció ya que la «alimentación del ganado era el problema más importante y más difícil de resolver en zootecnia». Su estudio sistemático, racional, no se inicia hasta la segunda mitad del siglo XVIII.

Los conocimientos sobre la alimentación no comienzan a alcanzar carácter científico hasta 1780 cuando el químico francés LAVOISIER (1743-1794) afirma que «la vida es una función química» y demostró la similitud entre la respiración animal y la combustión. En colaboración con LAPLACE (1749-1827) construye el primer calorímetro y consigue medir la cantidad de CO₂ producida por un animal en un tiempo dado.

SPALLANZANI (1729-1799) establece las premisas para el estudio de la digestión, comprueba la acción disolvente del jugo gástrico y demostró la acción antiséptica y antipútrida del mismo e inicia con técnicas simples y geniales el estudio de la digestión artificial.

Hacia el año 1800 el conocimiento de la anatomía macroscópica del tracto digestivo de los animales superiores era considerable.

El comienzo de los estudios científicos de los alimentos del ganado podemos atribuirselo a THAER, que había creado a principios del siglo XIX el Instituto Agrario de Möglin (Alemania). En 1808 junto con EINHOFF trató de establecer el valor nutritivo de los forrajes basándose en determinados análisis químicos y elaboraron una tabla de equivalentes en la que los diferentes alimentos del ganado se valoraban sobre una base común, tomando como unidad el «equivalente heno»¹.

¹ Cantidad en kilogramos de un alimento cuyo valor alimenticio era igual a 45,36 kg de un buen heno de prado.

En 1816, MAGENDIE afronta experimentalmente el problema del valor alimenticio de las sustancias nitrogenadas que considera indispensables para la vida y de las que los animales obtienen el nitrógeno para sus tejidos. MULDER denominó proteínas a los compuestos nitrogenados y los consideró como las sustancias orgánicas más importantes.

En 1836 se funda en Pechelbronn (Alsacia) un laboratorio de investigaciones científicas aplicadas a la agricultura al frente del cual figura BOUSSINGAULT (1802-1887). Basándose en los trabajos de MAGENDIE, MACAIRE y MARCET sobre el papel de las sustancias nitrogenadas en la nutrición de los animales, aborda el estudio del valor nutritivo de los alimentos del ganado determinando su contenido en nitrógeno y establece los primeros balances materiales del organismo mediante el análisis químico de los alimentos y de las excretas. Publica una tabla de «equivalentes heno» basada en el contenido en nitrógeno de los alimentos.

KUERS publicó en 1838 una dietética del caballo, del ganado vacuno y del ovino, y en 1840 fundó una Revista para recoger los estudios sobre alimentación y explotación animal.

Hacia 1837 LAWES iniciaba en su granja experimental de Rothamsted (Inglaterra) algunas experiencias sobre el valor alimenticio de los forrajes y sobre la composición química del cuerpo animal a distintas edades. Posteriormente se incorporó como colaborador GILBERT, discípulo de LIEBIG. A ambos se debe el concepto inicial de «relación nutritiva» o relación entre las sustancias nitrogenadas y no nitrogenadas.

LIEBIG en 1839 siguiendo la misma línea de trabajo de GAY-LUSSAC publicó su tratado de «Química aplicada a la agricultura y a la fisiología» sentando las bases de la fisiología de la nutrición. Estableció en 1842 la distinción entre alimentos plásticos (las sustancias nitrogenadas) y alimentos respiratorios (las grasas y los hidratos de carbono) y la relación entre los componentes de los alimentos y del organismo.

En 1850, MITSCHERLICH sugiere por primera vez la acción fermentativa de los microorganismos como una causa de la desaparición de la celulosa en el tracto digestivo, que confirman posteriormente HAUBNER y TAPPENHEIMER.

En 1851, GROUVEN estableció un sistema de valoración de los alimentos basado en la riqueza en principios nutritivos brutos (proteína, grasa, hidratos de carbono) obtenida por el análisis químico.

HENNEBERG fundó en 1857 la Estación Agrícola Experimental de Weende (Alemania) y junto con STOHMANN abordan el problema de la digestibilidad de los distintos principios nutritivos en diversos forrajes con técnicas muy perfeccionadas estableciendo métodos de análisis que aún perduran hoy.

WOLFF y cols en 1852 en la Estación Experimental de Möckern y posteriormente en el Real Colegio de Agricultura de Hohenheim (Alemania), tomando en consideración la fibra y las sustancias nitrogenadas, así como las sustancias solubles

intenta mejorar los estándares de THAER, que paralizó ante la publicación de los trabajos de HENNEBERG. En 1874 constituyó un considerable avance su idea de expresar las necesidades nutritivas de las vacas lecheras en términos de principios nutritivos digestibles.

Por entonces irrumpe en el campo de la fisiología el concepto de la energética alimentaria. MAYER (1814-1878), que había contribuido a formular la ley de la conservación de la energía en 1843, llamaba la atención poco después sobre la importancia que este principio debía tener en el estudio de la alimentación animal.

REGNAULT y REISET en 1849 realizan estudios sobre el recambio respiratorio, llegándose al concepto de «cociente respiratorio», relación entre el volumen de anhídrido carbónico producido y el del oxígeno consumido por el organismo.

No obstante, el estudio sistemático de la energética animal se inicia en realidad con BERTHELOT (1827-1907) en torno a 1864, que establece con notable precisión el valor calorimétrico de los distintos principios nutritivos.

La investigación energética se continuó desarrollando sin interrupción ligada a los nombres de PETTENKOFER, VOIT (discípulo de Liebig), que puso los cimientos de la fisiología de la alimentación, RUBNER (discípulo de Voit), que estableció la teoría energética del metabolismo; ZUNTZ, ATWATER, MEISSL, etc., que confirmaron el gran valor de los estudios sobre el balance energético.

En 1872, FJORD, jefe del Laboratorio de Investigaciones Agrarias de Copenhague, inició el sistema de valoración de los alimentos adoptando como unidad tipo la «unidad alimenticia»².

KUHN en 1887 propone en su tratado de alimentación que es necesario distinguir entre ración de mantenimiento y de producción y la importancia de tomar en cuenta la materia seca total de la ración, así como la distinción entre albuminoides digestibles y compuestos de aminas al estimar las necesidades proteicas. Lleva a cabo en la Estación de Möckern una serie de experiencias usando el calorímetro de respiración como un instrumento de precisión, que fueron brillantemente concluidas por KELLNER. Estos estudios mostraron claramente que los nutrientes digestibles de un alimento no representan su verdadero valor nutritivo.

En 1897, LEHMANN publica unas normas de alimentación partiendo de los conceptos de Kuhn, que tuvieron gran aceptación.

HAECKER en 1903 propone unas normas basadas en los nutrientes digestibles, diversificando las recomendaciones en función de la calidad de la leche, especialmente en cuanto al contenido graso.

En 1905, KELLNER, colaborador de Wolf y sucesor de Kuhn en la dirección de la Estación Experimental de Möckern en 1893, introduce su sistema de «equivalen-

² Equivale al valor alimenticio en producción de leche del kilogramo de cebada.

te en almidón», el cual se basa en el valor comparativo que tienen los distintos principios nutritivos para la formación de grasa en ganado bovino adulto frente a un kilogramo de almidón³.

HANSSON continuando los trabajos de FJORD constituye un importante hito en la historia de la alimentación animal. Los resultados más importantes de sus investigaciones fueron publicados en 1899-1907. En su obra principal, el «Manual de la ciencia de la alimentación», editado en los años 1913-1916 y reeditado muy mejorado en 1929⁴, expone de un modo científico su teoría de las unidades alimenticias.

Modifica el sistema de Kellner de calcular el valor de energía neta sobre la base de la composición química y la digestibilidad, para llegar al establecimiento de la «unidad nutritiva para la producción de leche» o «valor leche». La denominada «unidad forrajera» o alimenticia realmente equivale a 0,75 del valor leche porque al utilizarse los alimentos para otras producciones no se aprovecha de modo tan completo la fracción nitrogenada⁵.

MOLLGAARD, director del Laboratorio de Fisiología Animal de Copenhague, llevó a cabo a partir de 1920 una serie de estudios sobre el metabolismo material y energético de la vaca en lactación, el primer intento sistemático para valorar el empleo que hacen los animales especializados en la producción lechera de la energía contenida en los alimentos. Introduce el concepto de «calorías netas para el cebo del ganado vacuno» (NCF) como una medida de la energía neta. Posteriormente introduce la unidad alimenticia para el cebo. Publica en 1929 y 1931 dos importantes tratados sobre el racionamiento de la vaca lechera y sobre las bases de la fisiología de la alimentación en los animales domésticos.

ARMSBY (1853-1921) de la Estación Experimental Agrícola de Pennsylvania, llegó a establecer para cada alimento la «energía metabolizable⁶ y la energía neta»⁷. Publicó en 1917 el tratado «The Nutrition of Farm Animals». Elaboró unas normas de alimentación expresando el valor de los alimentos en términos de energía neta, utilizando como unidad el «therm»⁸. FORBES y KRISS modifican este sistema en el sentido de expresar las necesidades en términos de energía metabolizable y nutrientes digestibles totales.

³ Adoptó como unidad de medida de la energía neta el equivalente calórico (2.360 kcal) de la cantidad de grasa (248 g) que produce un kilogramo de almidón (unidad almidón) cuando se administra a bovinos adultos en cebo sobre las necesidades de mantenimiento.

⁴ De esta edición se efectuó la traducción española.

⁵ La unidad del sistema (UF) equivale al valor energético del kilogramo de cebada.

⁶ Diferencia entre la energía contenida en un alimento y la excretada en el mismo período de tiempo durante el que se le haya suministrado.

⁷ Diferencia entre la energía metabolizable y la consumida por el trabajo de la digestión y la asimilación del alimento.

⁸ La unidad de medida adoptada con la denominación de «therm» corresponde a 1.000 calorías.

FRAPS llegó a una concepción muy interesante al utilizar lo que denomina «valor de energía productiva», sobre el que basa su método de valoración de los alimentos, y publicó unas normas de alimentación para el ganado vacuno y las aves que fueron ampliamente utilizadas.

El sistema TDN establece como medida del valor energético de los alimentos el contenido en nutrientes digestibles totales. Es el más ampliamente utilizado en Estados Unidos y Canadá. MORRISON propuso el sistema ENE basado en los valores de la energía neta estimada.

MANGOLD, director del Instituto de Fisiología Animal de la Universidad de Berlín, realizó estudios muy interesantes sobre los infusorios en los reservorios gástricos de los rumiantes. De 1929 a 1932 publicó un extenso tratado sobre alimentación animal.

Gradualmente se fueron estudiando los aspectos cualitativos de la alimentación, comprobándose y valorándose la enorme importancia de las sustancias minerales.

Tan temprano como en 1842, CHOSSAT estudió los efectos sobre los animales de las raciones con bajo contenido mineral. También BOUSSINGAULT en 1856 observó los efectos de las raciones con bajo contenido mineral sobre el crecimiento del esqueleto en el cerdo. Éstas y otras numerosísimas investigaciones sucesivas HENRY (1890), WELCH (1917), FRAPS (1918), THEILER (1920), etc., han demostrado la necesidad de incorporar minerales a la dieta. En la actualidad son 13 los que se consideran como esenciales.

Análogamente se sometió a profunda revisión las recomendaciones sobre las necesidades proteicas, llegándose a establecer el concepto de los aminoácidos indispensables no sintetizados por el organismo y cuyo aporte era necesario. Se llegó así a la ley enunciada por OSBORNE y MENDEL en 1915⁹. Los avances modernos sobre los aminoácidos en nutrición comenzaron en 1930 con los estudios clásicos de las necesidades de aminoácidos en las ratas llevados a cabo por ROSE y cols. Se reconoce desde 1890 la posibilidad de utilizar urea u otros compuestos nitrogenados no proteicos en la alimentación de rumiantes.

