

## FUNDAMENTOS DEL MEJORAMIENTO ANIMAL

Guillermo E. Joandet<sup>1</sup>

### RESUMEN

El trabajo se refiere a los principios genéticos que fundamentan los métodos del mejoramiento animal. Se señalan los efectos de dominancia, epistasis, heterosis y complementariedad, los mismos permiten tomar decisiones sobre selección, cruzamiento y combinación de razas con el fin de obtener una máxima eficiencia de producción o beneficio económico, por ello no es posible desconocer el sistema de producción al que se los destina.

El mejoramiento animal existe desde que el hombre inició el proceso de selección de especies para ser domesticadas sin entender los mecanismos que operaban en la transmisión de caracteres, en ciertas especies se lograron realizar cambios sustanciales.

Recién a mediados del siglo pasado se da la primera explicación de cómo los caracteres eran transmitidos de generación en generación. Pero no es hasta principios del siglo XX que no se inicia en una forma sistemática y continua el llegar a conocer los mecanismos hereditarios. En una primera etapa los estudios fueron hechos sobre vegetales y con caracteres simples, para luego extenderse a animales.

Es evidente que desde que Robert Backewell diera a conocer sus principios en los cuales se basó la creación de las modernas razas que hoy se conocen, también se conoce la explicación científica del porqué esos principios eran válidos y funcionaron.

---

<sup>1</sup> Ph. D. Director Nacional Asistente de Investigación del INTA, Argentina.

Los conocimientos que hoy tenemos se basan en trabajos realizados en el último siglo y a los que principalmente se refiere este artículo, fueron desarrollados en los primeros treinta años de este siglo.

El material genético responsable de la transmisión, de generación en generación, de las características de los seres vivos, se encuentra en los organismos mayores, en el núcleo de las células. Este material constituye los cromosomas y dentro de éstos podríamos decir que la unidad, desde el punto de vista de efectos biológicos, es el gen.

No es este el lugar para explicar los mecanismos bioquímicos que se suceden en la multiplicación de ese material genético, sino que el propósito es recordar las bases que explican los efectos genéticos y cómo el hombre puede aprovecharse de ellos.

Los efectos genéticos son consecuencias de la interacción del material presente en el mismo lugar de cromosomas homólogos, que se lo denomina locus, vale decir, entre los componentes del mismo locus, para un par simple de material correspondiente al mismo gen. De esta interacción se conocen dos situaciones, una cuando un miembro del par no enmascara la presencia del otro, -- entonces se dice que no hay dominancia, se reconocen los individuos homocigotas (con material genético idéntico en ambos cromosomas) y el heterocigota, intermedio, representando todos ellos individuos con características distintas, de manera que existen tres tipos de individuos.

Cuando existe dominancia no es posible diferenciar el heterocigota de uno de los homocigotas, el gen que determina esa igualdad se dice que es dominante, pues enmascara la presencia de la otra forma del gen que se denomina recesivo. El efecto genético en este caso se denomina dominancia.

Como consecuencia de la interacción entre miembros de un par presente en el mismo gen se producen los efectos de no dominancia y de dominancia. Cuando no existe dominancia observando o midiendo al individuo es posible describir con total exactitud la composición genética. Los genetistas definen a lo que se ve, se mide, observa, etc., sobre un individuo con respecto a un carácter como su fenotipo, la estructura genética que lo determina es el genotipo.

Cuando no hay dominancia conociendo el fenotipo se conoce el genotipo, cosa que no ocurre cuando existe dominancia, entonces sólo puede diferenciarse el individuo homocigota recesivo -- del resto. En este caso el fenotipo nos permite predecir parcialmente al genotipo.

Como será comprensible cuando se pretende seleccionar a los individuos que dejarán mayor descendencia a la próxima generación nos interesa a través del fenotipo saber cual es el genotipo, -- pues lo que se pretende en el proceso selectivo es que pasen a la generación siguiente la mayor proporción posible de genes de utilidad al hombre. La presencia del efecto de dominancia entorpece esa labor selectiva, pues no hay total transparencia.

