



# LA MEJORA GENETICA ANIMAL EN ESPAÑA



Texto de la Lección Inaugural del Curso Académico 1991-92  
a cargo del Ilmo. Sr. Prof. Dr. Antonio Rodero Franganillo  
Catedrático de Genética

Excmo. Sr. Presidente de la Junta de Andalucía.  
Excmo. Sr. Consejero de Educación y Ciencia.  
Ilmo. Sr. Director General de Universidades.  
Magníficos y Excmos. Sres. Rectores de las Universidades Andaluzas.  
Dignísimas autoridades.  
Compañeros.  
Señoras y Señores.

Heme aquí, en este acto inaugural del curso 1991-92, ante una responsabilidad que pesa con toda intensidad sobre mi conciencia, pero que no es superior a la que siento cuando cada día atravieso las puertas de las aulas para impartir las enseñanzas a los alumnos. Del programa de tales enseñanzas esta lección, que voy a exponer ante ustedes, constituye la última, puesto que es un compendio de todas las que le han antecedido. Me encuentro hoy, sin embargo, frente a un auditorio diferente, por lo que obligatoriamente el contenido y el tratamiento tiene que ser también distinto, procurando que el posible barniz retórico no impida la consideración de los cotidianos problemas reales en el ámbito del tema del que les voy a hablar. En este sentido no está de más recordar unas palabras pronunciadas por Miguel de Unamuno en la apertura del curso de 1900 en la Universidad de Salamanca:

"Oyese en nuestra historia el trotar de los caballos moros que invadieron nuestro suelo, pero no el lento y silencioso paso de los tardos bueyes que trillaban en tanto las mieses de los que muy de grado se dejaron conquistar".

\*\*\* \*\*

Una valoración detallada de la historia de la mejora animal es una experiencia humillante, no porque ello sugiera una falta de capacidad de gran parte de los mejoradores de ganado en el pasado, sino más bien porque revela la tendencia humana a despreciar los beneficios a largo plazo, a favor de las ganancias a corto plazo. A ello se une que, si es cierto que en los programas de mejora intensiva el hombre puede manipular el material genético con cambios de velocidad alarmante, no debiera haber aversión a tales mudanzas ya que el cambio rápido puede ser muy deseable teniendo en cuenta que ello conducirá a la mejora. Pero sería peligrosos admitir que cambio y mejora sean sinónimos (Alderson, 1991). A partir del momento en que los animales fueron domesticados por primera vez hace 10.000 años o más, el hombre ha intentado imponer unas ideas sobre la evolución de los animales productivos. Anteriormente a ello la adaptación de los animales a su ambiente natural era determinada por la supervivencia del más apto. A partir de entonces, la selección del ganado por el hombre acentúa las características de los animales separados de sus hábitats originales. Los sistemas artificiales de cría han fijado los ambientes en los que el ganado va a evolucionar, de tal forma que los programas de mejora han colaborado a acelerar el

proceso. Los resultados de la mejora van a medirse por su capacidad de incidir en el progreso genético. Si por progreso se entiende un cambio direccional encaminado hacia el perfeccionamiento, ello contiene dos elementos: uno es descriptivo, el progreso ha de suponer un cambio en una dirección determinada; el otro es axiológico, dicho cambio debe suponer un perfeccionamiento o mejoramiento, lo cual introduce un juicio de valor sobre lo que es mejor o peor. Este segundo elemento obliga a fijar con precisión los objetivos de la mejora, lo que, en ocasiones, produce el enfrentamiento entre el genético, el mejorador, el ganadero y el comerciante, debido a que los objetivos pueden ser afectados por tres grupos de factores:

1. El negocio de los criadores de ganado selecto que, a diferencia de las explotaciones pecuarias ordinarias, incluye la venta de reproductores con genealogía.
2. Los rendimientos tienen muchos componentes, algunos de los cuales son mutuamente incompatibles.
3. Las condiciones económicas y ambientales de la producción, principalmente los precios y los sistemas de manejo, varían a lo largo del tiempo y según las distintas localizaciones. Es decir, los objetivos de mejora son muy sensibles a los factores externos, como en el caso de España ha representado la entrada en la C.E.E.

Si bien el conocimiento de los mecanismos genéticos es importante en la selección de los caracteres productivos e igualmente en la reproducción del ganado (fig. 1), la mejora animal no se ha inventado en nuestro siglo, ni se ha creado *ex initio* por los genetistas. Los animales domésticos han sido mejorados con pleno éxito durante miles de años. La conexión de la mejora con la Genética sí tiene lugar a comienzos de este siglo. Una vez que se definieron las bases de la Genética, fue posible explicar los fenómenos de la mejora animal a partir de los principios de la ciencia de la Herencia, es decir, se comprendió que el cambio de las características de los animales durante algunas generaciones por medio de la selección es debido a la modificación de las frecuencias alélicas.

Durante gran parte del siglo XIX el interés por la transmisión de los caracteres se reducirá a los cultivadores de plantas y a los criadores de animales. La revolución industrial, y los cambios socio-económicos que ello llevó consigo, incrementaron las necesidades y demanda de alimentos, lo que forzó a aumentar las cantidades de las cosechas y las producciones del ganado, no sólo mediante la elevación del número de animales o plantas por unidad de superficie, sino también por la intensificación de las producciones y por la mejora de las cualidades. Las corrientes económicas ricardianas vigentes en esa época, tendían a imitar el proceso que se seguía en la incipiente industria, es decir, a incrementar la producción agraria; por todo ello, se hacía necesario poner a punto las distintas tecnologías que hicieran posible tales incrementos, entre las que se incluía la Mejora genética animal.

La rápida expansión de la Genética desde el comienzo del siglo XX refleja, en parte, su importancia económica, aunque también su interés biológico. Desde el redescubrimiento de la obra de Mendel, ha habido científicos interesados, a partir de los nuevos hallazgos, en mejorar las variedades de plantas y animales, lo que significaba aplicar los mismos métodos y abordar los mismos problemas. Si bien, como hemos dicho, antes de 1900 el arte de la Mejora animal estaba bastante avanzado, se conocía bien poco del porqué sucedían las cosas, cómo sucedían y, en general, se estaba bien lejos del tratamiento científico de los problemas. Como ilustración de lo dicho, piénsese que la creación de asociaciones de ganaderos, que tenían como uno de sus objetivos la mejora de sus animales, tuvo su auge entre los años 1870-1880. Ya entonces se comenzaban a utilizar diferentes procedimientos de cruzamientos y se realizaba la selección individual dentro de las razas puras, si bien se utilizaban escasamente los datos de la ascendencia y de los colaterales.

Los principales y más inmediatos efectos del mendelismo y de los trabajos de sus epígonos sobre la mejora animal fueron los siguientes:

- La sustitución de la selección fenotípica por la genotípica.
- El conocimiento de que las variaciones de causa genética y las ambientales están presentes en los individuos y son difícilmente distinguibles entre sí, pero tienen consecuencias diferentes en sus descendencias.
- La clarificación de conceptos variados, como atavismo y reversión, telegonia, control de sexo, etc., que habían sido instrumentalizados por los mejoradores de antes de principios de siglo.
- El hecho de que igualdad de pedigrí no significa necesariamente herencia idéntica y concluir que el mejor procedimiento de selección para juzgar las cualidades de los reproductores es valorar sus descendencias.
- Provocar el nacimiento de la Genética de poblaciones y de la cuantitativa.

Dos ramas de la Genética han contribuido diferencialmente a la mejora animal:

1. **La Genética cualitativa** que concierne a la herencia de caracteres determinados por genes simples y únicos. Como la mayor parte de las características importantes desde el punto de vista ganadero son poligénicas, la contribución de la Genética cualitativa a la práctica de la mejora animal ha sido hasta hace poco exclusivamente marginal, con algunas excepciones que pueden estar representadas por la Inmunogenética aplicada.
2. **La Genética cuantitativa**, la cual implica caracteres poligénicos por lo que tiene un impacto crucial sobre los distintos métodos de mejora y ha contribuido destacadamente a su éxito durante las tres últimas décadas (Fries, 1988). Se basa la Genética cuantitativa en el reconocimiento de fenotipos complejos; a partir de ello, ha desarrollado modelos y métodos estadísticos que tratan los valores fenotípicos para estimar las características genéticas y los cambios de las poblaciones animales. La manipulación se hace por selección y acopamiento de los individuos dentro y entre poblaciones. El progreso

genético, cuando los métodos se aplican adecuada y sistemáticamente, es muy destacado, pero en la situación actual existen limitaciones. Además de causas económicas y políticas, las limitaciones se producen por los rápidos cambios de los objetivos de selección, por el escaso conocimiento de las causas bioquímicas y fisiológicas de la variación de los caracteres de producción, por la intensidad de la variación genética y por las concretas circunstancias de la reproducción sexual en determinadas especies. Por ello, se está considerando la implantación de nuevos métodos que continúen en el futuro el progreso ya realizado (Gelderman, 1988).

Muchos de los mendelianos de primera hora, en la excitación producida por los albores de la nueva era en el estudio de la herencia, insistieron en que disponían de la llave de la mejora ganadera. Fue necesario que pasase la siguiente generación para que los genéticos de poblaciones llegasen a comprender las limitaciones de los nuevos instrumentos genéticos.