En 1881, LUNIN de sus trabajos en ratones con dietas purificadas llegó a la conclusión de que los animales necesitan algunas sustancias desconocidas distintas de los principios inmediatos y de los minerales. EIJKMAN en 1897 observó una enfermedad endémica característica de algunas regiones del Extremo Oriente denominada beri-beri que sólo se manifestaba en los individuos que consumían arroz blanco y no en los que consumían arroz integral. Estudiando la polineuritis experimental en las aves provocada por la alimentación con arroz blanco inauguraba el gran

⁹ La cantidad necesaria y suficiente de una proteína que entre en la ración estará determinada por el contenido de aquellos aminoácidos indispensables que se encuentren en la citada proteína en la menor cantidad.

capítulo de las vitaminas. FUNK en 1911 aislaba del salvado del arroz un principio antineurítico muy eficaz.

HOPKINS (1906) confirmó la necesidad de «factores alimenticios accesorios». Las cuidadosas investigaciones del mismo autor en 1912 pueden considerarse como el verdadero punto de partida del conocimiento científico de las vitaminas; la producción experimental de enfermedades que fueron denominadas «por carencia» o carenciales por GRINJS y EIJKMAN: las observaciones también en 1912 de los noruegos HOLST y FROELICH, que produjeron por primera vez escorbuto experimental en cobayas, cristalizan en la hipótesis de FUNK, que considera que esta clase de enfermedades como el escorbuto, la pelagra, el beri-beri y posiblemente el raquitismo se deben a la ausencia en la dieta de determinadas sustancias indispensables para las que propuso el nombre de «vitaminas».

Sucesivamente se van descubriendo las distintas vitaminas, su estructura química, su acción fisiológica, el papel fundamental que juegan en muchas funciones orgánicas, las alteraciones a que da lugar su ausencia en las dietas, la determinación de las necesidades mínimas y óptimas en las distintas situaciones fisiológicas, las formas adecuadas de incorporación e incluso la obtención sintética de las mismas han llenado toda una etapa en la historia de la alimentación, tanto humana como animal. Esta etapa cierra el ciclo de las principales aportaciones, en torno al año 1948 en el que se aísla por RICKES y cols. la vitamina B₁₂ en EE. UU. y por SMITH en Inglaterra. Posteriormente se sintetizó por procedimientos microbiológicos.

La preocupación por la adecuada integración vitamínica de las raciones fue una constante en la alimentación animal a medida que progresaban los estudios sobre las necesidades nutritivas de las distintas especies, fases fisiológicas y de producción, elevación de los rendimientos, sustitución de la alimentación en pastoreo o con el empleo de alimentos sin transformar por raciones elaboradas y la difusión del empleo de piensos compuestos.

La tendencia hacia raciones de alto contenido energético y puesto que la grasa es una importante fuente de energía llevó, entre otras razones de carácter económico, a la incorporación a los piensos de grasas de origen animal estabilizadas, a partir del año 1953. Su integración permitió aumentar la eficacia de los piensos contribuyendo a obtener mayores ritmos de crecimiento y una mayor productividad al mejorar el índice de conversión. Otras ventajas esenciales son el aumento de la palatabilidad, el control del polvo, se facilita el granulado y se disminuyen los desgastes por fricción de la maquinaria.

Las grasas utilizadas son normalmente subproductos de mataderos y de la industria cárnica; por lo general son sebos fundidos que se incorporan al pienso en dosis bajas, en torno al 2%.

Hasta aquí podemos considerar que estamos dentro del concepto de métodos de alimentación natural. A partir de este momento diversas causas, como el incremento de la demanda y los imperativos económicos de rentabilidad de las explotaciones,

llevan de la mano al empleo de otros factores, no considerados como nutrientes en el sentido estricto del término, pero que van a incidir en el mejor aprovechamiento de los piensos, en el aumento de la velocidad de crecimiento, en el acortamiento de los ciclos de producción, etc.

Y entramos así en la era que podemos denominar de los aditivos, antibióticos o en general de los promotores del crecimiento.

Los promotores del crecimiento son sustancias que no son nutrientes en su verdadera significación, pero que cuando se administran regularmente en pequeñas cantidades en el pienso ejercen una acción que se manifiesta en un aumento del ritmo de crecimiento y/o en la mejora de la eficacia de conversión de los piensos, siempre que se suministren dietas nutricionalmente adecuadas.

Los aditivos antimicrobianos para alimentación animal pueden ser beneficiosos para la salud, pero no son administrados con la finalidad de tratar enfermedades, sino con el objetivo de mejorar la producción animal.

Las investigaciones de MOORE y cols. (1946) inician el uso de los antibióticos (estreptotricina y estreptomycinina) en el campo de la alimentación animal. La experimentación no fue debidamente valorada hasta 1949 cuando STOKSTAD, JUKES y cols. demuestran claramente el efecto de los antibióticos como activadores del crecimiento. Observaron el efecto promotor del crecimiento en los pollitos cuando se incorporaban a su dieta preparaciones sin purificar de cultivos de *Streptomyces aureofaciens*. Sucesivamente otros investigadores confirmaron estas observaciones y también que otras especies, como los pavos y los cerdos, mostraban una marcada respuesta de su crecimiento cuando se incorporaban a sus dietas materiales de fermentación. Se comprobó que estos efectos se debían a la presencia de pequeñas cantidades de clorotetraciclina u otros antibióticos en los citados materiales. Las cantidades eran tan pequeñas (de 5 a 10 partes por millón de la dieta) que era posible económicamente incorporarles a los piensos comerciales de los animales.

Los más frecuentemente usados con este fin fueron inicialmente la penicilina, cloro y oxitetraciclina, y en menor escala, la bacitracina, eritromicina, oleandomicina, espiramicina, estreptomycinina y tilosina. A partir de 1950 los suplementos alimenticios conteniendo uno o varios de estos antibióticos se elaboraron comercialmente y se utilizaron ampliamente en la avicultura y la explotación porcina.

Los principales efectos de la incorporación de antibióticos al pienso son la acción favorable sobre el crecimiento, con una mejora media del 10 al 15%; una mayor eficacia de aprovechamiento del pienso en torno al 5 ó 10% y la favorable influencia sobre infecciones subclínicas. Estos efectos se comprueban especialmente en los animales monogástricos, durante la primera parte del período de crecimiento, bajo condiciones sanitarias deficientes y cuando se alimenta con raciones insuficientemente equilibradas. Para cerdos y pollitos se han venido utilizando dosis de 5 a 10 g por tonelada de pienso.

También se utilizan los antibióticos a través de la alimentación en la modalidad de nivel medio, con dosis aproximadas superiores a los 50 g por tonelada de pienso, con lo cual se consigue controlar y prevenir una serie de enfermedades del ganado, entre ellas las enteritis no específicas, la enfermedad crónica respiratoria en las gallinas, la cresta azul, sinusitis y hexamitiasis en las aves. En la prevención de la enfermedad del transporte o fiebre del embarque (pasterelosis) en el ganado vacuno.

En los rumiantes hay que tener en cuenta la acción negativa que pueden ejercer sobre la flora microbiana del rumen. Su empleo está más indicado en el ganado joven, en el que la flora microbiana no se ha instaurado plenamente.

No se comprueba efecto alguno sobre la calidad de los productos obtenidos (carne, huevos, etc.). Tampoco efectos adversos directos, incluso a dosis muy superiores a las que se incorporan como aditivos. Tampoco el acúmulo en los tejidos que, por otra parte, destruye completamente el cocinado.

Sin embargo, las precauciones fueron constantes desde el comienzo de su empleo. El informe del Comité SWANN en noviembre de 1969 declaraba que la administración de antibióticos al ganado presenta ciertos peligros para la salud humana y animal, ya que pueden conducir a la emergencia de cepas de bacterias resistentes a los antibióticos y hace una serie de recomendaciones para evitarlo. Anteriormente algunos países (Irlanda, 1956) señalaban ya que los piensos conteniendo penicilina, clortetraciclina u oxitetraciclina deben utilizarse únicamente bajo prescripción veterinaria. A partir de 1971 se establecieron controles similares para la tilosina, las sulfamidas y cuatro nitrofuranos (nitrofurazona, furazolidona, nitrofurantoína y furaltadone). No obstante, se podrían utilizar sin prescripción la zinc-bacitracina, la sulfaquinoxalina y el sulfanitrán como coccidiostáticos.

El grupo de trabajo de la FDA recomendó prohibirlos como promotores del crecimiento, así como cualquier uso subterapéutico en los animales a partir de 1973, limitando su uso sólo para tratamientos médicos y bajo prescripción veterinaria.

En 1989, la Directiva 70/524 de la ECC promovió la realización de un estudio sobre el impacto de los promotores del crecimiento incorporados al pienso sobre la producción animal, concretándose el estudio a los siguientes: avilamicina, avoparcina, bambermicina, cobre, monensina, salomicina, spiramicina, tilosina, virginiamicina y zinc bacitracina. Sin embargo, el estudio se extendió también a la BST (somatotropina bovina), PST (somatotropina porcina) y a los B-agonistas (clembuterol), actualmente prohibido.

Recientemente el Parlamento Europeo en mayo de 1998 ordenó a la Comisión Europea la necesidad de revisar el empleo de los antibióticos y sustancias similares en los piensos al objeto de determinar si pueden presentar algún riesgo para la salud.

El hecho real de la aparición de estirpes resistentes a uno o más antibióticos, como ejemplo la *Salmonella typhimurium* DT104 aislada en el hombre, ha llevado a exigir un mayor control de su empleo, hasta el punto que se indica «que los medicamentos en general se deben utilizar sólo para tratar animales enfermos e incluso

nunca en el último mes antes del sacrificio». Prácticamente desde el comienzo de la aplicación de promotores a través de la alimentación o mediante implantes se viene exigiendo preventivamente, para evitar residuos en los alimentos, los plazos mínimos de retirada antes del sacrificio o aprovechamiento de los productos.

Ultimamente a partir del 1 de julio de 1999 se prohibieron cuatro antibióticos, bacitracina de cinc, spiramicina, virginiamicina y fosfato de tilosina, y a partir del 1 de octubre del mismo año la de los promotores del crecimiento olaquinox y carbadox.

Continúan estando autorizados: flavofosfolipol (flavomicina, para cerdos, aves y ganado vacuno), monensina sódica (para ganado vacuno), salinomicina sódica (para ganado porcino) y avilamicina (para ganado porcino y broilers).

Además de los efectos señalados, los promotores pueden dar lugar a la reducción, por lo menos en un 1%, del contenido necesario de proteína en las raciones del ganado porcino, contribuyendo a reducir el impacto negativo sobre el ambiente.

También se debe considerar el efecto beneficioso de los promotores y de la BST sobre la producción de metano. CRUTZEN y cols. (1986) identifican al ganado vacuno como la segunda mayor fuente antropogénica de metano. El metano se forma como consecuencia de la producción de ácidos grasos volátiles (acético y butírico). LENG (1992) estima que el empleo de la BST puede reducir las emisiones de metano por galón de leche en un 60%.

Con el crecimiento de la población previsto, el uso eficiente de los recursos del planeta debe ser un claro objetivo. Se debe minimizar la polución ambiental asociada a la producción animal, sobre todo por parte del ganado porcino y de las aves.

Dos estrategias para conseguir este fin pueden ser:

1. Disminuir el contenido en proteína de los piensos.
2. Empleo de los promotores del crecimiento.

Por parte especialmente de la industria de la alimentación animal se considera que la retirada repercutirá en una menor productividad animal y la necesidad de emplear mayor cantidad de materias primas al disminuir la eficacia de transformación de los piensos. Repercutirá también desfavorablemente en los costes de producción. Llevará consigo el aumento de la producción de deyecciones dando lugar a una mayor presión de contaminación del medio ambiente.

Se han utilizado también otros aditivos en los piensos como los antitiroideos, tranquilizantes, arsenicales, cobre, etc., dejando a un lado la incorporación de medicamentos (piensos medicados) para la prevención de enfermedades o con fines terapéuticos.

Probióticos y enzimas

El término **probiótico** se utilizó por primera vez en 1965 (LILLEY y STILLWELL) para describir sustancias que, segregadas por un microorganismo, son sus-

ceptibles de estimular el crecimiento de otro microorganismo. En alimentación animal lo utiliza por primera vez PARKER (1974), que lo define como «las preparaciones microbianas vivas utilizadas como aditivos alimentarios que tienen una acción benéfica sobre el animal mejorando el equilibrio de la flora intestinal», que coincide con la posteriormente propuesta por FULLER (1989).

