

EDUCACION CONTINUADA

PRESENTACION

A pesar del "status" alcanzado por la teoría de la evolución, la Biología no ha logrado aún conseguir su "unidad conceptual"; de modo que las técnicas derivadas cargan con las consecuencias. En este contexto, hoy se presenta el cuarto trabajo de la serie que se había propuesto sobre algunos problemas del mejoramiento genético animal y que se había iniciado con el trabajo del profesor I. M. Lerner en el No. 4 del Vol. 3.

CONSIDERACIONES SOBRE EL CONCEPTO GENOMA-ENTORNO Y SUS POSIBLES IMPLICACIONES EN EL MEJORAMIENTO GENETICO ANIMAL*

Víctor M. Urrego G.** , Juan B. Elejalde S.** , Luis Jair Gómez G.***

RESUMEN

Detrás de cualquier técnica consolidada se encuentra una disciplina científica que hace posible su desarrollo. El mejoramiento animal encuentra su piso teórico en las formulaciones de la genética de poblaciones; sus aciertos y desaciertos dependen en buena medida de la consistencia con que ésta explique los fenómenos que constituyen su objeto de estudio.

La genética de poblaciones nació del encuentro del darwinismo con el mendelismo. Las formulaciones mendelianas de una herencia montada sobre unidades discretas (genes), independientes y sin interacción alguna con los factores del entorno, fueron introducidas al estudio de la evolución darwiniana donde la población se constituye en el objeto de cambio bajo selección natural a través de la constante interacción con las condiciones de vida. La mutación al azar se configura como la única fuente de cambios evolucionarios. El medio es sólo un factor que impide la manifestación del potencial genético, y.

* Versión modificada del seminario presentado por los dos primeros autores y orientado por el tercero en la Universidad de Colombia - Sede de Medellín.

** Zootecnistas, U. N. de Col. - Medellín. Apdo. Aéreo 52407 Medellín. Colombia.

*** Médico Veterinario Zootecnista, profesor titular U. N. de Col. Apdo. 55471, Medellín, Colombia.

por tanto, es necesario controlarlo. Con estos elementos se llevó a cabo la formulación matemática por parte de Haldane (1924), Wright (1931) y Fisher (1930) para constituir la teoría clásica de la genética de poblaciones en la que hoy se apoya el mejoramiento animal.

Los desarrollos posteriores a ésta teoría clásica introdujeron las nociones de la cibernética al estudio de las poblaciones, provocando un cambio en las perspectivas existentes. Se conciben las poblaciones como sistemas que involucran complejas redes de interacciones. El *pool* genético ya no es más un agregado de genes; es un sistema donde sus elementos están “integrados y coadaptados”, donde las condiciones poligénica y pleiotrópica se traducen en “interacciones reguladoras”. No obstante, la variación sigue siendo el resultado de mutaciones radicalmente aleatorias y el medio considerado como productor de simples “ruidos”.

Esta omisión crea un vacío dentro de un esquema de “totalidad relacional”, suscitando nuevas interpretaciones del concepto “interacción genoma-entorno” en busca de un *tertium* entre el lamarckismo y el mutacionismo, cuya necesidad había planteado J. Piaget (1929). La posibilidad ha sido abierta por la formulación de la “asimilación genética” (Waddington, 1953) como el fenómeno por el cual un carácter resultante de la interacción del fenotipo con el medio ambiente, en virtud de la “canalización” (propiedad que tiene un proceso de desarrollo mediante la cual se hace en algún grado modificable y en cierto grado resistente al cambio), ha llegado a través de la interacción de los genes con sus productos (epigenotipo) a formar parte del patrimonio genético por reacomodaciones del genoma bajo presión de selección. Esto es, el proceso evolutivo no es preciso concebirlo como el cambio en la frecuencia de genes específicos, ya que al “adquirirse” un carácter la modificación ha comprometido todo el juego cromosómico.

De esta manera, el complejo cibernético alcanza su unidad bajo la interacción de lo que J. Piaget considera sus cuatro subsistemas fundamentales: 1. El sistema genético; 2. El sistema epigenético; 3. La explotación del medio, y 4. Las acciones de la selección natural.

Un análisis objetivo de la teoría clásica de la genética de poblaciones a la luz de las opciones planteadas por este “*tertium*” hace evidente la carencia de una formulación lógica que contemple el concepto genoma-entorno en su verdadera dimensión; hecho que podría contribuir, en buena parte, a la inconsistencia de esta teoría para explicar los fenómenos a los que se enfrenta el mejoramiento animal.

INTRODUCCION

“La historia de las técnicas del mejoramiento animal es una historia de soluciones últimas para optimizar los avances de la genética que están en vía de entrar en colapso con cada descubrimiento científico relevante y con cada prueba empírica a grande escala, de tal manera que son reemplazadas por unas aún más últimas con cada generación de científicos” (12).