Existe otro efecto genético producto de la interacción entre genes de distintos locus o distintos genes. Ello sucede en determinados caracteres cuando la expresión de un gen no sólo depende de la combinación entre el material genético presente en el mismo locus sino es la combinación entre locus, se encuentre éste o no en el mismo cromosoma. A este efecto se lo denomina epistasia.

La epistasia también enmascara la predicción del genotipo - cuando se considera al fenotipo, es otra razón más para disminuir la eficiencia de selección.

Estos efectos se refieren a caracteres simples determinados por un par de genes o unos pocos pares de genes, son importantes en lo que hace a algunos caracteres, se los denomina simples. La presencia o no de cuernos y el color del pelaje son de terminados por unos pocos genes, por otro lado esos son los prin cipales caracteres que definen a las poblaciones que conocemos como razas.

En general los caracteres de importancia económica como -- son la producción de leche, la velocidad de crecimiento, la can tidad de grasa en la canal, la superficie del longissimus dorsi, la fertilidad son caracteres complejos, determinados por un gran número de genes, a ciencias ciertas, no se sabe cuantos. Estos caracteres en general no definen a las razas pero son los que - las justifican pues si las razas no tuvieran un fin económico - desaparecerían o serían una curiosidad propia de los zoológicos.

Como será fácil apreciar la presencia de muchos genes en - la determinación de un caracter hace que en general el fenotipo sea un mal elemento de predicción del genotipo, ello se complica aún más si se tiene en cuenta que la expresión de los genes y - sus interacciones se ve condicionada a las características ambientales imperantes.

La velocidad de crecimiento de un animal no sólo depende - de su genotipo, vale decir su potencial de crecimiento, sino además está influenciado por la presencia de enfermedades, el - nivel nutricional, las características climáticas; todos estos elementos pueden considerarse pertenecientes al ambiente.

Por lo tanto, tanto genotipo y ambiente condicionan la expresión de algunos cuya expresión depende de unos pocos genes como por ejemplo el color de pelo en Aberdeen Angus que es negro o colorado, o en el Hereford la presencia o no de cuernos son características cualitativas, discontinuas. El caso de la mayoría de los caracteres como puede ser producción de leche, ganancia de peso, peso a una edad determinada, alzada, etc., no es posible clasificar a los animales en categoría, o en clases, en este caso el carácter se denomina continuo o cuantitativo.

Si se toma a una población o rodeo y se mide un carácter - cuantitativo, pero el destete por ejemplo, veremos que hay pocos animales con características extremas vale decir o muy livianos o muy pesados y la mayoría o clases más frecuentes estarán en el medio o alrededor del promedio. Ello origina, si se - hace un gráfico una distribución alrededor del promedio y una - menor proporción a medida que se aparta del promedio.

Naturalmente cuando se trata de elegir o seleccionar individuos interesan los que están en un extremo pues se desea los que pesan más a una edad determinada o los que tienen menos gr sa corporal, etc., vale decir los que se diferencian de lo más común que es el promedio. Por eso cuando se hace selección se - eligen los individuos extremos, cuanto más alejados de promedio mejor; pero resulta que hay muy pocos muy alejados del promedio, como por otro lado hay que seleccionar un número tal que nos permita seguir manteniendo a la población, no solo deben seleccio--

narse los extremos sino también algunos que se acercan más al -- promedio. Cuanto de los producidos pueden ser reproductores, dependerá de los niveles de fertilidad del rodeo, de la mortandad, y de la longevidad. Cuanto mayor sea la longevidad y la fertilidad, y menor sea la mortandad, se necesitarán menos animales - de reemplazo y mayor podrá ser la presión o diferencial de selección.