En la legislación europea se registran en el capítulo de microorganismos.

Según JOUGLAR, de la Escuela Nacional Veterinaria de Toulouse, «actúan como biorreguladores a nivel del tracto digestivo según mecanismos difíciles aún de comprender y que son diferentes según los tipos de probióticos». La mayoría de los probióticos microbianos actualmente comercializados están compuestos por levaduras (*Sacharomyces cerevisiae*) y especies microbianas huéspedes habituales del tubo digestivo (*Lactobacillus acidophilus*, *L. casei*, *L. helveticus*, *L. lactis*, *L. salivarius*, *L. plantarum*, enterococos, *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*; bacilos: *B. subtilis* y *cereus*). Las preparaciones a base de bacterias lácticas parecen ser potencialmente las más interesantes dado que tales bacterias representan una parte importante de la microflora digestiva del animal sano. La estimulación del sistema inmunitario por la ingestión de bacterias lácticas ha sido confirmada por distintos autores.

La acción más manifiesta la realizan sobre las poblaciones de lactobacilos y de colibacilos. Sus efectos no se producen por la inhibición inmediata de las cepas de bacterias patógenas como se supone hacen los antibióticos promotores del crecimiento, sino al contrario conducen a un mejor equilibrio entre las diferentes poblaciones de microorganismos presentes en el medio. El efecto del probiótico se manifiesta de manera más evidente en los animales jóvenes en los que la flora no está aún instaurada o que se ha alterado por el estrés de la cría industrial.

Los beneficios potenciales de los probióticos microbianos parecen ser mayores en los rumiantes que en otras especies de interés zootécnico. Su efecto en las aves es más aleatorio.

Los resultados obtenidos demuestran efectos análogos a los de los antibióticos promotores de crecimiento en cuanto a los rendimientos zootécnicos.

La adición de **enzimas** a la alimentación animal se fundamenta en consideraciones de naturaleza económica, de salud animal y de defensa del medio ambiente. El objetivo práctico es el de aumentar el valor nutritivo de ingredientes alimenticios que tienen bajos coeficientes de utilización digestiva. En los granos de cereales y semillas de leguminosas y oleaginosas el fósforo está presente bajo forma de fitato. Los fitatos se consideran como factores antinutricionales por su capacidad de ligazón con varios minerales esenciales, reduciendo su biodisponibilidad. La fitasa es un enzima capaz de hidrolizar los fitatos. Dependiendo de los ingredientes de la ración puede ser conveniente incorporar fitasas a las dietas de los monogástricos en los que

la actividad fitásica de su aparato digestivo es muy débil. Las primeras tentativas de utilización de preparaciones de fitasa las realizó NELSON y cols. (1968). La mayoría de las fitasas que se utilizan en la actualidad proceden de cultivos de estirpes seleccionadas de *Aspergillus ficuum* o *A. niger*. Se han obtenido ya e incorporado a la alimentación de pollos de carne semillas transgénicas con mayor contenido en fitasa. También se emplean enzimas específicas para neutralizar la acción negativa de los α -galactósidos ampliamente presentes en las leguminosas y que se consideran como factores antinutricionales.

Análogamente se utilizan enzimas procedentes de estirpes de *Trichoderma* para disminuir significativamente los efectos perjudiciales de los polisacáridos no amiláceos en las especies de monogástricos. Su inclusión parece que estimula también la producción de ácidos grasos volátiles.

Se trabaja también para la obtención de proteasas específicas para contrarrestar la acción negativa de las lectinas presentes en los granos de leguminosas.

La industria de piensos

A medida que los condicionantes de la demanda y las economías de escala exigían mayores producciones, el capítulo de la alimentación adquiría mayor importancia puesto que las exigencias nutritivas eran mayores y los desajustes dietéticos podían influir de forma clara sobre los niveles de producción. Por otro lado, las adquisiciones científicas sobre nutrición eran cada vez mayores y más rápidas, lo que exigía una notable especialización. Al mismo tiempo al incrementarse el tamaño de las granjas y mecanizarse o automatizarse muchas de sus operaciones las exigencias de grandes volúmenes de piensos eran una lógica consecuencia. Todo ello llevó a la creación de la industria de piensos como servicio imprescindible en el proceso de producción de alimentos de origen animal. Hoy la industria proporciona una amplia gama de piensos destinados a las distintas especies, edades y fases de producción cumpliendo con un número elevado de requisitos en cuanto al ajuste de las dietas, incorporación de factores nutritivos, estimuladores del crecimiento, medicamentos preventivos, etc. Al mismo tiempo ha permitido utilizar un número elevado de ingredientes, subproductos, etc., que se han incorporado a las raciones del ganado permitiendo notables economías de producción y en ocasiones mejorando las cualidades de los piensos (melazas, etc.).

Entre nosotros la evolución de la industria fue paralela, como no podía ser de otra manera, al incremento de las necesidades de piensos y de las producciones animales. Podemos muy bien admitir que fue causa y efecto.

Se inició la elaboración industrial de piensos compuestos por los años de 1925-1930.

En el año 1942 se reglamenta por primera vez la fabricación de piensos y comienzan a surgir fábricas con el verdadero carácter de industrias independientes. Se dispone el registro de fabricantes, figurando en 1947 203 fábricas.

En 1952 se reglamentan las industrias pecuarias, entre las cuales se encuentran las de elaboración de piensos, decretándose la libertad de precio, circulación y venta de los piensos, y es a partir de este momento, coincidiendo con una nueva orientación general de la economía y una creciente inquietud en el campo ganadero por elevar la productividad, cuando se comienza a incrementar notablemente esta industria, que llegó a alcanzar en 1981 los 600 establecimientos activos.

La adopción de los adelantos técnicos existentes en otros países, la elevación de la demanda, la aplicación de los conocimientos científicos de forma rápida hizo que la industria evolucionase en forma espectacular y contribuyese en medida muy importante a la elevación de los rendimientos ganaderos y a la evolución de las estructuras productivas. Ejemplo de ello es la evolución histórica de la producción de piensos, que ha pasado de las 40.000 Tm en 1952 a más de 15 millones de Tm en 1995. En la tabla 1 se recogen los datos correspondientes a la evolución histórica de la producción de piensos compuestos en España.

Tabla 1
EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA PRODUCCIÓN DE PIENSOS COMPUESTOS EN ESPAÑA

Años	Tm
1955	130.000
1960	650.000
1965	1.860.000
1970	3.420.000
1975	5.390.000
1980	11.232.000
1985	11.425.593
1990	14.591.152
1995	15.257.000

En la tabla 2 recogemos, en porcentaje, cómo ha evolucionado la fabricación de piensos destinados a cada una de las especies. Se observa que las especies más intensivas, cuya explotación está poco ligada a la tierra, fueron las que comenzaron a consumir piensos compuestos en mayor proporción y la siguen manteniendo. Se observa también cómo han ido evolucionando los porcentajes en función de la intensificación de las explotaciones.

Tabla 2
EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PIENSOS COMPUESTOS
POR ESPECIES (EN % DEL TOTAL)

Especies	1960	1974	1980	1983	1990	1993	1995
Aves	65	42	35	33	30	29,5	26,5
Porcino	16	37	40	35	39	40	39,5
Bovino	13	14	16	24	22	20,5	24
Otras	6	7	9	8	9	10,5	10

Entre nosotros la iniciación y desarrollo de la alimentación científica de los animales fue muy temprana y una preocupación constante en los tratadistas zootécnicos de las primeras épocas.

En textos de finales del siglo XVIII (RUS, 1786, y RUS F., 1780) se dedica alguna atención, muy tímida, a la alimentación del caballo en el ejército, más bien como normas de higiene de la alimentación.

ECHEGARAY (1857) habla de principios inmediatos nutritivos (plásticos) y los calóricos. Aporta ya datos analíticos básicos, tomados de BOUSSINGAULT y PAYER, de una amplia gama de alimentos.

CUBILLO (1868) bajo el concepto de higiene hace una amplia aportación a las normas de alimentación del caballo en cuanto a clases de alimentos y cómo administrarlos, pero sin ninguna alusión a conocimientos de nutrición.

CASAS (1872) da un tratamiento totalmente empírico a la alimentación aviar.

En 1907, BERBIELA y ARAN dedican en su «Zootecnia general» un amplio espacio a lo que denominan «bromatología zootécnica» con conceptos básicos muy similares a los actuales en términos de energía, aplicando los principales de RUBNER, BHERTELOT, etc. Se utiliza el concepto de cociente respiratorio y la teoría de los pesos isodinámicos e isoglucósidos.

MOYANO (1907) publica la composición en materias digestibles de los alimentos para el ganado analizados en la Granja Experimental de Zaragoza.

MONTON (1911) recoge conceptos claros de nutrición, cita la relación adipoproteica y maneja los conceptos de KELLNER. La anatomía y fisiología digestivas proporcionaban ya una base más segura.

MARTÍNEZ BASELGA en su «Fisiología integral, con aplicación al criterio médico» hace aportaciones muy interesantes. Eran ya muy claros los conceptos de digestibilidad, de la composición química de los alimentos, de relación nutritiva, etc.

ARAGO-MOYANO (1927) ya denotan un avance muy notable en los estudios de alimentación animal; aparece el concepto de vitaminas; proporcionan tablas muy

amplias de composición y digestibilidad de los alimentos y normas precisas para el cálculo de raciones.

Un hecho de gran significación científica y que inició y proyectó los estudios de la alimentación animal en España fue la creación por la Dirección General de Ganadería del Instituto de Biología Animal en 1931. Se estructuró en tres grandes secciones: de Fisiozootecnia, de Patología Animal y de Contrastación. A la primera correspondía investigar en ramas científicas tan interesantes como la Citología y Genética, la Bioquímica y la Bioenergética, la Nutrición y la Endocrinología, certeramente consideradas como bases fundamentales del progreso zootécnico. Se esperaba que de su trabajo surgiesen fórmulas prácticas de alimentación y orientaciones genéticas de aplicación inmediata que, llevadas al campo, sirviesen de eficaz provecho al ganadero en la mejora de su explotación. En efecto, se inician los análisis químicos de los alimentos que constituyó una línea preferente de trabajo del Instituto. Salvado el paréntesis de la guerra civil aparece en 1941 publicada por el Instituto la primera «Tabla de composición y valor nutritivo de 100 alimentos españoles para el ganado», con una segunda edición ampliada a 113 alimentos en 1942 y a 144 alimentos en 1945, que junto con la publicación en 1934 de la versión española del tratado de alimentación de HANSSON contribuyó a la iniciación de una verdadera escuela de alimentación animal española, sucediéndose la aparición de numerosísimos trabajos.

Las aportaciones posteriores han sido ya muy numerosas, así como las reuniones científicas (Congresos, etc.) y los movimientos asociativos o creación de revistas especializadas* que por su actualidad no consideramos oportuno analizar en este momento. Únicamente queremos destacar aquí, por la influencia formativa y de investigación que supuso, la creación en 1966 del Instituto de Alimentación y Productividad Animal, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, gracias al impulso del profesor González y González.

* En 1960 se funda la revista *Avances en Alimentación Animal*, que continúa publicándose bajo el título de *Avances en Alimentación y Mejora Animal*.

En 1963 apareció la revista *Nutrición Animal*, que cesó de publicarse en 1977.

LA AVICULTURA

La avicultura constituye uno de los sectores de la producción animal que mejor refleja cómo han evolucionado los sectores ganaderos y las aplicaciones científicas y tecnológicas a la producción de alimentos.

La explotación de las distintas especies y razas de aves permite obtener fundamentalmente dos productos alimenticios que han alcanzado gradualmente mayor importancia: los huevos, como producción específica, y la carne.

Ha constituido siempre una fuente de abastecimiento de alimentos de origen animal y de riqueza muy importante. Por otro lado, ha sido susceptible de instalar y mantener en muchas regiones por la relativa facilidad de instalación. La base de la producción es la gallina. La de otras familias y especies ha tenido siempre una utilización bastante más limitada.