I. M. Lerner

Las inconsistencias en la respuesta a la selección con respecto a la teoría de la genética de poblaciones que pretende predecirla, puestas en evidencia en el análisis realizado por Lush (Citado por Sánchez y colaboradores (24)), los vacíos conceptuales en el tratamiento de los grandes problemas surgidos en el proceso de la selección unilateral, cuyas implicaciones son consideradas por Giraldo y Gómez (6) y la falta de respuestas satisfactorias en la programación de la cría heterótica, como lo expone críticamente Lerner (12) crean la necesidad de un cambio de perspectiva en la manera de enfrentar los problemas de la cría animal con las herramientas que ofrece la técnica del mejoramiento genético.

Esta perspectiva exige el reconocimiento en el objeto de estudio a un ser vivo, abordado desde una biología que no admite catecismos ni interpretaciones dogmáticas de hechos evidentes. Es decir, bajo el conocimiento de los problemas subyacentes en la técnica, generados por la inmadurez de la biología como ciencia teórica. Esto lleva a la comprensión de lo lejos que se encuentra de suministrar las recetas que garanticen “dar punto” al producto animal.

Mantener esta perspectiva se hace cada vez más imperativo en la medida en que ciertas prácticas van tomando mayor auge; con el peligro constante para el técnico de sostener lo insostenible allí donde sólo se dan “palos de ciego” por el afán de incrementar la productividad. Es decir, justificar, desde su disciplina, prácticas que tienen su génesis en las estructuras socioeconómicas. Así, el hecho de que la práctica del mejoramiento animal sea anterior a sus posibilidades como técnica tiene, lo mismo que sus inconsistencias actuales, un sólo origen: el acelerado desarrollo impuesto por aquellas sociedades que encuentran en él una alternativa importante para incrementar la producción animal de manera eficiente con relación al lento, y a veces precario, desarrollo de la ciencia tributaria.

Ahora bien, los puntos sobre los que descansa este desface tendrán que ser buscados en la “demostración” de los principios de la genética de poblaciones en tanto ciencia que nutre conceptualmente la técnica del mejoramiento genético. El presente trabajo pretende contribuir en este sentido, analizando el tratamiento suministrado por la biología al concepto *genoma-entorno* como uno de los elementos más significativos y de mayores consecuencias en el desarrollo de la genética de poblaciones.

EL CONCEPTO DE POBLACION

“El primer paso progresivo de la evolución, que algunos definirían como el origen de la vida, es el establecimiento por reproducción de una población de individuos” (26).

J. M. Thoday

Con Darwin se replantean los criterios con que la historia natural venía llevando a cabo hasta ese momento los ordenamientos clasificatorios de los seres vivos. Tanto la especie como la variedad empiezan a ser mirados como configuraciones transitorias que surgen en las poblaciones a través del proceso evolutivo. Es decir, tienen la importancia de ser poblaciones modificadas con respecto a otras y a su vez pueden sufrir otras modificaciones con respecto a ellas en el transcurso del tiempo.

De aquí que el concepto de población adquiera con Darwin un lugar preponderante en el discurso de la biología. Aunque no fué su objetivo manifiesto darle ese carácter, ni su obra un tratado acerca del desarrollo del concepto, su importancia está implícita en los postulados de la teoría de la evolución de las especies por selección natural. En la medida en que los grupos no posean una coherencia interna que haga de ellos una unidad funcional y estructural, expresada en términos de comportamiento, necesidades, tendencia a modificarse, etc., nada puede hacer la selección natural.

Es a partir de esta nueva forma conceptual de abordar el análisis de los grupos de seres vivos que se puede deducir que el proceso evolutivo supera la competencia individual para afianzarse en las poblaciones modificadas producto de la dinámica que generan las relaciones entre los individuos de un grupo, entre grupos distintos y entre los seres vivos y el medio. Cuando alguna población se mengua, aumenta la probabilidad de perder su lugar en la "economía de la naturaleza" a

mano de grupos mayores que se han modificado en mayor grado a través del tiempo. En este contexto es razonable expresar con Jacob (10) que "el tamaño de las poblaciones y la frecuencia con que aparecen las diferencias entre los individuos" son las dos variables que rigen la aparición de nuevas especies. Darwin, cuando se ocupa del individuo, lo hace ubicándolo en una situación tal que el individuo se diluye como uno de los constituyentes de esa dinámica permanente de la unidad funcional constituida por las interacciones con otros individuos y entres estos con las "condiciones físicas de vida", por ejemplo el clima.

Los individuos modificados que sobreviven son sólo variaciones utilizadas en el proceso de configuración de una nueva población. Para Darwin, un individuo varía con respecto a una población y para una población; de tal manera que "si las variaciones favorables no son heredadas, por lo menos, por algunos descendientes, nada puede hacer la selección natural" (4).

Esto plantea una marcada diferencia con respecto a la concepción mendeliana.