En este discurrir, un conjunto de nombres de científicos han ido marcando hitos trascendentales. Si bien Yule en 1906 intuyó que también los caracteres cuantitativos se regían por las leyes mendelianas y que, por tanto, éstas podían aplicarse a las producciones animales, fueron Fisher, Wright y Haldane quienes en las dos primeras décadas del siglo, de manera definitiva aclaran científicamente estas cuestiones. A partir de entonces, el camino quedó abierto para el estudio de las variables cuantitativas o de producción y para aplicar la selección y la mejora al mundo de los animales domésticos, lo que fue realizado, en gran parte, por Lush, Lerner, Robertson, Hill, Mather, Kempthorne, etc. Como hemos indicado la Genética cuantitativa se ha ido agotando como cuerpo doctrinal. Los últimos trabajos que se realizan en esta materia son básicamente aplicaciones de técnicas estadísticas, ya conocidas aunque no utilizadas antes, a la selección ganadera, y que no aportan nada nuevo desde el punto de vista genético. Sin embargo, nos encontramos con que no todas las técnicas se han aplicado a las aves, pocas a los cerdos y vacuno y lechero y casi ninguna en ovinos, caprinos y vacuno de carne y si nos concretásemos a nuestro País la difusión de los principios de la Genética cuantitativa a la mejora animal no ha hecho nada más que comenzar, recurriéndose en su ausencia a la importación de tecnología foránea.

Me parece conveniente, antes de seguir adelante, exponer de forma sucinta unas ideas sobre el contenido y concepto de la Genética cuantitativa, para lo cual recorro al Dr. Orozco. Para él (1987) la Genética cuantitativa tiene dos enfoques:

a) Uno interpretativo o teórico que se basa en tres supuestos:

- Conocer los genes que rigen el carácter.
- Conocer las frecuencias alélicas de las poblaciones.
- Conocer los efectos medios de estos alelos.

b) Otro aplicativo o práctico, en el que no se conocen estos tres puntos y se trabaja con valores estadísticos que definen la población.

Las dos aplicaciones básicas de la Genética cuantitativa serían:

- 1) Estimar el valor genético de cada animal candidato a reproductor.
- 2) Predecir la respuesta genética que se va a obtener por efecto de la selección.

Según López Fanjul (1984) las dos facetas que presenta la Genética cuantitativa son:

- 1ª. El desarrollo teórico del modelo general, cuya meta es la predicción de la respuesta o la selección.
- 2ª. La aplicación de estos conocimientos en la mejora animal y vegetal.

Es posible que en lo expuesto hasta ahora referente al papel que ha jugado y juega la Genética cuantitativa en la mejora, se hayan podido apreciar posturas contradictorias, que quedarían también de manifiesto en las opiniones expresadas por dos ilustres y destacados especialistas. Henderson decía: "Cuando observo un rebaño de ganado no veo pezuñas o cuernos, sino una media y una varianza". En el otro extremo, Lewontin opinaba caústicamente de la siguiente manera en la I Conferencia Internacional sobre Genética Cuantitativa: "La Genética cuantitativa, base de los modernos métodos de mejora animal y vegetal, es un intento de extraer conocimientos a partir de una sistematización de la ignorancia". Agregaba este último que la Genética cuantitativa no tiene en cuenta suficientemente la estructura detallada del genomio, la riqueza de la variación en el mismo y las vías por las que el mensaje genético se plasma en el fenotipo.

En este mismo sentido se decanta Cunningham (1990) cuando indica que existe un conjunto de hechos complejos, que ahora conocemos y que pueden tener una elevada incidencia en los procesos de mejora. Como ejemplos de tales hechos cita: la diferenciación entre segmentos de ADN codificantes y no codificantes; la distinción entre genes nucleares, heredados de modo mendeliano, de aquellos otros mitocondriales transmitidos de modo maternal; la evidencia de la impresión parental, de modo que se activen los genes de un progenitor, mientras que a los del otro no le ocurre otro tanto; la existencia junto a elementos genéticos fijos, de otros móviles; el hecho de que en ocasiones varios genes pueden determinar una sola proteína (por ejemplo la determinación genética de las Igs) y en otras un solo gen es capaz de codificar varias proteínas, etc.

Desde una perspectiva general podemos decir que en el desarrollo de la Genética la base metodológica ha estado representada por la dialéctica materialista. Dentro de la Genética, la Biología molecular ha contribuido más que ninguna otra rama a proscibir de ella la actividad metafísica. Ha desaparecido la probabilidad de tropezarse con misterios que no podían explicarse en términos de leyes físicas o químicas. Sin embargo, en el análisis que estamos haciendo deberíamos evitar caer en la tentación del

reduccionismo. Si éste es una tendencia dominante en la ciencia contemporánea, el reduccionismo genético sería una consecuencia.

## LA MEJORA GENÉTICA EN ESPAÑA. LAS CAUSAS GENERALES DE SU RETRASO.

Antes de entrar de manera concreta en el análisis de la situación de la Mejora genética en España, se deben recordar las circunstancias pasadas que han creado el marco en el que se ha desarrollado el proceso de mejora animal en España. Es decir, debemos recuperar del fondo del olvido, la autenticidad de lo que puede estar más o menos desvirtuado. En este recordatorio debemos tener en cuenta los siguientes hechos (Rodero, 1986):

- 1º. Durante la década de los sesenta se produce en nuestro país un aumento de la demanda de alimentos de origen animal, de forma que éstos pasan a ocupar el 50% de los gastos de alimentación.
- 2º. Esta demanda no pudo ser cubierta, en su momento, ni por las producciones de las razas autóctonas, ni por la entonces naciente tecnología en el campo de la mejora, siendo preciso importar razas extranjeras en las que se había aplicado durante varias generaciones la selección según la nueva metodología de la Genética cuantitativa.
- 3º. No se pudo, ni se supo, cubrir las necesidades alimenticias requeridas por este ganado, por lo que también hubo que importar los nutrientes de la cabaña nacional.

Es decir, se produjo una dependencia económica y tecnológica del exterior, importando ganado, alimentos y tecnología, pero al mismo tiempo dando entrada a una nueva patología animal y, en ocasiones, provocando un retroceso genético en algunas especies, como es el caso del ganado vacuno lechero, por cuanto frecuentemente el semen, importado de las empresas extranjeras, tenía un valor genético bajo; lo mismo ocurrió con los sementales adquiridos por los centros de inseminación artificial españoles, que, en numerosas ocasiones, eran el desecho de los centros extranjeros exportadores (Serradilla y col. 1989). Por esto, en la actualidad deben dirigirse acciones técnicas para disminuir tales dependencias, acciones, entre las que se deben incluir las de tipo genético, tendentes a seleccionar razas y estirpes perfectamente acomodadas a los modernos sistemas de explotación y también a mejorar las razas autóctonas que estén adaptadas a las condiciones de las zonas marginales o de las zonas áridas.

- 4º. Algunas especies de ganado, como son las ovina y caprina, que han representado tradicionalmente una importante fuente de alimentos en España, están y han estado, desde tiempos antiguos, distribuidos en zonas áridas, en gran parte en un carácter árido o por su difícil orografía y casi siempre dependiendo de recursos forrajeros

caracterizados por su estacionalidad y calidad mediocre. La pobreza del medio conlleva unas producciones reducidas y unas remuneraciones bajas de los empresarios. En consecuencia, estos sectores ganaderos pueden ser considerados en su conjunto como poco dinámicos desde el punto de vista técnico, situación que ha tenido repercusiones obvias en cuanto al desarrollo de los programas de mejora genética. No hay que olvidar tampoco que las condiciones naturales del sector y las del clima, determina en ciertas zonas de España unos costes superiores a los de otros países y a la consiguiente falta de competitividad.

- 5º. La situación actual no puede deslindarse de la participación de España en la C.E.E.; dejemos de momento este punto que será tratado más específicamente en un apartado posterior.

#### **Los problemas específicos que han dado lugar a la situación actual de la Mejora Genética Animal en España.**

La situación en España, en lo que se refiere a la Mejora genética, es algo diferente de la que se ha descrito a nivel general.

Los cambios socio-económicos, a que nos hemos referido y que han sido propios del llamado mundo occidental, no se han representado de la misma manera en gran parte de España. En ella, hasta no hace mucho, continuaba una estructura agraria de carácter preindustrial, que no exigía, especialmente en las zonas latifundistas, una alta productividad, que forzase al empresario agrícola a la búsqueda de las nuevas tecnologías, entre ellas la genética. Durante gran tiempo la excepción pudo estar representada por la cría del ganado Merino, raza que fue un instrumento básico de la economía del Imperio Español. Es digno también de señalar que durante un largo tiempo el interés por la mejora se centró en razas como el caballo español, o el toro de lidia, en las que se buscaban los aspectos lúdicos y de prestigio social, más que en el aspecto económico. Esta situación con ligeras variaciones continuó hasta alrededor de la década de los sesenta. Cuando empezaron a cambiar las estructuras sociales y económicas de España, la situación de la economía internacional hacía difícil mantener los planteamientos autárquicos en las directrices de mejora genética, al menos de algunas especies ganaderas.

En España los problemas que han dificultado la aplicación práctica de la genética a la mejora se han puesto de manera más clara de manifiesto y con mayor intensidad que en otros países.

Orozco (1984) cita algunos de estos problemas:

- El apego a los sistemas de mejora clásicos y la resistencia a los cambios de metodología.



- El que se ha realizado en demasía el concepto de raza y no el de estirpe o población cerrada dentro de aquella.
- La excesiva importancia que se ha dado a las exposiciones y concursos de razas como métodos de mejora.
- La carencia, hasta época reciente, de asociaciones de ganaderos, análogas a las extranjeras, que organizaran o colaboraran en los planes de mejora y que pudiesen exigir responsabilidades a la Administración.
- El que en las actuaciones ha faltado con frecuencia el asesoramiento de expertos genetistas, no habiendo contado tampoco con el apoyo económico de las entidades públicas.