El diferencial de selección se define en términos de un carácter cuantitativo, como la diferencia entre el promedio del -- grupo seleccionado y el promedio de la población de la cual proviene. Si se selecciona un grupo teniendo en cuenta el peso al destete cuyo promedio es de 200 kg. y proviene de una población de peso promedio de 160 kg. el diferencial de selección será de 40 kg.. Cuando se hace eso y se mide el peso promedio de destete de los hijos del grupo seleccionado, el mismo ha de ser inferior al de los padres, pero superior al promedio de la población de la generación de los padres; supongamos que el promedio sea de 168-kilogramos. Se ha modificado 8 kg. a esto se le llama progreso - con respecto a la población original, pero no se ha modificado - en 40 kg. que era el diferencial de selección. Por tanto no toda la diferencia seleccionada pasa a la próxima generación, en este caso sólo el 20% pasó como ganancia a la generación siguiente. La proporción del diferencial de selección que se expresa en la próxima generación está dado por la heredabilidad del carácter, en este caso será del 20% o tendrá un valor de 0,2.

La heredabilidad puede tener valores entre 0 y 1, vale decir que puede ser que nada de lo seleccionado se exprese en la - próxima generación, o, considerando el otro extremo, todo se exprese en la generación siguiente. Es un valor de predicción, que depende de la posibilidad de que con el fenotipo, se identifique al genotipo. En la medida que efectos genéticos de dominancia o epistasia o efectos ambientales enmascaren o no permitan definir al genotipo el valor de la heredabilidad baja.

Es por esa razón que los valores de heredabilidad están asociados con cada carácter, así por ejemplo caracteres con mucha influencia ambiental como es el caso de fertilidad tienen baja heredabilidad (alrededor de 10% o menos) y los relacionados con -- conformación o caracteres más simples como área del bife son relativamente altos (40% o más).

La heredabilidad no es una cifra fija, depende en parte de la variación del ambiente en la medida que éste pueda mantenerse constante el valor de la heredabilidad aumenta. Por eso que es importante lograr mejorar o hacer que las condiciones de manejo no fluctuen pues la respuesta que se logre de la selección efectuada será más precisa. Por otro lado, mejoras en el manejo implican mayor fertilidad, menor mortandad por lo tanto menores necesidades de animales de reemplazo y consecuentemente mayor presión de selección.

Cuando se selecciona por un carácter dado no sólo se modifica al mismo sino que además se han de producir cambios en otros caracteres porque parte de los mismos genes determinan a ambos.- Así por ejemplo si se selecciona por peso al destete se modificará no sólo este sino la ganancia diaria de peso, el peso a otras edades, y otras características no solo relacionadas con peso como puede ser la cantidad de grasa en la canal. A ese efecto indirecto de la selección se lo denomina respuesta correlacionada. - Son modificaciones en otros caracteres distintos al que se ha seleccionado que se producen pues los genes que intervienen en la determinación del carácter por el cual se selecciona también son responsables de la expresión en los caracteres por los cuales no se selecciona. Esa relación o ~~de~~ relación puede ser positiva, en la medida que el cambio que se produce sea en el mismo sentido,-

como es el caso de peso al destete y ganancia de peso, por ej. al aumentar uno, se incrementa el otro. También la correlación puede ser negativa, al aumentar la ganancia de peso se disminuye la cantidad de grasa en la canal, por ejemplo.

Lo importante es tener presente que cuando se modifica algún carácter otros serán modificados al tratarse de caracteres cuantitativos, pues parte de los genes que determinan el carácter que es modificado, también intervienen la expresión de otros caracteres.

Otro hecho que es importante desde el punto de vista de la producción y que tiene causas genéticas, es la expresión de vigor híbrido o heterosis. Este fenómeno que se presenta en los seres vivos se debe a efectos genéticos de dominancia y/o de epistasis y hace que la expresión de un carácter en un individuo sea distinto al valor promedio de ese carácter en sus padres. Este efecto genético se debe a que se presenta una combinación dada de genes, porque se han usado determinados padres, si no se vuelven a repetir los padres es muy poco probable que se obtenga la misma continuación.

Por eso también cuando un individuo que presenta heterosis se usa como reproductor, solo ha de producir una poca cantidad o ninguno de sus hijos con esa ventaja.