Desde el punto de vista sociológico la aportación del huevo y de la carne de ave a la alimentación humana ha tenido una importancia trascendente por sus grandes posibilidades de producción y su economía productiva que permite el acceso a estos alimentos de primer orden a amplios sectores de la población de menor capacidad adquisitiva.

El **huevo** constituye un producto genuino aportado por las aves, mayoritariamente por la gallina, a la alimentación humana. Ha sido siempre un alimento esencial por sus cualidades nutritivas, especialmente en los núcleos rurales, aun cuando su consumo era relativamente bajo.

En esencia constituye la unidad reproductora específica capaz de dar origen a otro ser si está fecundado. Contiene, por tanto, todos los elementos básicos para el desarrollo en una fase crítica y de necesidades muy específicas. Además está contenido en una cubierta protectora, estuche natural, la cáscara, que más bien es cámara de incubación y que contribuye a facilitar su manejo, conservación, almacenamiento y distribución. Podemos decir que es un producto naturalmente estuchado y, por tanto, protegido contra el ensuciamiento y la contaminación.

Con un porcentaje de población rural muy elevado, la producción estaba basada en la campera o de corral; las gallinas no faltaban en ningún corral anejo a la vivienda y constituían una de las bases de alimentación y también de mecanismo de trueque en el comercio de entonces. La avicultura campesina estaba completamente difundida y se realizaban familiarmente todas las operaciones de incubación y cría

de pollitos en su medio propio y por procedimientos naturales. Constituyó todo un hecho cultural: la gallina «clueca», su manejo durante la incubación de los huevos, la cría y alimentación suplementaria de los pollitos, etc., hasta que sobrevino el cambio a la avicultura industrializada.

El abastecimiento de huevos al mercado era tradicionalmente deficitario hasta tiempos relativamente recientes. Las necesidades crecientes de la población y la mayor demanda por mejores condiciones de vida se cubrieron con importaciones. Estará en la memoria de más de uno el consumo de huevos importados hasta los primeros 25-30 años del siglo actual. En concreto antes de 1936 la producción española de huevos era totalmente insuficiente. La importación de huevos era un hecho normal y España ocupaba el tercer lugar como importadora de huevos en el mercado mundial huevero.

La importación media anual en el quinquenio 1932-1936 fue de 33.405.000 kg, equivalentes a 607.363.636 huevos, con un consumo individual de 94 huevos por habitante/años (TUTOR). Hasta 1957 la importación media anual fue de 3.750.000 kg de huevos, equivalente a 66.000.000 de unidades.

La mayor demanda, la escasez de abastecimiento interior y el necesario recurso a las importaciones constituyeron un estímulo para la aparición de las primeras granjas avícolas.

Se puede decir que a principios de siglo la producción de huevos y de volatería de consumo en gran escala apenas existía. Hay datos del establecimiento de las primeras explotaciones avícolas hacia los años 1880-1885, una de ellas en Castilla la Nueva, la Granja «El gallo de plata», en el coto de Algete. Esta tendencia se acentúa a partir de 1924, año en el que se celebra en España el II Congreso Mundial de Avicultura.

Señala CALDERON (1906) a principios de siglo que la industria avícola está haciendo en España un regular progreso desde hace pocos años. Se observa ya la inquietud por orientar la producción y la mejora. Señala la existencia de razas como la Castellana negra, que la considera como una ponedora excelente y propugna por su selección y cuidados. Cita también la Andaluza, muy similar; una denominada Menorca y a la Española de cara blanca.

CASTELLO (1925) indica que ya se ha iniciado la instalación de granjas intensivas, aun cuando no se haya superado la modesta cifra de 2.000 ponedores por explotación.

La avicultura recibió un gran impulso en los años 1926 a 1930. Por estos años se instalaron explotaciones avícolas de cierta entidad. Como testimonio citaremos sólo algunas: La Ventosilla, en Aranda de Duero (Burgos); El Encinar, en Meco (Madrid); Los Peñascales, en Torreldones (Madrid); Santa Clara, en Arenys de Munt (Barcelona); Granja Paraiso, en Arenys de Mar (Barcelona), etc.

A los concursos de ganado celebrados en 1922 y 1926 presentan aves un número ya notable de granjas que se puede tomar como índice de la importancia de su existencia y de la que iba adquiriendo la avicultura. No obstante, algunos autores (LUELMO) opinan que antes de 1936 era escaso el número de granjas con capacidad para 500-1.000 aves. A partir de los años 1940-1945 se incrementa el tamaño de las granjas clásicas y aparecen nuevas explotaciones con mayores efectivos. En 1948-1950 Granja Céspedes (Badajoz) disponía de instalaciones para 4.000-6.000 ponedoras. En 1957, Masía San Agustín (Granada) explotaba 4.000 ponedoras y bastantes otras que se podrían citar.

CASTELLO (1945) considera que el gallinero rural o campesino es el que constituye en realidad la riqueza avícola del país, aun cuando la producción unitaria era únicamente de unos 80-100 huevos por gallina/año y el número de gallinas por explotación también bajo. Tenía la gran ventaja de que se aprovechaban y transformaban en alimentos de primera calidad, productos o desechos de cosechas, de huerta, de quesería, etc., y que los gastos generales de alojamiento y de mano de obra eran muy bajos.

En 1947 predominaba aún la avicultura rural, alcanzando en algunas zonas mucha importancia, por ejemplo en Galicia, que exportaba huevos y carne de ave a áreas de alto consumo, como Barcelona, Madrid y Bilbao. En estas zonas de avicultura rural avanzada se recomendaba entonces la explotación de la raza Catalana del Prat por su aptitud mixta, buena capacidad de adaptación y explotación económica.

En marzo del citado año aparecen los primeros focos de la enfermedad de Newcastle (*Pseudopeste aviar*), que representó un grave contratiempo para la explotación avícola. En junio se aísla por primera vez en España el virus causante de la enfermedad y se consiguió la preparación de la vacuna específica que permitió su control eficaz.

En 1957 se estaba en la transición a una industrialización creciente de la avicultura. Con algunas razones se preconizaba favorecer la avicultura rural y mejorarla adecuadamente ya que aprovechaba recursos y subproductos baratos para su transformación, mano de obra marginal, mejoraba la economía casera y contribuía a fijar población en el campo. Normalmente estaba destinada al autoconsumo y los excedentes se enviaban a los mercados mediante un largo proceso de intermediarios (recovers). Comenzaba el interés por el pollo «broiler» y como causa y efecto la introducción de estirpes americanas, si bien se preconizaba la conveniencia de utilizar en su producción razas autóctonas (Utrerana, Prat, de Elche, Mos, Andaluza rubia, etc.).

En 1959 se continuaban planteando los problemas de la avicultura rural y se recomendaba el mantenimiento y expansión de los gallineros de 100 a 400 aves.

En este mismo año se elaboró un censo avícola en el que todavía se especificaban las distintas razas y sus niveles de producción (tabla 1).

Tabla 1
CENSO AVÍCOLA POR RAZAS (1959)

Razas	Número de ponedoras	Huevos/año gallina	Producción total (docenas)
Castellana negra	2.015.603	141	23.741.400
Blanca española	222.387	102	1.885.500
Barrada española	535.815	89	3.965.100
Rubia española	547.340	116	5.304.900
Prat	974.601	138	11.230.300
Leghorn blanca	7.178.118	164	98.393.800
Rhode Island	779.283	127	8.236.000
Otras razas	15.225.902	93	117.732.700
Totales	27.479.049	118	270.489.700

Se observa el enorme peso que aún tenían las razas autóctonas, y especialmente si se tiene en cuenta que en el apartado «otras razas» predominaba la denominada «gallina campera». No obstante, se señalaba que el aumento en el censo se realizaba ya en su mayor porcentaje con aves selectas.

La normalización de las relaciones comerciales con el exterior permitió desde 1957 la importación de aves genéticamente superiores, así como equipos para el manejo, elaboración de piensos y mataderos especializados. Se era subsidiarios de las importaciones de huevos y de estirpes selectas: en 1961 se importaron 1.363.000 pollitos y 584.000 huevos para incubar.

A partir de estos años el desarrollo de la avicultura intensiva o de granja es espectacular, hasta el punto que en 1959 se producen los primeros excedentes y en 1962 se invirtió por primera vez la tendencia que tradicionalmente se venía observando y España pasó a la posición de exportadora de huevos.

La evolución de la avicultura hasta 1964 responde a una tendencia relativamente normal, agudizándose en este año la crisis de los excedentes. Ante ello se arbitraron medidas para la compra en régimen de garantía de unos 20 millones de docenas de huevos que se retiraron del mercado en 1969 a pesar de que en el bienio 1967-1968 se aumentó el consumo de huevos en 22 unidades por habitante. También se retiraron 8 millones de toneladas de carne de pollo; la crisis de excedentes de producción en la carne de pollo se retrasó cronológicamente en relación con la de producción de huevos.

Los excedentes constantes llevaron a la necesidad de acudir a las exportaciones con restitución, y a la industrialización, para lo que se establecieron medidas

de estímulo. Las regulaciones oficiales permitieron un mayor ajuste producción-demanda.

La avicultura contribuyó a cubrir la gran demanda de artículos de consumo de primera necesidad en una nación con acelerado desarrollo, absorbiendo técnicas de otros países y mano de obra procedente del éxodo rural en aquellos años.

Podemos considerar que las claves tecnológicas de esta evolución de las producciones avícolas han sido las siguientes:

- Aplicación sistemática de la selección masal como método de mejora.
- Aplicación gradual de los nuevos conocimientos genéticos en la formación de nuevas razas e introducción de las estirpes «híbridas».
- Aplicación de los principios científicos a la alimentación en función de las aptitudes y las fases productivas.
- Desarrollo de la incubación artificial.
- Medidas higiénico-sanitarias para el control y erradicación de las enfermedades.

Tuvieron notable repercusión la adopción de especiales métodos de manejo como los siguientes:

- El sexaje de los pollitos al nacimiento.
- Los nuevos sistemas de alojamiento que mejoraron las condiciones ambientales y de manejo.
- Nuevos equipos mecánicos que facilitaban las distintas operaciones y permitían reducir el empleo de mano de obra.
- El desarrollo de la industria de piensos que ponía a disposición del avicultor un sistema de alimentación más perfeccionado.
- La organización empresarial y del mercado.

Como en otros lugares hemos hecho alusión a algunos de estos aspectos, ahora sólo nos vamos a detener en un aspecto técnico no tratado: la incubación artificial en lo que se refiere a su evolución histórica como proceso especial cuya mecanización ha hecho posible el enorme desarrollo de la avicultura.

Reseña histórica de la incubación artificial

Con la incubación artificial no se hace nada más que imitar y suplantar a la naturaleza por medios mecánicos.

La incubación artificial de los huevos de las aves se ha practicado por el hombre desde los días de las tempranas civilizaciones china y egipcia, alrededor de 1.000 años a.C. Sobre nosotros pesaron más los antecedentes egipcios. Los antiguos egipcios utilizaron la incubación artificial en gran escala y algunos de sus «lugares de incubación» tenían capacidad para 90.000 huevos. Estaban construidos con adobes y eran de dimensiones suficientes para permitir el trabajo de los operarios en su interior. Disponían de varios hornos-cámaras para los huevos, con orificios de ventilación. Como fuente de calor se utilizaban las deyecciones de camellos. Testimonio de su eficacia ha sido el hecho de que en 1958 varios de ellos aún estaban en funcionamiento y alcanzaban cifras de incubabilidad del 70%.

Se atribuye la invención de los hornos o «mamales» a los antiguos sacerdotes de Isis. Estos conocimientos fueron traídos a Europa por el misionero Juan González de Mendoza. Se construyeron algunos, incluso en Francia y en España, en los años 1415 y 1438, respectivamente, sin buenos resultados.