Baselga (1987) por su parte ha opinado que para comprender tal situación hay que tener en cuenta para España los siguiente hechos:

- Si la mejora genética se alcanza por medio de pequeños incrementos acumulativos que se rentabilizan a través de su difusión a la población productiva, en nuestro País no se ha conseguido organizar adecuadamente el flujo de genes a la masa ganadera a partir de las ganaderías selectas, que por otra parte tampoco han sido debidamente seleccionadas.
- Los métodos de mejora se basan en conocimientos científicos procedentes de campos diversos que no han estado presentes ni entre los ganaderos, ni entre los técnicos, ni entre los miembros de la administración pública.
- La aplicación de tales métodos requiere matizaciones y adaptaciones a las circunstancias concretas de cada caso, lo que tampoco hemos sido capaces de llevar a cabo.

Serradilla y col. (1989) han realizado un estudio, en el que para cada una de las especies de ganado, analizan el estado actual y las perspectivas de la Mejora genética en España. De este trabajo son las siguientes conclusiones:

- En el caso de razas o poblaciones en las que, por sus sistemas productivos de tipo extensivo (especies ovina, caprina y vacuno de carne) resulta poco recomendable su sustitución o absorción por otras razas mejoradas procedentes del extranjero, es preciso consolidar programas de selección. La ampliación de las bases de selección, la rigurosidad de los controles de producción, la agilidad en el procesamiento de los datos y el incremento de la participación de los ganaderos son los objetivos a corto plazo para que se produzca esta consolidación.

- Cuando se trate de producciones intensivas o semiintensivas (cerdos, conejos y vacuno de leche), en que sí es interesante la importación de animales mejorados, resulta imprescindible que el material genético importado sea del máximo valor y no el rechazado en otros países, y que ese material genético sea probado en las condiciones españolas para conocer, de forma objetiva, su valor genético real para que, una vez valorado el material genético, se pongan en funcionamiento estructuras eficaces de selección o multiplicación, de forma que las importaciones se reduzcan al mínimo.

### **Repercusiones de la participación de España en la C.E.E. en los procesos de mejora animal.**

Para Ruiz Tena, en 1985, la entrada de España en la C.E.E. entrañaba las siguientes acciones referidas a la mejora:

1. Reconocimiento a todos los efectos por parte de los Estados miembros de las organizaciones o asociaciones de ganaderos, admitidas como Entidades colaboradoras de los libros genealógicos españoles.
2. Adecuar las exigencias de los controles, por las autoridades competentes, a los Países miembros.
3. Legislar en todo el territorio del Estado en cuanto a los libros genealógicos, a los programas de selección, a los controles de rendimiento, a la producción de esperma y a la de óvulos fecundados.
4. Incrementar los controles de rendimiento en nuestro ganado.
5. Actualizar los programas selectivos con las más modernas técnicas genéticas del momento.

La Comunidad Europea hace unos años agobiada por los elevados gastos de inmovilización, transformación y retribuciones en sectores ganaderos, por ejemplo el lácteo, decidió la reducción de las producciones de los distintos países que la constituyan; incentivando la eliminación y/o transformación de las explotaciones, hacia otras actividades. Esta decisión, si se plantea de modo simplista, puede llevar a repercusiones muy peligrosas. La reducción en la producción de leche supone, al mismo tiempo una alteración en las relaciones de los componentes lácteos, siendo prudente preservar el equilibrio entre producción y demanda pero también el equilibrio entre los distintos componentes de la leche. Es pues necesario la reconversión del sector agrario que consiga explotaciones viables y competitivas y en las que se aplique la tecnología adecuada y actual, tal como ocurre en los países de nuestro entorno, sin dejar de tener en cuenta que el abandono en determinadas regiones de las explotaciones ganaderas podría llevar consigo la aparición de zonas erosionadas y desertizadas.

Pero, desde el punto de vista de la mejora genética del ganado, un tema que no se puede eludir y que ha sido creado por la entrada de nuestro País en la C.E.E., se refiere a si en los momentos actuales de excedentes en los productos agrarios, procede en España esforzarse en planes de mejora que darían lugar a un incremento de las producciones animales. Para colocar en sus justos términos esta cuestión, no hay que olvidar que desde 1973 los países que formaron inicialmente el Mercado Común fijaron como un objetivo de su política agraria la modernización de las estructuras de las explotaciones, tanto en cuanto al tamaño adecuado como a la aplicación de las nuevas tecnologías, entre ellas las correspondientes a la mejora. Ha sido posteriormente cuando el problema fundamental de la agricultura europea ha cambiado y se ha centrado en el exceso de oferta existente en determinados productos en los mercados europeos. Se ha hecho necesaria una nueva definición de la política agraria, en la que el objetivo inicial se ha visto sustituido por otros que persiguen la reducción de excedentes, la atenuación de los efectos sociales derivados de una reducción del proteccionismo y la conservación de la naturaleza, especialmente en zonas de montaña.

Sin embargo, no es este el caso de España ni de otros países de la Comunidad, en los que la modernización de las explotaciones no se ha ultimado, y, en algunos de ellos ni siquiera se ha iniciado. La especie de ganado que ha sido más sensible a la entrada en España en la C.E.E. es la bovina en su producción lechera. Como ejemplo de la falta de desarrollo tecnológico que tal ganado tiene en España, Alenda (1989) expone como un objetivo en la selección del vacuno Frisón español, para que su producción sea la adecuada, conseguir un progreso genético anual de 100 kg. de leche por animal, para lo cual es preciso que el 60% de las inseminaciones totales se haga con semen de toros probados nacionales; otro 20% se debería hacer con semen de toros de élite del extranjero y el 20% restante con semen de toros de producción cárnica para cruce industrial. Habría que agregar a éstos otros tipos de acciones como pudiera ser poner en prueba de descendencia cada año 120 toros, de los que se seleccionaría 1 de cada 8.

Por nuestra parte, en 1982 realizábamos unos cálculos sobre la producción de leche en Andalucía. Llegábamos a las siguientes conclusiones:

- Para alcanzar la productividad de la C.E.E. (en aquel año de 1982) se hacía necesario elevar en cerca de 800 litros por cabeza la producción lechera de nuestro ganado vacuno.
- Teniendo en cuenta la parte que de ese incremento se produciría por vía genética y admitiendo una heredabilidad del carácter cantidad de leche igual a 0.35, la diferencia en producción entre los animales seleccionados y la media del total de la población debería ser de alrededor de 1.000 litros.
- Para alcanzar tales objetivos se debería seleccionar un mínimo de 6 años de actuación.

Como se puede apreciar las cifras que obtuvimos en su día para Andalucía no están muy distantes de las que posteriormente calculó Alenda para todo el Estado español.

\*\*\* \*\*

Si abandonamos el análisis de la repercusión en la mejora de la entrada de España en la C.E.E., no quisiéramos finalizar este apartado referente a la situación de la Mejora genética en nuestro país sin agregar, por nuestra parte, algunas otras breves consideraciones sobre las actuaciones de las Administraciones en el ámbito de la política de mejora ganadera.

\* La Administración Central, durante años, no quiso o no fue capaz de actuar de forma que se produjese la modernización de las explotaciones ganaderas (al menos en sus aspectos de Mejora genética), de forma que ésta sólo tuvo lugar, en la mayor parte de los casos, por iniciativa privada. Ello fue consecuencia de que:

- No se estimuló adecuadamente el asociacionismo, para que los propios ganaderos tuviesen el protagonismo que les correspondía.
- Ni tampoco se logró llevar a la práctica las técnicas modernas de mejora genética, para lo que era necesario luchar en ocasiones contra la inercia y la incultura de determinados empresarios agrarios. Se hubiese tenido también que vencer las dificultades creadas en un principio como consecuencia de las transferencias en materia ganadera del MAPA a los Entes autonómicos.
- No se supo coordinar los pilares fundamentales de cualquier plan de mejora: Administración, ganaderos y los técnicos especialistas e investigadores.

La situación en la actualidad, sin aproximarnos al óptimo, ha variado substancialmente. Por una parte, el ganadero es mucho más sensible a los beneficios de la Ciencia y de la Técnica y se presta ahora con cierta facilidad a colaborar en cualquier actuación que persiga la mejora de las producciones. Por otra parte, cargos y técnicos del MAPA luchan denodadamente para corregir algunos de los errores señalados. Cada vez son más intensas las relaciones entre la Administración, los Centros universitarios y de investigación en la búsqueda de las mejores soluciones para caso concreto en los que hay que realizar una mejora genética.

Desde otro punto de vista, la pertenencia a la C.E.E. obliga a que se programen planes de mejora por parte de las asociaciones ganaderas que serán tuteladas por la Administración, lo que ha provocado la elaboración de programas de mejora para cada especie y producción y, al mismo tiempo, ha incentivado la creación de nuevas asociaciones y el reforzamiento de las existentes.



\* En relación a la Administración autonómica andaluza se podrían aplicar algunas de las consideraciones que se han hecho para la Central. Habría, sin embargo, que señalar un hecho diferencial: la coincidencia en una misma Dirección General de la Consejería de Agricultura, de servicios dedicados a la mejora y de otros que se ocupan de la salud animal y luchan contra sus enfermedades. Los muy importantes problemas que surgen en estos últimos requieren soluciones urgentes e inmediatas, de forma que se concentran en tales servicios los esfuerzos humanos y económicos en detrimento de los necesarios para los planes de mejora, no tan urgentes y con resultados a más largo plazo y menos rentables políticamente.

### LA INVESTIGACION ESPAÑOLA EN MEJORA GENETICA ANIMAL.

No se puede comprender el proceso por el que ha pasado la Mejora genética animal en España y su situación actual, sin analizar debidamente el *status* de la investigación y su desarrollo tecnológico.