El fenómeno de heterosis se debe al efecto de dominancia y/o epistasis que como se explicó son dos efectos que impiden predecir el genotipo en base al conocimiento del fenotipo; ello determina que la heredabilidad del carácter sea baja. Por eso cuando en un carácter encontramos efectos de heterosis importantes, la heredabilidad necesariamente es baja, vale decir, en esos caracteres que se presentan heterosis no es dable esperar tener una heredabilidad baja; no implica que se ha de obtener efectos de heterosis, pues la baja heredabilidad puede deberse a que ese carácter tenga una fuerte influencia ambiental y no a efectos genéticos, no aditivos, como son los de dominación y epistasis.

Otra de las características que presenta la expresión de heterosis es que mayor es el vigor híbrido cuanto menor es el parentesco entre los padres. Esta relación de parentesco no solo es válida entre individuos de la misma especie sino también entre individuos de distintas especies. Por ello la expresión de heterosis en bovinos en caracteres que presentan respuesta a vigor híbrido, es máxima cuando se cruzan individuos Bos Taurus con Bos Indicus. De allí que las cruzas cebú mejoren la fertilidad, sean más resistentes al calor, resistan más a algunas enfermedades, etc.

No debe olvidarse que el efecto de heterosis se debe a la diversidad entre los padres y no al hecho de haber cambiado la raza del toro. Esto parece no ser una expresión correcta, pero ha sucedido en más de una oportunidad en que se ha atribuido los efectos de heterosis al cambio de raza paterna. El resultado de ello fue la de absorber poblaciones hacia la raza paterna, encontrándose luego de varias generaciones que las ventajas no estaban dadas por la introducción de la raza paterna, sino que era debida a una particular combinación de esa raza paterna con la raza materna pre-existente. Esa absorción en algunos casos provocó una disminución de la producción y en otros favoreció la expansión de la raza paterna.

El efecto de heterosis existe, es importante en algunos caracteres y en algunas situaciones marginales por lo cual no debe descartarse su empleo cuando se pueda, eso requiere una mejor organización en el manejo e identificación de los rodeos pero esto no es complicado y puede hacerse en condiciones de explotación extensiva.

Hasta ahora se han mencionado efectos genéticos que se expresan en los individuos, existe otro producto de la combinación de individuos en las poblaciones y pueden ser medidos cuando se comparan poblaciones, eso es como un super carácter, a esto se lo ha llamado efectos de complementariedad. Cuando la producción se divide en etapas de cría y de engorde o invernada, los intereses desde el punto de vista de eficiencia pueden llegar a ser encontrados. Así por ejemplo para la etapa de cría convendría que los reproductores tuviesen un tamaño adulto pequeño pero para que -- los novillos crezcan rápido, los reproductores deberían ser de gran tamaño. Cuando se combinan razas maternas de tamaños pequeño con padres de mayor tamaño la eficiencia de producción es mayor que el promedio de que se lograría con esos biotipos en forma separada, no es un efecto de heterosis por lo que se ha denominada complementariedad.

Es posible convinar todos estos efectos, seleccionando por aquellos caracteres cuya heredabilidad es alta media, usando los efectos de heterosis para otros que responden al vigor híbrido y no son los mismos que los primeros y finalmente poder combinar poblaciones, para aprovechar los efectos de complementariedad. -

Estas combinaciones o planteos deben hacerse teniendo en -- cuenta las circunstancias y el sistema de producción al cual han de estar destinadas.

#### SUMMARY

A general discussion is made on the basic genetic principles on which animal breeding methods are based. It is pointed out the effects of dominance, epistasis, heterosis and complementarity. This effects allows breeders to make decisions on selection schemes, cross breeding and combination of breeds in order to obtain an increase of the efficiency of production or profits; this is not possible without considering the system of production where is going to be applied.

\* \* \* \*

LA EXPOSICION DEL TEMA

PREGUNTA: (Dr. Holenweger) Si cruzo hembras livianas con machos pesados ¿no se aumenta el número de partos distócicos. Siempre escuché que era beneficioso la inversa para facilitar el parto (hembras Holando - con A. Angus) ¿Económicamente compensa ganar kilos de carne al destete o evitar partos distócicos?