Los métodos modernos de incubación mecánica se puede decir que datan de los trabajos clásicos del físico REAMUR, publicados en Francia en 1749 en su obra «El arte de incubar y criar aves domésticas de todas las clases y en cualquier época del año, bien por medio del calor del estiércol o por medio del calor ordinario», en la que informaba de haber realizado la incubación con éxito en una caja especialmente diseñada en la que la temperatura se controlaba mecánicamente. En 1770, CAMPION incubó huevos en una habitación calentada mediante un sistema especial de tubos transmisores del calor procedente de una caldera.

BONNEMAIN (1777) fue el primero que estableció hornos incubadores capaces de comunicar el calor a los huevos por medio de la circulación de agua caliente y estableció en París un gran establecimiento de incubación. La temperatura del agua se regulaba mediante un termostato metálico. Fue uno de los primeros termostatos que se inventaron y se patentó en 1778.

La primera sala de incubar en América se instaló en 1783 por GRAVES.

En 1844 se presentó en la exposición de París una caja incubadora con capacidad para 40 huevos y en 1848 otra en la cual podían incubarse hasta 100 huevos.

A partir de esta fecha se suceden diversas ideas y diseños de aparatos de incubar. En Gran Bretaña desde 1850 a 1880 se presentan distintas patentes basadas en proporcionar el calor necesario mediante corrientes de agua caliente. SCHRODER (1866) fue el primero en disponer una bandeja de agua para proporcionar la humedad necesaria al departamento de incubación.

AXFORD introduce en Estados Unidos la primera incubadora a aire caliente notable también por su termostato eléctrico. MARTIN diseña un dispositivo manual para voltear los huevos todos al mismo tiempo y un sistema eléctrico de alarma para detectar las elevaciones anormales de temperatura.

HEARSON (1881) en Inglaterra da un paso muy importante en la historia de la incubación al introducir una incubadora que mejoraba notablemente la incubabilidad, similar ya a las incubadoras denominadas planas, de pequeña capacidad, que han permanecido en uso, con ligeras modificaciones, hasta ahora. La cámara de calor a base de agua caliente situada en la parte superior difundía el calor hacia abajo, donde está situada la bandeja de huevos: disponía de una bandeja de agua para mantener la humedad. Es esencial en ella la introducción por primera vez de la cápsula termostática metálica que ha persistido hasta ahora y que regulaba el flujo de calor desde el foco. Su invención marca el comienzo de la moderna incubación. Se utilizó también para estufas de laboratorio, industria, etc., e incluso incubadoras para niños prematuros. El perfeccionamiento de la incubación artificial iba a permitir a los avicultores explotar la inmensa fecundidad natural de la gallina (PUNNETT).

Esta clase de incubadoras con capacidades de 40 a 400 huevos prestó un gran servicio a la avicultura durante gran parte de la primera mitad del siglo XX, ya que la avicultura predominante era la de explotaciones pequeñas o rural.

En 1907, CYPHERS, de Estados Unidos, construye la primera incubadora de gran tamaño (*mamooths*), pudiéndose incubar simultáneamente hasta 36.000 huevos.

La primera etapa en las incubadoras seccionales, que permiten introducir nuevas cargas de huevos mientras están funcionando, se abordó en el año 1911. En el mismo año WASTINGS introduce la primera incubadora con corriente forzada de aire, principio que aplicaba también SMITH en 1918. En 1923 con la aplicación por PETERSIME de un sistema eléctrico total comenzó la era de las modernas incubadoras artificiales.

En los años 1877-1878 se trajeron a España las primeras hidroincubadoras artificiales y se comenzaron a comercializar. En el Concurso de Ganados de 1926 se presentaron casas comerciales mostrando tipos avanzados de incubadoras. MONTEJO (1929) señala que se venían fabricando diversos modelos de incubadoras tomando las ideas de las extranjeras. Cita los modelos «Paraíso», «Alfonso XIII» y «Angloamericana» de la Granja Paraíso, de Arenys de Mar (Barcelona); la «Torre-Molina» de la granja del mismo nombre, en Coll-Blanch (Barcelona); la «Riera», de Badalona; la eléctrica de Guillén García de Barcelona y otras varias.

En 1927 se celebró en el Instituto Agrícola de Alfonso XII un concurso de funcionamiento de incubadoras de distintas marcas españolas. De los datos se deduce que la capacidad oscilaba de 50 a 150 huevos y los porcentajes de pollitos obtenidos eran bajos, alcanzando sólo en algunos casos del 55 al 60%.

En 1935 se instaló la primera incubadora eléctrica norteamericana con capacidad para 3.000 huevos. La aparición de estas incubadoras de capacidad media a grande con notables avances técnicos constituyó el soporte de la actual avicultura industrial.

La enseñanza avícola

Esta enseñanza especializada se inició a finales del siglo XIX. En mayo de 1896 se inauguraba la Escuela de Avicultura de Arenys de Mar, en Barcelona, que fundó Salvador CASTELLO CARRERAS tomando como base la Granja Paraíso. Fue reconocida oficialmente por R.O. de 23 de abril de 1906.

Jalones de este afán de difusión de los conocimientos avícolas lo constituyen la R.O. del Ministerio de Fomento de 18 de enero de 1927, generalizando las enseñanzas avícolas y apícolas, lo que determinó la creación de nuevas escuelas de avicultura, el servicio de cátedras ambulantes y la iniciación de los concursos de puesta.

Se impulsaba la selección de razas locales, apareciendo en la bibliografía especializada de la época denominaciones como «manchegas», guipuzcoanas «de la Senia», «balear», «Colorada de Altea», «Franciscana», «sageñas», «blancas topudas», «rubias lldianas». Se fomentaba la fijación de prototipos raciales.

Por R.O. del Ministerio de Fomento de 24 de mayo de 1928 se hacían públicos los programas de las enseñanzas que en avicultura y apicultura debían ser consideradas como mínimas en las escuelas dedicadas a estas especialidades.

En 1929 existía la Escuela Práctica de Avicultura de Madrid fundada por Ramón J. CRESPO, que impartía un curso completo de avicultura adaptado al programa oficial para la obtención del título de avicultor. Editó un tratado titulado «Gallinas y gallineros» estructurado en 41 lecciones que recogía el curso completo. Era una obra muy puesta al día y con magníficas ilustraciones. Lástima que no se le diese mayor difusión. En su segunda edición constaba de cuatro tomos que se editaron de 1929 a 1934. En 1942 se publicó la tercera edición una vez fallecido ya su autor.

En los citados años (1929) existía la Sección de Avicultura en la Estación Pecuaria Central, anexa al Instituto Agrícola de Alfonso XII, en La Moncloa.

Por R.O. de 15 de enero de 1931 el Ministerio de Fomento autorizó a Antonio BARCELO GARCIA DE PAREDES para abrir una Escuela Nacional Avícola en Palma de Mallorca.

Los primeros tratadistas en avicultura

Con relación a los conocimientos sobre la cría de aves domésticas recopilados en textos debemos citar en primer lugar a COLUMELA, en cuyo tratado «De re rustica», publicado en el primer siglo de nuestra era, dedica el Libro VIII al estudio de la avicultura, y constituye el primero que sobre la explotación de las aves se conoce en nuestro país.

En el «Libro de Agricultura», de ABU-ZACARIA, publicado en España en el siglo XII, se recogen las enseñanzas de los egipcios y de los romanos sobre la crianza de las aves y se menciona la incubación artificial.

El «Tratado de agricultura» de G. A. DE HERRERA, publicado en 1513, engloba el primer tratado de avicultura escrito en castellano y alude a las explotaciones de aves denominadas «gallinerías» dedicadas a la producción de huevos y de carne que generalmente se ubicaban en las abadías y los monasterios de las distintas órdenes religiosas.

Dos siglos después, en 1781, Francisco DIERTE BUIL publica en castellano el primer estudio económico sobre la explotación de las aves, basado en las experiencias que había realizado en 1877 en el gallinero instalado en el Real Monasterio de la Cartuja de Nuestra Señora de las Fuentes.

En la segunda mitad del siglo XIX es cuando aparece bibliografía más especializada y sobre bases cada vez más científicas.

En 1844, CASAS DE MENDOZA publica el «Tratado de la cría de aves de corral», que constituye el tomo IV de la biblioteca completa del ganadero y del agricultor.

En 1857, J. ECHEGARAY, catedrático de Agricultura Aplicada y de Zootecnia en la Escuela Superior de Veterinaria de Madrid, publica el libro «Zootecnia. Producción animal», en el que se dedica el capítulo VII al estudio de la cría de las aves de corral.

En 1872, el mismo autor publica con entidad propia el «Manual de la cría lucrativa de las gallinas y demás aves de corral».

En 1886, con otras ediciones posteriores, J. MONTELLANO DEL CORRAL publica un tratado sobre «La gallina».

En 1890, D. NAVARRO SOLER publica el libro titulado «Cría lucrativa de las gallinas y demás aves de corral», en su segunda edición.

En 1906, B. CALDERON publicó el libro titulado «Fomento de la ganadería», cuyo capítulo VI está dedicado a los animales de corral.

En 1917, J. R. CRESPO fundó en Valencia la revista especializada *España avícola*. Por los años treinta se publicaba una revista titulada *Crestas y Plumaz*, fundada por el mismo autor. J. FERRAN SALVADOR dirigió *Valencia Avícola*.

CASTELLO publicó su obra «Avicultura» en dos tomos y creó la revista *Avicultura Práctica* poco después de la fundación de la Escuela.

Entrado el siglo XX, especialmente en su primer tercio, son ya muy numerosas las publicaciones de divulgación científica sobre avicultura. Destacan las incluidas en las colecciones de «Catecismos del agricultor y del ganadero» y «Biblioteca agrícola española», de las que anotamos las siguientes:

- CALDERON, B.: *Avicultura general, industrial y doméstica*.
- MEDINA, M.: *Producción y conservación de huevos*.
- CALDERON, B.: *El gallinero: modelo y construcción*.
- MONTEJO, J.: *Incubación natural y artificial de gallinas* (2.^a ed), 1929.
- CODERQUE, P. F.: *Las enfermedades de las aves*, 1931.
- CRESPO, R. J.: *Cebo y preparación de aves*, 1933.

* * *

Si he conseguido esbozar con claridad ante ustedes el amplio panorama de la evolución histórica de las aplicaciones científicas a la producción animal, que han hecho posible su progreso en favor de la alimentación humana, será para nosotros un nuevo motivo de satisfacción.

No queremos terminar sin dedicar nuestro recuerdo a todos aquellos que con sus afanes y desvelos contribuyeron a este progreso y, entre ellos, a tantos y tantos veterinarios que en silencioso anonimato y en los lugares más apartados, especialmente en las condiciones de la primera mitad de siglo, llevaron a cabo una inmensa labor de divulgación, defensa y promoción de la ganadería que ha hecho posible su actual capacidad de abastecimiento y la garantía sanitaria de los alimentos de origen animal al servicio de la humanidad.

Que la satisfacción de contribuir a la mejora de la alimentación humana y a paliar o evitar el azote del hambre constituya el estímulo constante para los que en lo sucesivo se dediquen a esta maravillosa tarea.

Muchas gracias por su cariñosa atención.