La interrelación entre la investigación, la experimentación y la aplicación de lo conseguido con ellas es muy elevada en el caso de la Genética y de la Mejora. El valor de lo que se ha hecho en investigación de MGA deber contrastarse permanentemente por la práctica. Debo confesar, de entrada, que considero que la investigación científica no es algo que se lleva a cabo en un vacío ideológico, no puede considerarse ni ética ni políticamente neutral, sino que indica directa o indirectamente, una concepción del mundo que tiene consecuencias sociales específicas. Los factores económicos y técnicos conforman no sólo la dirección del flujo de la indagación científica, sino también el carácter intrínseco de la misma Ciencia. El científico tiene el derecho a cruzar las fronteras de sus áreas de estudio, cuando ello lleve consigo la realización del derecho a ser hombre, pero cuidando que el postulado de objetividad, piedra angular del método científico, no se traicione.

Con el campo de investigación de la M.G.A., como con el de otras ciencias de semejante naturaleza, se ha querido hacer un reparto de sus componentes básicos y aplicados entre las diferentes instituciones de investigación: Universidad, C.S.I.C., y Centros de investigación agraria dependientes del MAPA o de Administraciones autonómicas. Reparto por el cual a estos últimos centros le correspondería la investigación aplicada, en muchos casos más bien experimentación, que pretende resolver los problemas inmediatos del mundo ganadero, con lo que ello puede suponer de reconocimiento social a la labor que se realiza; quedando para el Consejo y sobre todo para la Universidad, los aspectos más básicos o de investigación pura, que tienen todas las posibilidades de considerarse en círculos más restringidos y en parte aislados de la sociedad de su entorno. La mayoría de las veces estos intentos han fracasado porque poner límites al trabajo científico es como poner puertas al campo. Pretender que centros de investigación se ocupen especial y/o exclusivamente de resolver los problemas urgentes e inmediatos es probablemente situarlos en el inicio de una

pendiente que puede acabar transformándolos en un servicio, con lo que ello supone de pérdida de su carácter investigador; o bien pueden quedar reducidos a meros aplicadores de la metodología producida en otros países, continuando la dependencia científica y técnica. Todo lo cual no quiere decir que se desconozca la trascendencia e importancia de que la investigación española, especialmente en M.G.A., se elabore y dirija sus esfuerzos en el sentido de que el campo cuente con los medios técnicos adecuados y modernos.

Debemos tener en cuenta también que es impensable que ciertas líneas de investigación de MGA en España puedan tener un desarrollo propio sin contar con el apoyo científico de centros extranjeros, por lo que sería necesario diferenciar aquellas de realización autóctonas, de las que deben integrarse subsidiariamente con otros laboratorios nacionales o extranjeros.

Las expectativas de desarrollo en Andalucía pasan, en gran parte, por el desarrollo del sector agroalimentario, lo que, sin lugar a dudas, requiere un adecuado apoyo técnico. Afirmar esto en la Universidad de Córdoba, cuyo futuro pasará por la capacidad que tenga de centrarse en los temas agrarios, puede sonar a perogrullada.

Tampoco hay que olvidar que la investigación financiada con fondos públicos debe ser explotada de la forma más eficiente, porque, de no ser así, se desaprovecharán los recursos limitados que proporciona el dinero del contribuyente.

#### **Situación actual de la investigación en M.G.A. en España.**

En 1984, en un ciclo de conferencias organizado por la Facultad de Biología de la Universidad Complutense con motivo del centenario de la muerte de Mendel, llevé a cabo un análisis que ahora actualizado nos podría servir para exponer la presente situación:

La introducción de los métodos y técnicas propios de la Mejora genética animal en España fue bastante tardía, tanto en lo que se refiere a la realización de la mejora, como a la aceptación y reconocimiento de dichas técnicas por los organismos competentes, o a la publicación de trabajos que tratasen los conceptos de dicho campo científico.

Una de las primeras obras, si no la primera, relacionada con aspectos de mejora genética animal, fue la de Fernández Nonidez sobre "Variación y herencia en los animales domésticos y en las plantas cultivadas", publicada en 1923. Se recoge en ella lo publicado, a nivel internacional, sobre la aplicación de la teoría mendeliana a caracteres de plantas y animales. Conviene recordar que el Dr. Fernández Nonidez fue profesor en la Cornell University Medical de Nueva York.

Desde el punto de vista de la experimentación y de la investigación en el tema que tratamos, hay que citar como pionero, el nombre del profesor Odrizola, quien durante los años cuarenta, realizó una muy meritoria labor dentro de la mejora genética porcina en la Misión Biológica de Galicia.

También, y desde otra perspectiva, hay que recordar al Dr. Gordón Ordás, quien, como político de alta responsabilidad en la dirección agraria española durante los años treinta, supo reconocer la trascendencia económica y técnica de los nuevos métodos genéticos; pero, sus planes fueron abortados, por causas de todos conocidas, lo que, en otras circunstancias, hubiese dado lugar a una situación muy diferente para España.

Las condiciones actuales quedan mejor reflejadas, con la exposición de los tres siguientes apartados relacionados con la mejora genética animal:

#### I) Los centros de investigación en el campo de la Mejora genética animal.

En la figura número 2 se señala la localización de tales centros, diferenciando los que realizan investigaciones zootécnicas, en los que accidentalmente pueden incluirse algunos trabajos de mejora animal, y los que lo hacen en el ámbito exclusivo de la M.G.A. Se discriminan también los grupos científicos que se pueden considerar consolidados y de tamaño apropiado de aquellos otros, de más reciente creación, y que se encuentran en fase de consolidación, si bien somos conscientes, sin embargo de lo atrevido de hacer tales calificaciones, más aún cuando las situaciones pueden cambiar en breve tiempo. Con todo ello, puede decirse que grupos de investigación al menos medianamente consolidados se dan en Madrid, Valencia, Córdoba, Zaragoza y Badajoz, si bien existen también otras zonas con individualidades de alto nivel como pueden ser los casos de País Vasco, León y Murcia.

No puede afirmarse que las investigaciones zootécnicas, ni aún menos la específica en M.G.A. sean muy ricas en medios, lo cual no se corresponde con la realidad económica. En las tablas 2 y 3 se exponen las producciones de los subsectores agrícolas y ganaderos y la comparación relativa entre ellas, como el resultado de una evolución que viene de años atrás.

A partir de los datos de un informe de 1990 sobre los Programas Nacionales de Investigación y de Desarrollo ganadero se ha confeccionado la tabla número 4, que es suficientemente explícita como para necesitar mucho más comentarios. En dicho informe se decía: "Entre las áreas prioritarias de este Programa (de desarrollo ganadero), la Mejora Genética Animal puede aportar un aumento de la eficiencia de la productividad cuando se complete con el control de los aspectos relacionados con la Reproducción, Alimentación, Sanidad y Manejo de los animales, que son las demás áreas prioritarias que configuran este Programa".

Si nos concretásemos al C.S.I.C. se observaría que, tanto para material como para personal, las dotaciones que se adjudican al área de la producción vegetal es netamente superior a la de producción animal, y dentro de esta las destinadas a M.G.A. no son de las más favorecidas.

En la Universidad el interés por la M.G.A. tampoco ha sido elevado ni ha tenido una larga tradición. Queremos recordar que la creación de la cátedra de zootécnia, tuvo lugar, por primera vez, en la Escuela de Veterinaria de Madrid en 1854. En los planes de estudio de las E.T.S.I.A. no se crea la especialidad de Fitotécnia y Zootécnia hasta el año 1957 y no inicia su funcionamiento la cátedra de fisiogenética, realmente mejora genética animal, hasta 1965, estando antes incluida en la zootécnia general. En los planes de estudio de las Facultades de Veterinaria no se introduce la especialidad de producción animal hasta 1973. En el plan de ese año se incluye como asignatura la genética especial, o mejora genética animal. Con anterioridad la M.G.A. se impartía dentro de la disciplina de Genética, si bien como señala el Prof. Cuenca, el plan de estudio de 1931 (época de Gordón Ordás) comprendía una zootécnia general, dos y cursos de zootecnia especial, además de genética como asignatura independiente. Hasta 1972 esta materia estaba incluida con la de alimentación en la cátedra de zootécnia I, a partir de dicho año se produjo el desdoblamiento de esa cátedra en la de Genética y en la de Alimentación.

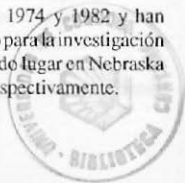
## II) Resultados de la desfase entre la investigación en M.G.A. a nivel mundial y a nivel español.

Con la reserva debida, se expone en la tabla número 5 de forma comparada las fechas en que se publicaron, en España y en otros países, los primeros trabajos de diferentes áreas de la M.G.A. Los datos tienen una cierta carga de subjetividad ya que la elección de los distintos trabajos, que se comparan, se ha realizado según nuestra propia opinión. La media de diferencia de años de publicación entre un grupo y otro (España y otros países) ha sido de 11.5 Observamos que la asincronía es mayor en las áreas cuyos trabajos se han publicado hace más tiempo que en aquellas cuyas publicaciones son más recientes.

## III). Análisis de las Conferencias Mundiales de Genética aplicada a la producción ganadera.

Estas reuniones científicas constituyen en el terreno de la MGA las más importantes y de mayor repercusión entre todas las que se organizan a nivel mundial.

Las dos primeras se celebraron en Madrid en los años 1974 y 1982 y han representado y pudieron haberlo hecho más, un hito y un revulsivo para la investigación y el desarrollo de la MGA en España. Las dos siguientes han tenido lugar en Nebraska (EE.UU.) y en Edimburgo (Reino Unido) en 1986 y en 1990, respectivamente.