RESPUESTA: Es cierto. Cuando nosotros usamos individuos extremos sobre todo Charolais con características de doble músculo, el problema de parto distócico puede hacer complejo al sistema, nuestra experiencia es que si no se usan individuos extremos particularmente con problemas de doble músculo y manteniendo las vacas no muy gordas en el momento del parto, no hay problemas de parto. El problema sobreviene si las vacas están muy gordas, otras de las cosas que hay que recomendar, es no usar vaquillonas en el cruzamiento. En el caso de Holando, la razón por el que se atracan los terneros es distinta, en general, en el Holando se atracan por la cabeza, en cambio en las cruza Charolais el problema sobreviene en el ancho de la pelvis del ternero. Por eso en Holando se recomienda cruzar con Aberdeen Angus para disminuir el tamaño de la cabeza y de las paletas de los terneros que son las causas por las que Gertrudis y la hembra producida de ese cruzamiento se atraca. Cruzar con Santa Gertrudis y así sucesivamente y cuando cambiar.

RESPUESTA: Evidentemente el máximo de heterosis se obtiene en esa hembra, si bien se podría obtener un poco más de heterosis si en lugar de usar Santa Gertrudis se usara otro tipo de cruce terminal o cruzamiento comercial, por el parentesco que existe entre Santa Gertrudis y Cebú. Sin lugar a dudas el máximo se obtiene en esa hembra producto de la triple cruce. Si volvemos a cruzar con Santa Gertrudis, es decir producir un individuo que ya va a ser tres cuartos Santa Gertrudis la heterosis empieza a disminuir, sería conveniente, utilizar si las condiciones de manejo lo permiten otra raza de toros en la segunda cruce, es decir no volver a utilizar Santa Gertrudis en forma sistemática.

PREGUNTA: (Dres. GOIRIENA - ZAFFARONI - IZAGUIRRE) ¿Que influencia tiene la heterosis en producción de leche y en características ligadas con fertilidad?

RESPUESTA: En producción de leche que en general tiene mediana a baja heredabilidad la heterosis no es muy importante. La baja heredabilidad está dada fundamentalmente por la gran influencia ambiental, y características ligadas a la fertilidad que es uno de los caracteres que más responde a la heterosis.

PREGUNTA: (Dres. GOIRIENA - ZAFFARONI - IZAGUIRRE) ¿Que valor le confiere a las pruebas de progenie de toros para producción lechera efectuadas en condiciones ambientales muy diferentes a las nuestras?

RESPUESTA: En general conviene hacer las pruebas de producción, tanto para producción de leche como de carne, en los mismos ambientes en donde se va a producir, la razón de ello es la posible existencia de una interacción genético - ambiental, que de existir esa interacción, la respuesta a selección que uno tendría en distintos ambientes, no es necesariamente la misma. De modo que es aconsejable hacer la selección en las condiciones que uno va a producir.

PREGUNTA: (Dr. Juan Carlos Marengo) Quisiera saber a que estructura pertenece químicamente un gen dentro de la molécula del ADN (es decir si está relacionada con la estructura de un nucleótido o nó).

RESPUESTA: El gen tiene un largo variable, depende del carácter, el largo me refiero en la cadena de DNA e involucra más de un nucleótido, en general son varias bases en algunos casos llegan a ser treinta a cuarenta secuencias de bases, de modo que no es un sólo nucleótido.

PREGUNTA: (Dr. Juan Carlos Marengo) Si un gen dominante universal en una raza, ej.: el negro del A. A. o la cara blanca del Hereford, ¿cuál sería la explicación genética de este proceso?

RESPUESTA: En el caso del Aberdeen Angus no es universal, existe otro gen para el color que es recesivo, que es colorado. Esto es cierto para la cara blanca en el Hereford donde existe una total homocigosis y un sólo gen conocido, de modo que la frecuencia génica del gen para cara blanca en el Hereford es uno.

PREGUNTA: (Dr. Juan Carlos Marengo) ¿Cómo se consigue o se logra la modificación de un carácter o como se identifica el gen de un carácter.

RESPUESTA: La modificación se consigue por selección.

\*\*\*\*\*