BIBLIOGRAFIA

- ABAURREA, O., y cols.: «Biotechnology in bovine embryo-transfer». *Rev. Port. de Zootecnia*, 6 (1): 63-78, 1999.
- ADAMETZ, L.: *Zootecnia general*. Ed. Labor, S. A. Barcelona, 1945.
- ANDERSON, A. L.: *Introductory Animal Husbandry*. The MacMillan Co. New York, 1955 (1.ª ed, 1943).
- ARAGO, B., y MOYANO, P.: *Tratado del ganado lanar y cabrío*. Librería de Luis Santos, ed. Madrid, 1927.
- ARCINIEGA, A., Y FERRERAS, G.: *Ganadería vasca*. Vol. I. Zootecnia. Excma. Diputación de Vizcaya. Bilbao, 1935.
- ASOCIACION GENERAL DE GANADEROS DEL REINO. *Concurso Nacional de Ganados de 1913*. Memoria. Madrid, 1914.
- ASOCIACION GENERAL DE GANADEROS DEL REINO. *Concurso Nacional de Ganados, Avicultura, Maquinaria e Industrias Derivadas, 1922*. Memoria. Madrid, 1923.
- ASOCIACION GENERAL DE GANADEROS DEL REINO. *V Concurso Nacional de Ganados, 1926*. Memoria. Madrid, 1927.
- ASOCIACION GENERAL DE GANADEROS DEL REINO. *VI Concurso Nacional de Ganados, 1930*. Memoria. Madrid, 1931.
- BERBIELA, A. R., y ARAN, S.: *Zootecnia General y Especial*. Imp. Abadía y Capape. Zaragoza, 1907.
- BERG, R. T., y BUTTERFIELD, R. M.: *New Concepts of Cattle Growth*. Sydney University Press, 1976.
- BLANCO PEDRAZA, E.: *El diagnóstico de la gestación en la yegua y en la vaca*. Bibl. Biolog. Aplic. Madrid, 1953.
- BONADONNA, T.: «Le problème du croisement en zootechnie et ses buts». *Economía et Médecine Animales*, 16 (4): 203-211, 1975.
- BONADONNA, T.: *Tecnica ed economia della riproduzione degli animali domestici*. Collana Tecnico-Scientifica «L. Sapallanzani». Pavia, 1945.
- BONADONA, T., y BOVATI, R.: «Opere, studi, ricerche e note edite in Italia dal 1914 al 1945 sulla fecondazione artificiale degli animali domestici». *Collana Técnico-Scientifica «Lazzaro Spallanzani»*, 4, 1946.

- BONADONNA, T.: *Zootecnica Speciale*. Istituto Editoriale Cisalpino. Milano, 1946.
- BRANDER, G. C.: *Chemicals for Animal Health Control*. Taylor & Francis. Londres, 1986.
- BRODY, S.: *Bioenergetics and Growth*. Reinhold Pub. Corp. New York, 1945.
- CALDERON, B.: *Fomento de la ganadería*. Bailly-Bailliere e Hijos. Madrid, 1906.
- CARBONERO BRAVO, D.: «La fecundación artificial en España». *Rev. Fisiopat. de la Reproducción Animal y de la FA*, 1: 222-225, 1948 (suplemento de Anales de la SVZ).
- CARBONERO BRAVO, D.: *Fecundación artificial*. Biblioteca de Biología Aplicada. Madrid, 1944.
- CARDA GOMEZ, P.: «Los piensos compuestos en la economía ganadera». *Anales de la Soc. Veter. Zoot.*, I (9): 513-522, 1947.
- CASAS DE MENDOZA, N.: *Cría lucrativa de las gallinas y demás aves de corral*. Libr. de Cuesta. Madrid, 1872.
- CASTELLO, S.: *Semana avícola*. Cámara Oficial Agrícola. Imprenta Mariana. Lérida, 1946.
- CEOTMA. *Veterinaria y medio ambiente*. Serie monografías 6. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid, 1981.
- CRESPO, F. J.: *Gallinas y gallineros*. Esc. Práct. Avicul. (1.ª ed). Espasa-Calpe, S. A., Madrid, 1929 (cuatro tomos).
- CREW, F. A. E.: *Genética animal. Una introducción a la ciencia zootécnica. La Nueva Zootecnia*. Cuenca, 1934.
- CUBILLO Y ZORZUELO, P.: *Tratado de Hipología*. Hijos de Rodríguez. Valladolid, 1868.
- CUBONI, E.: *La diagnosi di gravidanza negli animali*. Inst. Sierot. Milanese S. Belfanti. Milán, 1949.
- CUENCA, C. L.: *Zootecnia: Fundamentos biológicos*. Biblioteca de Biología Aplicada. Madrid.
- CHIODI, V.: *Storia della Veterinaria*. Edagricole. Bolonia, 1981.
- DA SILVA PORTUGAL, J. A.: «A investigação e experimentação no domínio da produção animal». *Rev. Port. Cienc. Veter.*, 67 (423-424): 218-242, 1972.
- DE ARMAS, R., y cols.: «Producción de embriones bovinos por fecundación in vitro». *Rev. Cub. Cienc. Veter.*, 23 (2-3): 109-112, 1992.
- DE JUANA SARDON, A.: «Dell'azione dell' "animal protein factor" sulla crescita dei suini». *Riv. di Zootecnia*, 8-9, Milano 1951.
- DE JUANA SARDON, A.: *Cruzamientos de primera generación en avicultura*. II Congr. Inter. Veter. de Zootec. Madrid, 1953.
- DE JUANA SARDON, A.: *El cerdo de tipo ibérico en la provincia de Badajoz*. CSIC. Imprenta Moderna. Córdoba, 1954.

- DE JUANA SARDON, A.: *El índice de conversión en el ganado porcino*. Congr. Intern. Alim. Animal. Madrid, 1972.
- DE JUANA SARDON, A.: *Estudio de la reproducción por selección*. Trabajos del I Congreso Veterinario de Zootecnia. Madrid, 1945.
- DE JUANA SARDON, A.: *Evolución, historia y perspectiva de la zootecnia en el contexto de las ciencias veterinarias*. R.A.C.V., 1981.
- DE JUANA SARDON, A.: *Ganado porcino*. J.C.M.G. Minist. Agricultura. Madrid, 196
- DE JUANA SARDON, A.: *La industria de piensos compuestos*. Ed. AYMA, 1962.
- DE JUANA SARDON, A.: *La prueba de la descendencia como base de la mejora porcina en los países de la OCDE*. Conferencias Direc. Gral. Ganad. Minist. Agricultura. Madrid, 1963. págs. 129-182.
- Machine milking*. Ministry of Agriculture. Fisheries and Food. Bull, 177. Londres, 1959.
- DE JUANA SARDON, A.: *The effect of adding Terramycin to the rations of restricted amounts of milk for the raising of calves by artificial lactation*. *European Symposium on Antibiotics and New Growth Factors in Animal Nutrition*. Roma, 1955.
- Anuario de Veterinaria*. Edit. Agropecuaria. Madrid, 1945.
- DE LA PEÑA, J., y NUÑEZ HERRERO, L.: *Consultor Legislativo del Veterinario*. Avila, 1934.
- DOWELL, A. A., y BJORKA, K.: *Livestock marketing*. Mc-Graw-Hill. Book Company Inc. New York, 1941.
- EASTERBROOK, L. F.: *British agriculture*. Longmans, Green & Co. (4.ª ed). London, 1950.
- ECHEGARAY, J.: *Zootecnia. Producción animal*. Tomás Fontanet. Madrid, 1857.
- ESTEBAN MUÑOZ, C.: *El ganado ovino y caprino en el área de la Unión Europea y en el mundo*. MAPA, 1997. Madrid.
- FAUCONNEAU, G.: *Interdépendance des denrées animales et végétales*. C.I.C.R.A. Conference on the Composition of Animal Products, 1-20. Dublín, 1967.
- FERNANDEZ E ISASMEDI, E.: *Colección Legislativa de Veterinaria* (2.ª ed). Valladolid, 1808.
- FERREIRA, N.: *Historia de la Anatomía*. Fac. Medic. Veter. y Zootec. Univ. de Sao Paulo, 4 (1-4): 49-65, 1980.
- FIADEIRO, J.: «O ensino da produçao animal». *Rev. Port. Cienc. Veter.*, 67 (423-424): 190-215, 1972.
- FORBES, R. J.: *La conquista de la naturaleza*. Monte Avila Ed. Venezuela, 1969.
- FRANCOIS, A. C.: *Les aliments composés et le additifs*. C.I.C.R.A: Confer. on the Compos. of Animal Products, 105-139. Dublín, 1967.
- FREAM, W. *Elements of Agriculture*. John Murray. London, 1932.
- FUENTES IRUROZQUI, M.: *El campo español y la economía nacional*. Madrid, 1947.

- First International Conference on Antibiotics in Agriculture*. Nat. Academy of Sciences. National Research Council. Washington, 1956.
- GARNSWORTHY, P. C., y cols.: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Butterworth-Heinemann, Ltd. Oxford, 1992.
- GIORDANI, G.: «Uova da consumo: caratteristiche, proprietà e valutazione qualitativa». *Zoot. Nutr. Anim.*, 22 (6): 387-406, 1996.
- GONZALEZ VAZQUEZ, E.: *Alimentación de la ganadería y los pastizales españoles*. Librería Cuesta. Madrid, 1921.
- GOODMAN, D.; SORJ, B., y WILKINSON, J.: *From Farming to Biotechnology*. Basil Blackwell Ltd. Oxford, 1987.
- GRANDE, F.: «Las vitaminas». *Manuales IBYS*, vol. III. Madrid, 1944.
- HAGEDOORN, A. L.: *Animal Breeding*. Crosby Lockwood & Sons, Ltd. Londres, 1939.
- HALNAN, E. T., y GARNER, F. H.: *The Principles and Practice of Feeding Farm Animals*. Longmans Green and Co. Londres, 1947.
- HAMMOND, J.: *Farm animals. Their Breeding, Growth and Inheritance*. Edward Arnold & Co. (2.ª ed). London, 1952.
- HAMOND, J.: *The Physiology of Reproduction in the Cow*. Cambridge, 1927.
- HANSON, R. P., y HANSON, M. P.: *Animal diseases control. Regional programs*. The Iowa State University Press. Ames. Iowa, 1983.
- HANSSON, N.: *Alimentación de los animales domésticos*, (de la 2.ª ed alemana). Impr. Juan Pueyo. Madrid, 1934.
- HARESING, W.; SWAN, H., y LEWIS, D.: *Nutrition and the climatic environment*. Butterworths. London, 1977.
- HARING, F., y SMIDT, D.: *Importance and prospects of artificial insemination of pigs*. World Review of Animal Production. Special issue, 1966-II.
- JOHANSSON, I., y RENDEL, J.: *Genética y mejora animal*. Editorial Acribia. Zaragoza, 1971.
- JONES, T. C., y HUNT, R. D.: *Veterinary Pathology*, (5.ª ed). Lea & Febiger. Philadelphia, 1983.
- JUKES, T. H.: *Antibiotics in Nutrition*. Medical Encyclopedia, Inc. New York, 1955.
- JULL, M. A.: *Poultry Breeding*, (2.ª ed). John Wiley & Sons, Inc. 1940 (1.ª ed, 1932).
- KLEIBER, M.: *Bioenergética animal*. Ed. Acribia. Zaragoza, 1972.
- KRONACHER, C.: *Elementos de zootecnia*. G. Gili, ed. Barcelona, 1937.
- LACASA GODINA, A.: *El sector lácteo en España*. Madrid, 1993.
- LERNER, I. M., Y DONALD, H. P.: *La nueva zootecnia*. Editorial Academia. León, 1969.

- LOOSLI, J. K., y cols.: «Fifty years of progress in animal science». *Jour. Anim. Sc.*, 17: 4, 1958.
- MARSHALL, F. H. A., y HAMMOND, J.: *The Science of Animal Breeding in Britain*. Longmans, Green & Co. London, 1946.
- MARSHALL, F. H. A.: *The Physiology of Reproduction*, (2.^a ed). Logmans & Co. London, 1922.
- MARTINEZ DE LA GRANA, F.: «Crisis de la ganadería y de la veterinaria en el siglo XIX». *Ganadería*, XXXIX (393): 114-133, 1976.
- BONSEMBIANTE, M.: «Le strutture e il ruolo della ricerca in zootecnia». *Zoot. Nutric. Anim.*, 13 (5): 467-482, 1987.
- MONTON, M.: *La alimentación azucarada*. M. Navarro. Madrid, 1911.
- MOYANO, P.: *Zootecnia o tratado de ganadería e industrias rurales*. Imp. Hospicio Provincial. Zaragoza, 1907.
- NICHOLS, J. E.: *Livestock Improvement*, (4.^a ed). Oliver and Boyd. Edimburgo, 1957.
- NONIDEZ, J. F.: *Variación y herencia en los animales domésticos y las plantas cultivadas*. Bibl. Agríc. Española. Espasa Calpe. Madrid, 1923.
- PALMER, R., y cols.: *La fecundación artificial en seres humanos*. Ediciones Studium de Cultura. Buenos Aires, 1950.
- PAGES BASSACH, J.: «La ganadería y el abasto público en Cataluña». *Anales de la Soc. Veter. Zoot.*, I (4): 193-208, 1947.
- PEREIRA, G.: «Problemática actual da produção animal». *Rev. Port. Cienc. Veter.*, 67 (243-244): 243-271, 1972.
- PEREZ Y PEREZ, F.: *Reproducción animal: Inseminación artificial y trasplante de embriones*. Editorial Científico-Médica. Barcelona, 1985.
- PETERS, W. H., y GRUMMER, R. H.: *Livestock production* (2.^a ed). McGraw-Hill Book Co. Inc. New York, 1954 (1.^a ed, 1942).
- PIROCCHI, A.: *Il contributo italiano al progresso della zootecnica, negli ultimi cento anni*. Un secolo di progresso scientifico italiano: 1839-1939. Roma, 1939.
- POLITIEK, R. D., y BAKKER, J. J.: *Livestock production in Europe. Perspectives and prospects*. Elsevier. Amsterdam, 1982.
- PRIETO Y PRIETO, M.: «Exportación de ganado vacuno en Galicia». *Gaceta Agrícola*, tomo X, III (3): 253, 1879..
- RADOSTITIS, O. M., y BLOOD, D. C.: *Herd Health*. W. B. Saunders Co. Filadelfia, 1985.
- RHOAD, A. O.: *Breeding Beef Cattle for Unfavorable Environments*. Austin. University of Texas Press, 1955.
- RILEY, J. F.: *Introducción a la biología*. Alianza Editorial. Madrid, 1970.