Por las distintas localizaciones y connotaciones diferenciaremos las dos primeras de las dos últimas. Tanto en una como en otra se han discriminado los trabajos que hemos agrupado bajo el epígrafe de bases de la Mejora genética, que se refieren a aspectos como Citogenética aplicada, Genética cuantitativa, Genética bioquímica, Genética de animales de laboratorio, etc... de aquellos otros que titulamos como de tecnología de la mejora genética.

Datos de las dos primeras Conferencias se exponen en la tabla n.º 6. De ella se pueden hacer algunos comentarios:

— Desde el año 1974 al 1982 se produjo un incremento sustancial del número total de comunicaciones, e igual ocurrió con las aportaciones españolas, si bien en este caso en menor cuantía. Así, en el total, el incremento fue de un 47% y en el conjunto español, de sólo un 24%. En la Conferencia de 1974 el aporte español fue de un 9% y en la de 1982 de un 7%.

— En los dos Congresos se presentaron más comunicaciones del tipo que hemos calificado de tecnología de la mejora animal respecto a las consideradas como básicas, lo que en las presentadas por los españoles, sólo ocurrió en la 2ª Conferencia.

Las dos reuniones últimas, al no celebrarse en Madrid, tuvieron como era de esperar, una aportación española relativamente inferior: Los datos se recogen en la tabla n.º 7.

Se observa en esta tabla la línea ascendente del número de trabajos totales presentados a las Conferencias, lo que no ha tenido el correspondiente paralelismo en los que son propios de centros españoles. Este hecho se puede justificar, en parte, por la localización de los países en que se han celebrado cada una de las reuniones científicas. De todas formas, no parece que reflejen fielmente la vitalidad científica de los distintos grupos de investigadores españoles en MGA.

### **La investigación en Inmunogenética aplicada en España.**

El análisis que hemos hecho puede completarse si nos ocupamos de una de las ramas de la Ciencia de la Herencia, de la cual podemos hablar con mayor propiedad por ser durante muchos años el centro del interés por parte del grupo de investigadores en el cual me incluyo. Nos referimos concretamente a la Inmunogenética aplicada a la mejora animal.

En la última Conferencia Mundial de Genética aplicada a la producción animal, a la que hemos hecho referencia, se presentaron más de 60 trabajos de inmunogenética aplicada a la mejora en su más amplio sentido, ello representa alrededor de un 15% del total de trabajos. Es un dato indicativo de las posibilidades, que se juegan en la comunidad científica, puede jugar en la MGA la Inmunogenética de cara a un futuro. En la gráfica

n.º 4 hemos expuesto el cambio que ha experimentado el número de trabajos presentados a las sucesivas conferencias internacionales sobre grupos sanguíneos y polimorfismos bioquímicos animales (hoy Congresos Internacionales de Genética Animal), tanto en relación al total como en lo que corresponde a los presentados por investigadores españoles. Mientras los datos totales se ajustan a una curva convexa, los que corresponden a trabajos presentados por grupos españoles siguen una curva cóncava creciente.

Tanto a nivel internacional como nacional, los objetivos de la inmunogenética han ido evolucionando desde los estudios centrados en el estado de la variabilidad de las poblaciones y de su caracterización, hacia la investigación de determinadas moléculas y sus implicaciones en diversos procesos biológicos, como puede ser la resistencia genética a enfermedades, o en el aislamiento de genes de un alto valor para la mejora animal (Llanes y Rodero, 1989).

En resumen, quisiéramos resaltar los siguientes hechos:

1. La inmunogenética aplicada a la mejora está considerada como tema prioritario de investigación dentro de la investigación agraria, tanto por la CICYT, como por el CSIC, y también por la Junta de Andalucía.
2. A diferencia de lo que ocurre con otros temas de MGA, existen en España grupos de investigación con larga trayectoria científica, perfectamente consolidados.
3. La labor de estos grupos no desmerecen de la que se realiza a nivel internacional, desarrollando líneas de plena actualidad científica con un elevado rendimiento aplicativo.
4. La masa crítica de investigadores de estos grupos es muy favorable, a diferencia de lo que ocurre con otras líneas dentro de la MGA.
5. Una actitud razonable de la Administración sería la de potenciar estos grupos para que las líneas de investigación que actualmente están desarrollando alcancen su plenitud.
6. Del mayor interés sería la creación, como servicio, de un laboratorio nacional de tipificación para el control de parentesco, en conexión con los laboratorios de investigación existentes y dependientes de las autoridades ganaderas, a partir de sus propios recursos personales y materiales.

#### Las causas de la situación actual de la investigación en MGA en España.

Un análisis en profundidad de las causas que han motivado que la situación actual de la investigación en MGA en España no sea todo lo buena que sería de desear, exigiría más tiempo del que disponemos y, por otra parte, es algo que siempre comporta

un cierto riesgo de equivocarse, pero no queremos perder la ocasión de manifestar algunas ideas sobre tal cuestión, unas de carácter más general y otras más específicas.

Entre las causas de carácter general, que aunque indirectamente son también de aplicación en la MGA, se podrían citar:

1. La falta de tradición investigadora especialmente entre las décadas 40-80.
2. Lo tardío y frecuentemente insuficiente de los esfuerzos por fomentar la investigación desde el poder. En la Ciencia como en la Política también se puede llegar tarde.
3. La dispersión que se da entre los grupos que investigan en MGA, pertenecientes a diferentes instituciones, frecuentemente aislados unos de otros.
4. La falta de sensibilidad de la sociedad española, especialmente del empresariado, por este tipo de investigación.
5. Las todavía deficientes estructuras científicas.

Entre las causas más concretas nos atreveríamos a citar las siguientes, que se refieren de lo expuesto hasta ahora:

- 1ª. La investigación en el campo de la MGA es lenta e ingrata. Por su lentitud, al menos en varias de sus ramas, no se obtienen resultados inmediatos que gratifiquen prontamente el esfuerzo realizado. Ello produce un cierto desinterés de los organismos oficiales implicados en la mejora y no estimula suficientemente al ganadero.
- 2ª. Esta investigación, en ocasiones, es cara y conlleva una tecnología y métodos de difícil aprendizaje. Es cara porque, en muchos de sus aspectos, ha de realizarse sobre lotes de animales domésticos de elevado coste de inversión y mantenimiento.
- 3ª. No existe el número adecuado de fincas en las que se puedan realizar la investigación, la experimentación y la selección. Las que existen muy frecuentemente están escasamente dotadas de personal y medios, y falta de coordinación administrativa (Vera y Vega, 1962).
- 4ª. Hasta época reciente no ha existido la suficiente coordinación entre las distintas instituciones que están más o menos relacionadas con la investigación y con la aplicación de la MGA y que, de otro modo, podrían complementar perfectamente sus áreas de actuación. Es con respecto a esto con respecto a la investigación que ha sido la base de los planes de mejora se realiza sumando los esfuerzos y

recursos de instituciones que cubren un amplio espectro, y que van desde los centros de investigaciones y docencia hasta las mismas asociaciones ganaderas, pasando por los organismos oficiales de toma de decisión.

5ª. Ha sido tardía, a mi juicio, el reconocimiento por parte de las universidades, del papel que debían jugar las enseñanzas de mejora genética en las currícula profesionales, lo que ha originado que hasta no hace mucho, no se hayan formado licenciados con los conocimientos mínimos de esta materia, ni se hayan constituido núcleos de investigadores que la trascendencia científica y práctica de la Mejora genética demanda.

6ª. El panorama investigador de la MGA aparece como disperso, con unidades que sólo en ocasiones alcanzan la "masa crítica" suficiente.

Sin embargo, hay algo de lo que no se puede acusar al conjunto de investigadores españoles en MGA: desinterés por los problemas reales e inmediatos del mundo en que se encuentran implicados, en este caso el ganadero. Pocos pueden vanagloriarse de ostentar una relación de servicios que, no de modo coyuntural sino más o menos permanentemente, están a disposición de la sociedad española. Es un esfuerzo adicional al obligado y específico de investigación. Sólo a título de ejemplo citaríamos, entre otros, el servicio de Inmunogenética de ganado vacuno de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza, o el de citogenética de la misma Facultad. El conjunto de servicios y de labores de asesoramiento que ofrece el INIA de Madrid, entre los que se podría destacar los que lleva a cabo en el ganado vacuno productor de leche que está siendo fundamental para la selección y mejora de tales animales, así como la colaboración del SIA de Extremadura a la mejora ovina y del vacuno de producción cárnica. Tendríamos que citar también, aunque sólo fuese por su proximidad, los que existen en esta Universidad, tales como el servicio de identificación y diagnóstico de paternidad equina realizado en colaboración con el Ministerio de Defensa, el servicio de citogenética animal especialmente en el ganado vacuno de carne, el asesoramiento en los procesos de mejora en ganado cabrío y vacuno Retinto y la aportación al diagnóstico de determinadas enfermedades de ovinos y caprinos por medio de técnicas inmunogenéticas. Son servicios que esta Universidad ofrece en colaboración con instituciones nacionales (MAPA), autonómicas (Consejería de Agricultura) y provinciales.

## EL FUTURO DE LA MEJORA GENÉTICA ANIMAL.

No es mi intención, en este apartado, exponerme a caer en "el abismo blanco del tiempo venidero", sino considerar hasta que punto nos encontramos en España capacitados para abordar las nuevas fronteras de la investigación y la tecnología en el campo de la Mejora genética animal. Previamente se hace necesario presentar algunos esbozos de lo que pudiera ser la Mejora genética animal del mañana.