- RODRIGUEZ DE TORRES, M.: *Plan decenal de ganadería*. Recientes Avances en Veterinaria. Tomo I. Madrid, 1941.
- ROGNONI, G.: «Prospettive di sviluppo della produzione animale e linee di strategia operativa». *Riv. Zoot. Veter.*, 8 (4): 281-285, 1980.
- RUCKEBUSCH, Y., y THIVEND, P.: *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*. MTP Press Limited. Lancaster (England), 1980.
- RUSSELL, B.: *La perspectiva científica*. Ed. Ariel, S. A. Barcelona, 1969.
- RUSSELL, E. J.: *British Agricultural Research: Rothamsted*. Longmans, Green & Co. London, 1946.
- RYDER, M. L., y STEPHENSON, S. L.: *Wool Growth*. Academic Press. London, 1968.
- SANPP, R. R.: *Beef cattle*. John Wiley & Sons (4.^a ed). New York, 1952.
- SANZ EGAÑA, C.: «Homenaje a la memoria del veterinario zootecnista don Ramón Olalguiaga y Aseguinolasa». *Anales de la Soc. Veter. Zoot.*, I (8): 449-458, 1947.
- Anales de la Escuela Superior de Veterinaria de Madrid*. Madrid, 1935.
- Anales de la Escuela Superior de Veterinaria de Madrid*. 1937. Madrid. Volumen II.
- Congreso Nacional de Ganaderos*. Asociación General de Ganaderos. Madrid, 1904.
- SANZ EGAÑA, C.: *Historia de la veterinaria española*. Espasa-Calpe, S. A. Madrid, 1941.
- SANZ EGAÑA, C.: *La carne como alimento*. Ediciones Pegaso. Madrid, 1944.
- Memoria*. Trabajos realizados en la Estación Pecuaria Central. Año 1933. Direc. Gral. Ganad. e Indust. Pecuarias. Madrid, 1934.
- Trabajos de Instituto de Biología Animal*. Direc. Gral. de Ganadería e Industrias Pecuarias. Vol. I. Madrid, 1933.
- Trabajos de Instituto de Biología Animal*. Direc. Gral. de Ganadería e Industrias Pecuarias. Vol. II. Madrid, 1942.
- Trabajos de Instituto de Biología Animal*. Direc. Gral. de Ganadería e Industrias Pecuarias. Vol. III. Madrid, 1945.
- SCHWABE, C. W.: *Veterinary Medicine and Human Health*. The Williams & Wilkins Co. Baltimore, 1964.
- SWAN, H., y BROSTER, W. H.: *Principles of Cattle Production*. Butterworths. London, 1976.
- SYKES, A. H.: *An introduction to the history on incubation*. En: Tullent, S. G., ed. *Avian incubation*. Butterworth-Heinemann. Londres, 1991, págs. 297-303.
- THERET, M.: «Quelques aspects de l'histoire de la pensée zootechnique». *Zootecnia*, VI (4): 3-11. Madrid, 1957.

- TILAK VIEGAS, F. J., y cols.: *Contribuição da pecuária no fornecimento de proteínas a população de Moçambique*. Faculdade de Veterinaria. Univ. de Maputo, 1976.
- TORTELLA, G.: *El desarrollo de la España contemporánea*. Alianza Editorial, S. A. Madrid, 1994.
- TROPA, E., y cols.: «Melhoramento animal». *Boletim Pecuario*, XXXV, 2: 191, 1967. Direc. Geral dos Servic. Pecuarios. Lisboa.
- URABAYEN, L.: *La tierra humanizada*. Espasa Calpe, S. A. Madrid, 1949.
- USUELLI, F.: *Evoluzione ed attuali incognite del problema alimentare in zootecnia*. Faenza, 1934.
- VAUGHAN, H. W.: *Breeds of Live Stock in America*. Long's College Book Company. Columbus (Ohio), 1950.
- VAZ PORTUGAL, A.: «Aspectos básicos da produção animal em Portugal». *Rev. Port. Cienc. Veter.*, 72 (444): 241-272, 1977.
- VIAL, J.: *Nacimiento y desarrollo de la civilización industrial*. EDAF. Madrid, 1976.
- VILARRASA Y ALEMANY, M. A.: *El garañón catalán*, 1910.
- WARD, R. R.: *Los relojes vivientes*. Edic. Grijalbo. Barcelona, 1977.
- WINTERS, L. M.: *Animal breeding*, (5.^a ed). John Wiley & Sons, Inc. New York, 1954 (1.^a ed, 1925).

CONTESTACION

del

Prof. Gaspar González González

Excmo. Sr. Presidente.

Excmas. y Excmos. señoras y señores académicos.

Señoras y señores.

Preámbulo

Muy honrado, y con profundo agradecimiento y satisfacción, cumplo el encargo de esta Real Academia de dar la bienvenida a la misma al Excmo. Sr. Dr. D. Amalio de Juana Sardón.

Hace muchos años que tuve la dicha de conocer al nuevo académico. Fue con motivo de su incorporación a la Segunda Unidad de Veterinaria Militar de Madrid, en 1945, en la que yo cumplía el primer año como alférez de complemento de la Milicia Universitaria. La inicial convivencia pronto dio paso a una franca amistad, que se fue afianzando a medida que nuestras conversaciones confirmaban la identidad de preocupaciones académicas y profesionales. Ambos habíamos iniciado la carrera el primer curso que abrieron las puertas las entonces Escuelas Superiores de Veterinaria, una vez terminada la guerra civil, y ambos supimos de las penurias de medios personales y materiales —escasez de profesores y de medios didácticos— en que se movía la enseñanza, amén de la falta de una tradición universitaria que trascendiera de la mera proyección profesional que aquéllas buscaban. Había que suplir la consiguiente deficiencia de formación, y empezamos a encontrarla aquel mismo año como becarios en el Patronato de Biología Animal, muy vinculado a la Escuela de Madrid, aunque perteneciente al Ministerio de Agricultura.

Recuerdo muy bien nuestra común preocupación por el aprendizaje del inglés, que compartimos con un mismo profesor, imprescindible en aquellos momentos en los que la problemática agroalimentaria española adquiriría unos tintes verdaderamente dramáticos y había que aplicar aquí los avances en la explotación de los animales domésticos que iban surgiendo en los países de habla inglesa. Hablo del segundo quinquenio de los años cuarenta, en los que aún nuestra Escuela bebía en fuentes germanas —empezamos la carrera con un currículum que preveía en los cinco años de duración diez semestres de alemán— y la profesión estaba fundamentalmente volcada en la clínica de los grandes animales como motores de la agricultura, con localizadas y brillantes intervenciones, eso sí, en la profilaxis y tratamientos de las epizootías que de modo ocasional asolaban nuestra cabaña

La persona

Amalio de Juana vio con claridad el camino a seguir. Efectivamente, una vez obtenido el título de veterinario con Premio Nacional Final de Carrera, inmediatamente concentró sus esfuerzos en ampliar y mejorar sus conocimientos zootécnicos, para lo cual empezó por realizar cursos de especialización, obteniendo los diplomas en inseminación artificial ganadera y en zootecnia. Después solicitó y fue recompensado con becas y pensiones por la Facultad y otros organismos oficiales como la Dirección General de Ganadería para estudios de economía ganadera en la Estación Pecuaria de Badajoz, por la Dirección General de Relaciones Culturales del Ministerio de Asuntos Exteriores para ampliar conocimientos en el Instituto y Estación Experimental de Zootecnia de la Universidad de Milán y del Instituto Zootécnico del Piamonte en Turín y, en fin, por el Consejo General de Colegios Veterinarios de España con el objetivo de realizar estudios en el Rowett Institute for Research in Animal Nutrition, entonces a la cabeza del mundo en la nutrición de rumiantes.

Esta ya sólida formación zootécnica la fue complementando con frecuentes viajes de estudios a Portugal para conocer su producción porcina y las industrias cárnicas; a los EE. UU., para ahondar en el conocimiento de la industria de piensos compuestos, de la deshidratación de la alfalfa y del uso de antibióticos en la alimentación animal; a Dinamarca con el propósito de conocer las instalaciones y funcionamiento de las estaciones de pruebas de la descendencia en ganado bovino y porcino, etc. Formación que se fue contrastando y perfeccionando con la asistencia a numerosos congresos y simposios nacionales e internacionales, celebrados bajo los auspicios de la Federación Europea de Zootecnia, de cuya Comisión de Estudios de ganado porcino fue distinguido miembro durante muchos años. A esto hay que añadir las tareas de investigación que desarrolló en la Universidad y como jefe de Sección y profesor agregado de materias zootécnicas en el Instituto de Alimentación y Productividad Animal del CSIC. Coronó su formación académica con la lectura de la tesis doctoral en la Facultad de Veterinaria de Madrid.

La formación y los saberes adquiridos por el nuevo académico trascendieron a la sociedad a través de la docencia en la Universidad, donde fue, sucesivamente y sin interrupción, profesor ayudante de clases prácticas, catedrático de Producciones Animales, en las ETS de Ingenieros Agrónomos de la Politécnica de Valencia y de la de Madrid, y, hasta su jubilación, de la Facultad de Veterinaria de la Complutense. En estas universidades dejó su impronta de excelente y meticuloso docente y administrador de los diferentes cargos que ostentó: Secretario de la primera de dichas escuelas, Director de Departamento en ambas y Vicedecano de la Facultad.

Durante esta larga dedicación a la docencia dio vida a numerosos cursos de doctorado y de especialización en distintos foros universitarios —universidades de verano Menéndez y Pelayo de Santander y de la Complutense en El Escorial— y extrauniversitarios, entre los que hemos de destacar los organizados por los Colegios de Veterinaria y la Hermandad Nacional de Labradores y Ganaderos por su calidad

formativa y divulgadora. A esta tarea de mejorar la formación práctica de nuestros agricultores y técnicos viene contribuyendo con multitud de conferencias y a través de importantes cargos y comisiones de trabajo en la Administración y, en fin, como miembro del Cuerpo Nacional Veterinario responsable de importantes áreas de la producción animal.

La dedicación a la enseñanza y a la investigación se ve avalada por las tesis doctorales que dirigió y las numerosas publicaciones en revistas nacionales y extranjeras, entre ellas varios libros, algunos traducidos, por la multitud de ponencias y comunicaciones en congresos y simposios; por su intervención, como presidente, miembro o asesor de jurados en concursos ganaderos; y como fundador de la revista técnica *Avances en Alimentación y Mejora Animal*, publicada sin interrupción desde 1960. Y he de citar que, en atención a sus conocimientos, fue reclamado para desarrollar, dirigir o asesorar empresas agrozootécnicas de gran importancia en la economía española.

De este modo contribuyó de manera decisiva al desarrollo de la incipiente industria de piensos compuestos y a la intensificación de las explotaciones avícola, y sobre todo porcina, y con ello a una mejora del abastecimiento nacional. Amalio de Juana fue un pionero en estos aspectos de nuestra economía agraria. Y es de justicia recordar que a él, en unión de una selecta nómina de profesores y veterinarios, unos ya fallecidos (sirva como ejemplo puntero el profesor Carlos L. de Cuenca), otros, afortunadamente, aún en plena actividad (de los que no citamos nombres por no caer en involuntarias e injustas omisiones) se les debe, en una significativa medida, el acceso de las más débiles economías domésticas a alimentos de origen animal —la carne de pollo, por ejemplo— no incluidos habitualmente en la cesta de la compra.

Así pues, no es de extrañar que durante su vida se hiciera acreedor a multitud de distinciones, entre ellas las de Víctor de Plata del SEU, colegiado de Honor de los Colegios Oficiales de Veterinaria de Badajoz y Madrid; académico Corresponsal de las Academias de Ciencias Veterinarias de Barcelona y de Valencia, de la de Medicina de esta última, así como de la R. Academia de Ciencias Veterinarias. Es Comendador de Número y posee la Encomienda de Número de las Ordenes del Mérito Agrícola y del Mérito Civil, respectivamente, y Caballero de la Orden del Mérito Agrícola de Francia.

El tema

Y ahora pasemos al contenido de su discurso. Efectivamente, de entre las muchas y variadas prestaciones que los animales superiores hacen al bienestar del hombre (compañía, defensa, trabajo, montura, salud, transporte, etc.) la de servir de fuente de alimentos es, sin duda, la de más peso. Nadie mejor que el doctor de Juana podía abordar una síntesis tan clarificadora sobre lo que representa la producción animal en la alimentación humana. De hecho, la carne, la médula de los huesos y las

vísceras de los cadáveres animales fueron, tal vez, la principal fuente de alimentos de las hordas carroñeras formadas por nuestros primeros ancestros, como después lo fueron los animales capturados, amansados o domesticados por los cazadores primitivos o avanzados y los pastores nómadas, respectivamente. Es indudable que la pervivencia de muchas comunidades humanas sobre extensos territorios (pueblos pastores de las estepas, pradera y sabana) solamente fue y sigue siendo posible por la presencia de rumiantes y otros herbívoros, capaces de transformar la energía solar sintetizada por los vegetales en energía alimenticia para el hombre.

No es posible glosar la extraordinaria cantidad de información que suministra el texto cuya lectura acabamos de oír. Sin embargo, del riguroso repaso que Amalio de Juana ha desgranado sobre los fundamentos y evolución histórica de los conocimientos y prácticas de la producción de alimentos por los animales, me voy a detener en la que él llama etapa científica. De hecho fueron los descubrimientos de la bioquímica, de la fisiología, de la genética y de la patología, en cuyas raíces están las figuras de químicos como Lavoiser, Liebig y Pasteur, y de biólogos como Lamarck, Darwin y Mendel —por citar algunos de entre los más conocidos— los que sentaron las bases de las prácticas de alimentación, de reproducción y de manejo —incluida la sanidad— que determinan la productividad de los animales; productividad medida por la velocidad de crecimiento, la proporción y calidad de las partes útiles, el índice de transformación del pienso, la prolificidad y supervivencia, la cuantía de la puesta, etc. A estos aspectos minuciosamente reseñados por el doctor De Juana añade otros tan actuales como la obtención de animales transgénicos para trasplantes como fuente de medicamentos y demás logros de la moderna biotecnología o ingeniería genética, a los que por razones obvias no hace más que una referencia de pasada.

De esta etapa científica hay que resaltar los descubrimientos de Lavoisier, que llevaron a la consideración de los animales como máquinas transformadoras de la energía contenida en los alimentos, abriendo con ello el camino a la bioenergética, la ciencia que se ocupa de los cambios de energía implicados en las reacciones químicas que se dan en los tejidos vivos. La energía, es bien sabido, ocupa un papel central en la economía de todos los seres vivos, y, como muy bien destaca el doctor De Juana, un deficiente consumo de calorías alimenticias es la causa primaria de las hambrunas que asolan a la humanidad. Así pues, al analizar la eficacia con que opera el animal en la producción de alimentos, se ha dado un especial relieve al metabolismo energético como parte fundamental de la fisiozootecnia, hasta el punto de que desde hace varias décadas periódicamente se celebran simposios que tratan del mismo y son una fuente preciosa de conocimientos para la mejor utilización de los animales.

De este enfoque energético de la producción animal es, a mi modo ver, un paradigma el libro de Samuel Brody «Bioenergetics and Growth», el texto que más influyó en la formación zootécnica de los estudiantes de esta materia en las Facultades de Veterinaria y Escuelas de Agricultura de todo el mundo a partir de su publicación en 1945. Desgraciadamente este libro, aunque referatado en publicaciones

españolas, permaneció prácticamente ignorado por nuestros fisiólogos y zootecnistas. En él, después de la introducción, en 23 capítulos se analizan los factores del «complejo eficiencia», se formulan las leyes de la termodinámica, se describen las unidades de energía y los equivalentes energéticos, así como las categorías de los alimentos y de los principios nutritivos desde el mismo punto de vista energético. En los 24 capítulos restantes se ponderan, con una gran profusión de datos experimentales y de observación práctica, aspectos tan importantes como el coste energético de mantenimiento, de transformación del alimento en tejido corporal, en huevos y otros productos animales; la velocidad a que estas transformaciones tienen lugar para la eficacia de los procesos; la influencia del tamaño del animal sobre la eficacia técnica y económica de la empresa ganadera y otros cuya enumeración sería demasiado prolija. No es extraño, pues, que agotada la edición fuera mimeografiada en los años sesenta a petición de numerosos zootecnistas.

Y pasamos a ocuparnos del último aspecto que nos ha sugerido la exposición del doctor De Juana, me refiero a los tres motivos que, a mi modo de ver, pueden limitar el uso de los animales de granja como fuente de alimentos, a saber: la competencia por los recursos naturales escasos representados principalmente por el suelo y agua dulce, el deterioro del medio ambiente como resultado de la acción perniciosa sobre ambos y razones de orden higiénico-sanitario y ético-morales.

El primero, de innegable importancia económica y social, ha sido repetidamente analizado por nosotros (1, 2). En efecto, cuando el animal de abasto se mantiene sobre el terreno de labor compite con el hombre por alimentos dada la baja proporción (coeficiente de transformación) que éstos devuelven como energía alimenticia, de la energía solar fotosintéticamente fijada en los vegetales que consumen (se estima que en el mejor de los casos, el de la producción láctea, el animal devuelve en la práctica solamente un tercio de la referida energía, mientras que no llega a la décima parte cuando se trata de la producción de carne de bovino). Por este motivo, la producción de carne, leche, huevos, etc., sobre todo en sistemas intensivos de producción a base de granos (cereales, leguminosas), raíces (remolacha) y tubérculos (patata) lleva a una disminución de la capacidad del suelo para sustentar población humana. Sin embargo, la competencia por suelo productor de alimentos para el hombre no existe cuando el animal de abasto utiliza subproductos de la agricultura o de la industria agroalimentaria, cosechas intercalares que no interfieren con las principales para consumo humano directo o, en fin, cuando razones económicas (por ejemplo, los elevados costes de transporte o presencia de excedentes) limitan la demanda de cosechas vegetales, que tiene que orientarse a la transformación en productos animales de menor coste de transporte (mayor densidad económica) por unidad de peso y que son de demanda elástica. En estos casos el ganado contribuye a un incremento de las disponibilidades de alimentos para el hombre. Y no nos ocupamos aquí de otros aspectos ya apuntados al principio, como la explotación extensiva de animales sobre suelos no aptos para el cultivo de arado, sobre baldíos, barbechos, matorral pradera, sabana, etc., o que están en el margen de cultivo.

La competencia por el otro recurso natural escaso: el agua dulce —que los animales utilizan en grandes cantidades, sobre todo de modo indirecto a través de los vegetales que consumen— tiene un carácter muy complejo. Su análisis se escapa a esta breve intervención, aunque no dejaremos de señalar que las limitadas disponibilidades de agua en los regadíos pueden impedir la explotación de ganado por su gran consumo, directo e indirecto, de este recurso.

Los efectos perniciosos de la explotación de ganado sobre el medio han sido también rigurosamente sopesados, en especial en el contexto de lo que hoy se entiende como *agricultura sostenible*. Como hemos expuesto en otra ocasión (3), la explotaciónes animales pueden degradar las características físicas, químicas y biológicas del suelo y del agua a través del sobrepastoreo, con la alimentación intensiva y las excreciones a que da lugar, con los cadáveres, con el acúmulo de desechos de las industria zootécnicas, etc. Empero, estos agentes perniciosos pueden ser eficazmente contrarrestados mediante adecuadas medidas, muchas de las cuales están siendo obligatoriamente exigidas por las legislaciones de muchos países (3).

En relación con el tercer grupo de los posibles factores, los motivos higiénico-sanitarios hay que recordar que el consumo de alimentos de origen animal puede estar constreñido por la capacidad que tienen de transmitir muy diversas enfermedades infecciosas y parasitarias. Conocidos son los efectos que ha tenido y va a seguir teniendo sobre la demanda de carne la constatación de que la encefalopatía espongiiforme que padecen los bovinos, y tal vez el prurigo lumbar de los ovinos se transmiten al hombre, y que a un exceso de «carnes rojas» de bovino y ovino y de huevos en la dieta se le ha hecho responsable de las llamadas «enfermedades de la civilización» (cáncer de colon y de recto, enfermedad coronaria, estreñimiento, etc.). Sin embargo, es cierto que las normas dietéticas, en permanente revisión, nos dicen cómo el uso racional de las carnes rojas, de los huevos y de la leche puede ser beneficioso para la salud humana y cómo las drásticas medidas de policía sanitaria eliminan los riesgos de transmisión de enfermedades, incluida, esperamos, la citada encefalopatía espongiiforme.

Finalmente, el último de los factores limitantes citados los motivos ético-morales —y perdón de nuevo por la autocita— fue objeto de exposición y análisis en nuestro discurso de ingreso en la R. A. de Farmacia del Instituto de España (4). En el mismo sosteníamos que el hombre está plenamente legitimado para utilizarlos, incluso mediante su sacrificio para que le sirvan de alimento, siempre que lo haga con la responsabilidad que le confiere el hecho de ser persona, la cúspide y justificación de la Creación, y en la medida en que con ello sirven al fin de ésta. Asumiendo que se nos tache de teleólogos, frente a los que sostienen el **absurdo** de que la vida, la existencia, se resume en la *variabilidad* (con ocasionales mutaciones) y la *evolución*, nos adherimos al **misterio** que entraña la creencia en una finalidad de la misma. Y tengo para mí que, por encima de supuestos —o evidentes— efectos perniciosos sobre la salud humana, todos ellos superables, y de imperativos de orden éti-

co-moral y religioso, los animales seguirán contribuyendo como fuente de alimentos al bienestar de la humanidad.

Termino felicitando a esta Real Academia de Doctores por el acierto de incorporar a la misma a uno de los máximos especialistas en producción animal. De él esperamos muchas enseñanzas. Sea, pues, bienvenido el doctor Amalio de Juana Sardón.

Referencias

1. GONZALEZ GONZALEZ, G.: «La agricultura y la crisis de la energía». *Revista de la Universidad Complutense*, I: 18-42, 1980-1981.
2. GONZALEZ GONZALEZ, G.: «El enfoque energético de la producción de hierba». *Revista Pastor*, 23: 3-4, 1993.
3. GONZALEZ GONZALEZ, G.: «En torno a la interacción producción animal-medio-ambiente». *An. Real Acad. Farm.*, 64: 75-118, 1998.
4. GONZALEZ GONZALEZ, G.: *Animales superiores y bienestar humano ¿Estamos legitimados para utilizarlos?* Discurso de Ingreso en la Real Academia de Farmacia. Madrid.