Si bien es cierto que hasta ahora al desarrollarse la Genética se ha extendido y dividido en áreas especializadas, como son la Genética molecular, la Inmunogenética, la Citogenética, la Genética de poblaciones y cuantitativa, también es verdad que la ciencia de la herencia, en su totalidad, cada vez más se ha visto implicada en la mejora económica de los animales domésticos, en la que la contribución de la Genética cuantitativa, ha sido substancial. No obstante, en el futuro la mejora no dependerá tanto de ella y habrá que recurrir a ideas de las otras ramas junto con los nuevos avances de la biología y fisiología reproductiva, de la informática y de la electrónica.

Es cierto que la Genética cuantitativa ha experimentado un fuerte avance en los años recientes, no tanto en su teoría como en sus aplicaciones, gracias al progreso de la informática que ha hecho posible llevar a la práctica los métodos de estimación del mérito genético de las poblaciones, algunos de los cuales se habían sugerido hace más de 30 años. Pero estas aproximaciones más o menos sofisticadas son incapaces en estos momentos de separar el muestreo mendeliano y alcanzar el nivel debido en la precisión de las estimaciones. La genética molecular y bioquímica pueden cubrir este hueco. Por medio de la ayuda de ellas se debe ir a la búsqueda de las causas de la variabilidad cuantitativa, y a determinar qué genes o qué regiones cromosómicas están afectando a dicha variabilidad.

Diferentes técnicas se están utilizando para intentar resolver estos problemas, pero aún así la identificación de los genes cuantitativos no se resolverá en unos años y se harán necesarios nuevos métodos y aproximaciones para abordar este problema.

Sin embargo, dentro de la Genética cuantitativa existe todavía un conjunto de posibilidades de cara al futuro. Como ejemplos se podrían citar:

- La utilización de índices de selección para caracteres no-aditivos.
- El papel que juegan los elementos móviles en la formación de la varianza genética cuantitativa.
- La utilización de modelos mixtos en la estimación de parámetros de la varianza para caracteres categóricos.
- El empleo de modelos no lineales en la estimación del valor o mérito genético de los reproductores.
- Los efectos del tamaño de la población sobre los límites de la selección y las repercusiones que sobre ello pueda tener los recientes avances de la fisiología reproductiva.
- Las consideraciones económicas de los programas de mejora, la metodología del flujo de genes, que tiene en cuenta la acción de la selección desarrollada

simultáneamente sobre caminos múltiples, cada uno con una diferente exactitud, intensidad y número de generaciones, permite una precisión mucho mayor en el cálculo de los resultados principalmente de carácter económicos, de un programa de selección. Hay que tener en cuenta que los estudios sobre los beneficios obtenidos en relación con los costes de los programas de mejora en varias especies han demostrado que el citado cociente beneficio/coste oscila de 5 a 50 (Cunningham, 1980).

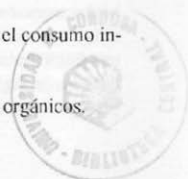
En los campos de la ingeniería genética, de la genética molecular y de la tecnología reproductiva es donde cabe esperar innovaciones más radicales que afecten a los procesos de MGA.

Una vía adicional a los métodos clásicos de selección podría ser la generación de animales transgénicos mediante la inclusión de genes clonados, en embriones, para que después del desarrollo del feto, el nuevo material genético esté presente en todas las células del animal incluyendo las germinales. La microinyección directa de ADN es el sistema de transferencia genética más utilizado en los animales de granja. Después del nacimiento se ha demostrado la integración, la expresión y la transmisión de los genes extraños en el animal receptor. Hoy día la discusión sobre este uso de la transferencia se centra sólo en unos cuantos genes, según Brem y Kräusslich (1988):

- 1º. Genes que inciden en caracteres como el crecimiento, la lactancia, la reproducción, etc... (por ejemplo, de las hormonas de crecimiento).
- 2º. Genes que regulan o influyen en las respuestas inmunitarias y en las resistencia contra enfermedades (p.e. gen Mx).
- 3º. Genes que cambian las vías metabólicas.
- 4º. Genes que codifican proteínas estructurales (p.e.: keratinas).
- 5º. Genes que codifican proteínas extrañas que se expresarían en tejidos específicos: cultivo de genes (p.e.: insulina humana).

Mercier (1986) agrega a éstas, otras posibilidades:

- 1º. Reducción del contenido de lactosa de la leche de vaca para permitir su consumo por personas intolerantes a este azúcar.
- 2º. Supresión de la  $\alpha$ -lactoglobulina en la leche bovina usada en el consumo infantil.
- 3º. Producción de leche con alto contenido en caseínas y fosfatos orgánicos.



Que todas estas posibilidades lleguen a ser una realidad práctica pasa por el desarrollo adecuado de un conjunto de técnicas de la Genética molecular y de la Fisiología reproductiva, entre las que destacan la del ADN recombinante, la reacción en cadena de la polimerasa, el análisis del polimorfismo de los fragmentos de restricción, la manipulación de blastocitos, etc... que además presentan otros usos, entre los que se incluyen la conservación de genes, la elaboración de mapas génicos (existe en la actualidad un proyecto europeo, del que está ausente España, para obtener el mapa genómico del cerdo), la detección de variantes genéticas en poblaciones, la identificación del valor genético de los animales independientemente del sexo, o la edad; todo lo cual puede suponer una revolución en la mejora animal. La manipulación de embriones (T.E.) constituye una vía de incremento de la respuesta genética en el proceso selectivo, tanto aumentando la intensidad de selección como reduciendo el intervalo entre generaciones y el número de animales a controlar (ver E. Rodero, 1990), si bien el T.E. será más eficaz que ahora cuando se perfeccione el sexaje del blastocito, la clonación nuclear o división de embriones, la formación de quimeras, etc...

En 1986 Skgervold hacía unas previsiones, a partir de encuestas realizadas en una muestra de 150 científicos, sobre las posibilidades futuras de la ingeniería genética en la Agricultura. Parte de los resultados se exponen en la tabla nº 8.

En líneas generales estas previsiones se vienen cumpliendo y no se puede decir que los científicos fuesen excesivamente optimistas.

En resumen, los servicios que deberán ofrecer, en el futuro, estas técnicas quedan reflejados en las palabras de Cunningham (1990): "Los retos de la Mejora genética en las décadas próximas están determinados por la capacidad de servir a las necesidades reales humanas y por la calidad intelectual del científico para innovar, descubrir y mejorar. Servir a las necesidades reales significa una reorientación de los esfuerzos hacia el mundo en vía de desarrollo. En este sentido, la mejora del ganado es un genuino servicio público y continuará de este modo por un tiempo, aunque debido a la aplicación de la ciencia en este campo, cada vez más, como cualquiera otra tecnología, se moverá por las fuerzas del mercado".

Otro reto del que hace mención el mismo autor se refiere a equilibrar la conservación de recursos genéticos con el desarrollo del potencial productivo, lo cual pasa por profundizar las investigaciones en cuestiones relacionadas con la consanguinidad, el cruzamiento, la epistasia y la herencia no-nuclear y por interactuar la Genética cuantitativa con las nuevas tecnologías genéticas y reproductivas de las que hemos hecho mención. Es decir, se hace necesario, como reto para las próximas décadas, dirigirse hacia los problemas de la mejora del ganado en el mundo en desarrollo y lograr una fructífera amalgama de la Genética cuantitativa y molecular. Esto es de aplicación también a España, tanto por el nivel científico que ha alcanzado, como por el protagonismo que debería tener en algunos de esos países en vía de desarrollo.

## El futuro de la MGA en España.

Partiendo del panorama que hemos descrito ¿Cuáles son las posibilidades que se pueden ofrecer en el futuro al investigador y al técnico en MGA en España?

En 1984 hacíamos las previsiones que se exponen en la tabla nº 9 sobre las posibilidades de la investigación en Mejora genética animal en España.

Estas previsiones tampoco se están desviando excesivamente de lo que ha acontecido o está aconteciendo. Efectivamente, en Inmunogenética aplicada son muchos los pasos que se han dado elevando el nivel de las investigaciones, acercándolas al de otros países más desarrollados. Actualmente se trabaja, en las Facultades de Veterinaria de Zaragoza, Córdoba, Barcelona e IRTA de Cataluña, en la obtención de sueros reactivos de grupos sanguíneos por medio de anticuerpos monoclonales, en el aislamiento de antígeno/receptor para su estudio, caracterización y su posible uso en vacunas; en el análisis de los sistemas de histocompatibilidad de ovinos y caprinos; en la determinación mediante sondas de ADN y por isoelectroenfoque de antígenos relacionados con la resistencia a enfermedades; en el aislamiento de genes implicados en el proceso de resistencia genética; en las relaciones del sistema de histocompatibilidad porcina y la enfermedad del stress en dicha especie; en el estudio inmunogenético de la mamitis del ganado vacuno; en la caracterización inmunogenética de poblaciones y razas, etc... Habrá que profundizar en algunas de estas líneas, que limitan con las de la Biotecnología.

En un informe muy recientemente publicado por el Instituto de Fomento de la Junta de Andalucía se consideraba, a partir de datos del Departamento de Ciencias Norteamericanas, el Informe F.A.S.T. de la C.E.E. y un informe de la O.C.D.E., como una de las oportunidades de desarrollo tecnológico, la Biotecnología, que incluía las técnicas para manipular el material genético, la Microbiología para la Agricultura, la explotación de la biomasa, la Agroalimentación y la Sanidad.

En el campo de la Citogenética no sólo se están cumpliendo las previsiones que se hicieron en 1984 referentes a las investigaciones sobre las anomalías cromosómicas de los animales domésticos y de peces y de sus aplicaciones, y que se llevan a cabo tanto en Córdoba, Zaragoza y Murcia, sino que también en la Facultad de Veterinaria aragonesa se investiga muy eficazmente en la localización de loci en el ganado vacuno como inicio para abordar el mapeo génico en esta especie.

Las consecuencias de las modernas técnicas reproductivas en la mejora están siendo considerada por un grupo de investigadores del INIA de Madrid, que se ayuda, en ocasiones, por las técnicas de simulación. La experimentación en la ETSIA de Valencia referente a los factores que inciden en la tasa reproductiva del conejo, como base de selección, ofrece halagüeñas perspectivas.



El desarrollo de métodos de reproducción que faciliten la valoración de reproductores en las condiciones de explotación de nuestras razas autóctonas es objeto de estudio en esta Universidad.

Si tenemos en cuenta el apartado de conservación de razas, habría que decir que los esfuerzos iniciales del Dr. Orozco para el mantenimiento de nuestras razas de gallinas se está viendo recompensado por los trabajos que se están llevando a cabo en el mismo sentido para las restantes especies en diferentes comunidades de España, pioneras de las cuales ha sido ésta de Andalucía con destacados frutos gracias a la colaboración ejemplar entre técnicos de la Administración andaluza e investigadores de los centros universitarios.

Las posibilidades que vislumbramos para la Genética cuantitativa se están haciendo realidad y esperamos se fortalecerán en el futuro. Así ha ocurrido con los programas de estimación del valor genético de reproductores por medio de modelos mixtos adaptados a los esquemas de selección que se están aplicando en algunas razas y que se aplicarán en el futuro inmediato en las otras, o bien con los modelos de simulación para definir los esquemas óptimos en nuestras razas autóctonas. Son temas que preocupan a los investigadores del INIA de Madrid o del País Vasco y en el ETSIA de Valencia.

Las investigaciones sobre modelos de análisis económicos de los procesos de mejora, o sobre el desarrollo de los esquemas de flujo génico como vía de extensión de la mejora genética lograda en los rebaños de élite a la masa ganadera, es el objetivo de los trabajos de elevado nivel científico y actualidad de Profesores de las Facultades de Veterinaria de Madrid y Murcia.

El desarrollo de la informática aplicada a la mejora se persigue desde hace años y sigue interesando a los investigadores de ETSIA de Madrid.

Como demostración de la importancia y grado de desarrollo que están adquiriendo los grupos de especialistas en mejora animal, exponemos a continuación un conjunto de datos tomados del I Simposio Internacional de Producción animal, que se organizó en Madrid por el Consejo General de Colegios Veterinarios bajo la responsabilidad del Prof. Cañón. Se refieren a labores que se realizan en las Facultades de Veterinaria en la línea concreta de Genética cuantitativa y Mejora animal:

Genética cuantitativa y mejora genética en vacuno de carne: Raza Asturiana (Madrid), Rubia Gallega (Madrid, Lugo), Reúnta (Córdoba, Cáceres), Pirenaica (Zaragoza). En vacuno de leche: Frisona española (Madrid, León, Zaragoza). Ovino (León, Córdoba). Caprino (Murcia, Córdoba). Porcino (Murcia en colaboración con el IRTA, Madrid en colaboración con el INRA). Valoración Blup de reproductores (Madrid, Murcia) en vacuno y porcino. Mejora genética de caracteres de calidad

tecnológicas de la carne de porcino para la industria charcutera (Murcia) y estimación de componentes de la varianza en caracteres categóricos con perspectivas bayesiana (Madrid, Zaragoza, Murcia).

Para que estas posibilidades se hagan realidad, se estimaba, en el Encuentro de Prospectivas de investigación en el área de Producción animal de Villaviciosa (Asturias) de enero 1987, que habría que optar por algunos de los dos siguientes caminos:

- 1º. Potenciar los equipos de cierto relieve científico que existen en la actualidad.
- 2º. Crear nuevos equipos o reconversión de los actuales cambiándoles sus criterios de actuación.

Si se optase por el primero sería necesario, en una primera fase, hacer el catálogo de los equipos existentes y en una segunda, potenciarlos con una mejor organización administrativa, financiera y una coordinación más intensa.

El segundo camino presupone un programa definido y mantenido de formación de personal científico en España y en el extranjero, a lo que se agregaría las dotaciones idóneas de equipos y de fincas, cuando proceda, a los nuevos grupos de investigadores y una importante tarea de coordinación entre todos los centros.

Si comenzaba esta exposición haciendo referencia a unas palabras pronunciadas en la inauguración de un curso por tan ilustre pensador, quisiera finalizar con otras más cercanas en el tiempo y en espacio que atenúen la inquietud que siempre parece suscitar el desarrollo de Biotecnología y la Ingeniería genética respecto al futuro del hombre. Me refiero a las que pronunció en la apertura del curso de 1973 en la hoy Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales adscrita a la Universidad de Córdoba, el Prof. de la Universidad de Lausanne Blas de Lara; decía así:

"No debemos temer al futuro, sino que en el mundo del mañana deberá oírse por un lado la voz del científico proclamando la belleza de lo exacto, el poder de la medida y de la planificación, y la magia de la máquina; y en el otro extremo del espectro, necesitamos que se oiga la voz del poeta que dice como Cumming: Mientras tú y yo tengamos labios para besar y cantar por qué preocuparnos si un mal nacido inventa un instrumento para medir la primavera".

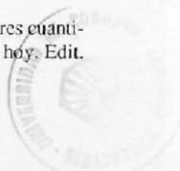


## Reconocimientos:

Desearía expresar mi agradecimiento a los Profesores Pozo Lora, Llanes Ruiz, Lancho de León y Adolfo Rodero de la Universidad de Córdoba y al Profesor D. Javier Cañón de la Universidad Complutense por las correcciones y sugerencias hechas al presente trabajo.

## BIBLIOGRAFIA

1. ALDERSON, L. 1991. Animal and Man. Livestock Improvement. The Ark. Vol. XVIII: 252-254.
2. ALENDA, R. 1989. Mejora Genética y control lechero. Reunión sobre vacuno de leche. Mabegondo (Coruña).
3. BASELGA, M. 1987. Encuentro de Prospectivas de investigación en el área de Producción Animal. Villaviciosa (Asturias).
4. BREM, G. y KRAUSSLICH, H. 1988. Potential utilization of gen transfer in Animal Breeding. In: Proceeding. Symposium on Biotechnology in Animal Breeding. Berlín: 111-117.
5. CUNNINGHAM, E. P. 1983. Recientes avances en Mejora Animal.
6. CUNNINGHAM, E. P. 1986. Quantitative Approaches to Animal improvement. In: Proceed. 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Edimburgo: 4-14.
7. FRIES, R. 1988. The identification and cloning of genes for traits important in animal Agriculture: a case for reverse genetics. In: Proceeding Symposium on Biotechnology in Animal Breeding. Berlín.: 51-62.
8. GELDERMANN, H. 1988. Application of Recombinant DNA Techniques in Cattle Breeding. In.: Proceeding Symposium on Biotechnology in Animal Breeding. Berlín: 118-124.
9. INSTITUTO DE FOMENTO DE ANDALUCIA. 1991. El sector Industrial en Andalucía. Edit. Servicios de Estudios y publicaciones.
10. LLANES, D. y RODERO, A. 1989. Balance y perspectiva de la Inmunogenética de los animales domésticos en España. III Jornadas sobre producción animal. ITEA. Vol. 9: 421-423.
11. LERNER, I. M. y DONALD, H.P. 1969. La nueva zootecnia. Edit. Academia León.
12. LOPEZ-FANJUL, C. 1984. Las propiedades genéticas de los caracteres cuantitativos. En: En el centenario de Mendel: La Genética ayer y hoy. Edit. Alhambra. Madrid.: 295-334.



13. MERCIER, J. C. 1986. Genetic Engineering Applied to Milk Producing Animals: Some Expectations. In.: Exploiting New Technologies in Animal Breeding. Oxford Science Publication.
14. OROZCO, F. 1984. La genética aplicada a la mejora animal: ayer, hoy y mañana. En.: En el centenario de Mendel: La genética ayer y hoy. Edit. Alhambra. Madrid.: 445-502.
15. OROZCO, F. 1987. Problemática de la Genética cuantitativa en su aplicación a la mejora. Archivos de Zootecnia. Vol. 36: 229-312.
16. PIRCHNER, F. 1988. Summary and Conclusions of Proceeding Symposium on Biotechnology in Animal Breeding. Berlín.: 183-187.
17. RODERO, A. 1982. La tecnología y la organización de la Mejora Genética. Proceeding del Simposio sobre "Mejora de la producción Ganadera en el Régimen Autonómico Andaluz:
18. RODERO, A. 1984. En el Centenario de la muerte de Mendel. La mejora Genética Animal en España. Ponencia al ciclo de la Semana de Mendel. Facultad de Biología. Universidad Complutense.
19. RODERO, A. 1986. La mejora Genética en Ganaderías. Conferencia en el ciclo Mundo Ganadero. Colegio Universitario de Jaén.
20. RODERO, E. 1990. Modificaciones producidas por la transferencia de embriones de los distintos sistemas de mejora en vacuno lechero. Frisona Española. n.º 59: 134-145.
21. RUIZ TENA, J. L., 1985. Selección ganadera y comercio intracomunitario de ganado selecto bovino. Rev. Frisona Española. n.º 28.
22. SERRADILLA, J. M., GABIÑA, D., Alenda, R., BLASCO, A., TIBAU, J. 1989. Mejora Genética Animal en España. Estado actual y perspectivas. En III Jornada sobre Producción animal. ITEA, Nº 9: 328-361.
23. SKJERVOLD, H. 1986. Potential Application of Gene Transfer Technology. In.: 3rd World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Nebraska.: 1-5.
24. STRANZINGER, G. 1988. Gene Mapping and Gene markers in farm animals. In: Proceeding Symposium on Biotechnology in Animal Breeding. Berlín.: 11-26.

15. VERA y VEGA, A. 1962. Crítica del llamado Fomento Pecuario. Orientaciones a seguir para la mejora ganadera de España. Publ. IV Asamblea del Cuerpo Nacional Veterinario. Madrid.

16. WARD, K. A. 1982. Possible Contributions of Molecular Genetics to Animal Improvement. In.: Future Development in the Genetic Improvement of Animal, Academic Press. nº 4: 17-39.

Artes	Alfalfa y paja Fertilizantes orgánicos	43	20-25
Ferros	Exposición de la planta Alfalfa de la montaña Alfalfa de la llanura	21 43 12	14
Ovinos	Proteína Tipo de lana Método de cruce	13 43 12	20
Caprinos	Proteína Proteína	43 13-15	10
Equinos	Características de la raza Características de la raza	20-22 12	10

(De Carrington, 1980)

TABLA N.º 1

Tasas anuales de ganancia genética (% de la media) de programas aplicados y en experimentación.

Especie	Carácter	Experimentos	Programas de mejora
Aves	Ganancia peso Producción huevos	4,1	6,5 - 5,6 0,9 - 1,7
Cerdo	Espesor de la grasa Tamaño de la camada Índice (6 caracteres)	2,1 0,0 1,8	1,5
Ovinos	Peso destete Tipo de parto Índice (7 caracteres)	1,5 1,2	2,9 1,2
Vacuno de carne	Peso destete Peso al año	0,7 1,1 - 0,6	1,0
Vacuno de leche	Cantidad de leche Cantidad de grasa	2,0 - 2,2	1,0 0,7

(De Cunningham, 1990)

TABLA N.º 2

Tendencia de las producciones agrícolas y ganaderas en España  
(Expresadas en tanto por ciento sobre el total)

Año	Agrícola	Ganadera	Año	Agrícola	Ganadera
1960	54,91	29,82	1975	54,04	39,73
1961	62,88	32,06	1976	53,47	40,24
1962	63,77	31,52	1977	54,31	39,56
1963	63,70	32,40	1978	54,62	39,27
1964	60,42	31,73	1979	52,60	41,39
1965	58,55	34,13	1980	55,98	38,31
1966	57,44	35,90	1981	52,04	42,09
1967	57,81	35,76	1982	50,94	44,71
1968	56,87	36,67	1983	53,32	42,68
1969	55,89	37,56	1984	57,57	38,51
1970	53,25	39,56	1985	58,24	38,06
1971	55,32	37,98	1986	55,10	40,09
1972	52,83	40,54	1987	57,68	38,12
1973	55,15	38,86	1988	57,72	38,39
1974	54,65	38,19	1989	56,25	39,63
			1990	56,80	39,48

TABLA N.º 3

Valores de las producciones totales agrícolas y ganaderas de España  
(Millones de pesetas)

Año	Agrícola	Ganadera	Total
1980	1.042.554	661.689	1.807.448
1981	1.034.021	750.230	1.895.518
1982	1.224.502	906.302	2.307.383
1983	1.445.566	968.757	2.610.634
1984	1.745.078	1.076.849	3.046.773
1985	1.811.561	1.163.087	3.228.446
1986	1.889.615	1.178.546	3.352.375
1987	2.084.607	1.193.894	3.425.811
1988	2.214.556	1.265.297	3.624.847



TABLA N.º 4

Comparación de fondos destinados en los Programas nacionales  
a Investigación Agrícola y a Desarrollo Ganadero  
(Millones de pesetas)

I. GANADERA	PROYECTOS	INFRA-ESTRUCTURA
- Pedido	600	322
- Concedido	170	69
- % de concedido sobre pedido	29	21
- % A Andalucía sobre total de ganadería	25	9
- % A Mejora Genética sobre total de ganadería	16	
- % A Ganadería sobre total agrario	23	21
I. AGRICOLA	PROYECTOS	INFRA-ESTRUCTURA
- Pedido	1253	669
- Concedido	576	256
- % de concedido sobre pedido	46	38
- % A Andalucía sobre total agrícola	43	27
- % A Mejora Genética sobre total agrícola	41	
- % A Agricultura sobre total agraria	77	79

TABLA N.º 5

Fechas de publicación de trabajos claves de distintas áreas de la  
MEJORA GENÉTICA ANIMAL en España y otros países.

AREAS	Fecha Publicación en el mundo	Fecha Publicación en España	Diferencia años
Heredabilidad	1.944	1.959	15
Grupos Sanguíneos	1.945	1.962	17
Polimorf. Bioquím.	1.965	1.974	9
Informática Aplicada	1.960	1.966	6
Simulación Genética	1.957	1.975	18
Cruces dialélicos	1.959	1.968	9
Citogenética	1.962	1.971	9
Blup	1.973	1.982	9
Índices de Selección	1.943	1.962	19
Mejora Gen. en cerdos	1.940	1.944	4

TABLA N.º 6

Análisis de las Conferencias Mundiales de Genética Aplicada a la  
Producción Ganadera

	Nº de Comunic.	Comunic. de Bases de M. G.		Comunic. de Tecnol. M. G.		Participación española					
						Bases		Tecnol.		Total	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Año 1974	180	83	46,11	97	53,89	9	10,84	8	8,25	17	9,44
Año 1982	264	103	39,02	161	60,98	7	6,80	14	8,70	21	7,95

TABLA N.º 7

Análisis de las dos últimas Conferencias Mundiales de Genética Aplicada a la producción animal (Nebraska, 1986 y Edimburgo, 1990)

Año de la Conferencia	N.º de trabajos*	Trabajos referentes a las bases de la M.G.A.		Trabajos referentes a las aplicaciones de la M.G.A.		Participación española					
		N.º	%	N.º	%	Total		Bases		Tecnol.	
						N.º	%	N.º	%	N.º	%
1986	300	145	48,33	155	52,67	2		1		1	
1990	390	147	37,69	243	62,30	11	2,8	7	4,7	4	1,6

\* Se incluyen sesiones plenarias, comunicaciones, posters, workshop, etc...

TABLA N.º 8

Impacto de Ingeniería Genética en Ganadería

Area de repercusión de la Ingeniería Genética	Impacto relativo		
	1990	Año 1995	2000
Diagnos y prevención de enfermedades	1,6	2,3	2,7
Productos médicos (hormonas, vacunas, antibióticos)	1,7	2,5	2,9
Nutrición animal	1,2	2,0	2,4
Mejora Genética	1,0	1,4	2,1
Mapeo génico	1,4	2,1	2,5

La escala que se utiliza es de 0, 1, 2 y 3, para ninguna, alguna, significativa y muy elevada contribución, respectivamente.

(Tomada de Skgervold, 1986)

TABLA N.º 9

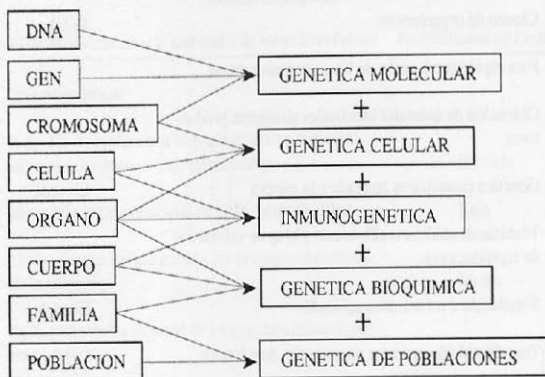
**Posibilidades futuras de la investigación en distintas áreas de mejora genética animal en España**

<u>Áreas de desarrollo en la actualidad o de inmediato futuro</u>	<u>Posibilidades en España</u>
<b>1. Inmunogenética:</b>	
Relación de parámetros inmunogenéticos con características patológicas y de producción	Elevada
Idem del sistema principal de histocompatibilidad	Baja
Utilización de los parámetros en el aprovechamiento de la heterosis	Media
Aplicación de las técnicas de anticuerpos monoclonales a:	Media
<ul style="list-style-type: none"> <li>- suministro ilimitado de reactivos para antígenos</li> <li>- purificación de proteínas</li> <li>- tipificación genética</li> <li>- preparación de vacunas</li> <li>- estudios filogenéticos</li> </ul>	
<b>2. Citogenética aplicada:</b>	
Detección de anomalías cromosómicas	Elevada
Mapeo cromosómico	Baja
<b>3. Reproducción aplicada a la mejora:</b>	
Selección sexual prenatal	Baja
Transferencia de blastocitos	Media
Selección sexual del blastocito previo a la implantación	Media
Manejo de blastocitos en el melliceo y en la obtención de híbridos interespecíficos	Débil

- |  |         |
|--|---------|
| 4. Conservación de razas   | Elevada |
| 5. Mejora de la resistencia a enfermedades                               | Débil   |
| 6. Clonco de organismos:   | Débil   |
| Para rápida producción de líneas consanguíneas                           |         |
| Obtención de animales idénticos altamente productivos.                   |         |
| 7. Genética cuantitativa aplicada a la mejora                            | Elevada |
| Técnicas de análisis multivariado y blup de valoración de reproductores. |         |
| 8. Simulación e informática aplicada                                     | Elevada |
| 9. Transformación genética en animales domésticos                        | Débil   |
| Introducción de genes de caracteres productivos                          |         |

FIGURA N.º 1

Mecanismos genéticos de interés en la selección



(De Strazingev, 1988)