En Mendel, la población es la suma de individualidades, "es la clase que encierra varios miembros" (17). La unidad de estudio es el individuo cuya configuración es el producto de la suma de "los factores discretos" de la herencia. Esta concepción se despoja de las relaciones entre los individuos y no existe interacción para los factores ambientales. Para Darwin, "la población como un todo es el individuo que sufre la evolución" (17); cada organismo contribuye y procede de la población formando una unidad inseparable;

dando cabida a la concepción de una unidad ecológica.

Esta concepción ubica como elemento central de análisis a las relaciones que genera la conexión entre los individuos bajo "diferentes condiciones de vida" (4), donde son muchos los factores involucrados y las interacciones establecidas son de gran complejidad.

Para el estudio de la población era necesario encontrar los elementos que permitieran su descripción. Ya no era importante la observación de un sólo individuo; su análisis no daba cuenta de lo que ocurría en la población. Era necesario encontrar, entonces, la distribución de la población. En Mendel surgió el interés por la distribución de los individuos alrededor de los caracteres sujetos a la investigación; para Darwin, encontrar la distribución de la variación era encontrar la descripción de la población. La manera de lograrlo la encuentra en la adopción de un método que es propio del análisis estadístico: no se trata de buscar la diferencia entre individuo e individuo; se pretende vislumbrar las desviaciones de los caracteres respecto al "prototipo" de la población; concepto abstracto que puede o no tener realidad concreta en ella, dando como resultado la distribución propia de su variación. Esta forma de abordar el estudio de la población —anota Jacob— no es el producto de la dificultad de estudiar el comportamiento individual, situación que por sí misma lo exige, y era la concepción predominante hasta Darwin, sino más bien el producto de comprender que "los casos particulares no nos aportarían nada que no nos aporte el conjunto de la población" (10). Además, la ocurrencia al azar de las variaciones que dan como resultado

la modificación de unos individuos y de otros no, permite encajar la evolución dentro de las leyes de las probabilidades. Este es otro elemento estadístico considerado por Darwin que, como el anterior, no tuvo ningún desarrollo matemático en su teoría.

DARWIN Y LA SELECCION NATURAL

Las variaciones acumuladas por selección natural en la lucha de los organismos por adecuarse al medio señalan en la población un carácter dinámico. No es posible concebir una población con igual configuración en todo momento de su historia biológica. Cuando se habla de una población no se puede olvidar que es una población modificada con respecto a otra; que llegó a constituirse como tal porque descendientes modificados participaron "de las ventajas que hicieron a sus padres triunfar en la vida" (4) y como tal "continuaron multiplicándose en número así como también divergiendo en caracteres" (4) como respuesta a la presión de la selección natural que conduce a que "cualquier especie que no se modifique y perfeccione en el grado correspondiente en relación con sus competidores sera exterminada" (4). En Darwin la variación es la materia prima sobre la que actúa la selección natural para trazar las directrices del proceso evolutivo. Una selección que como proceso natural refiere el individuo a las condiciones ambientales que son las que en última instancia van a determinar la supervivencia de esta o aquella población. A diferencia de la selección artificial, en la que es el hombre quien acumula las variaciones en direcciones determinadas, modificando las condiciones para garantizar la "sobrevivencia" del animal producido; donde se ignora la interacción

del animal con el medio, al acondicionar un ambiente ideal al margen de su comportamiento evolutivo: "El hombre —dice Darwin (4)— no destruye con rigidez todos los individuos inferiores, sino que, en la medida que puede, protege todos sus productos en cada cambio de estación, empieza su selección por alguna forma semimostruosa, o por lo menos, por alguna modificación lo bastante saliente para que atraiga la vista o para que le sea francamente útil".

De los numerosos ejemplos sobre las diferentes interacciones entre los organismos y entre estos y el medio, encontramos relaciones positivas (simbiosis y cooperación) y relaciones negativas (depredación y parasitismo).

Podemos destacar que en estos ejemplos las especies están ocupando el mismo territorio (habitat), pero no tienen las mismas exigencias para su existencia; esto es: las especies forman parte de la misma comunidad (grupo natural de individuos que habitan en un medio común), tienen relaciones desde el punto de vista nutritivo y son relativamente independientes de los otros grupos. Por lo tanto, dos especies se mantienen perfectamente juntas si sus exigencias son diferentes.

Sin embargo, es frecuente en la naturaleza que dos especies afines tengan, por su género de vida, que entrar en competencia para apropiarse de lo que necesitan, como: habitat, alimento, lugares de reproducción, "resistencia" a los factores del medio, relaciones con las especies concurrentes o enemigas; en una palabra todas sus condiciones de existencia.

Esto nos muestra cómo cada especie posee su propio nicho ecológico (concepto

que se refiere a la suma total de todos los requisitos ecológicos y de todas las actividades de una especie); es decir, cada especie desempeña en su medio un papel especial, trayendo una serie de posibilidades y exigencias diferentes.

Es así como las relaciones mutuas de los seres orgánicos, que se establecen y propician la acción competitiva—según Darwin (4)— "son las generadoras de formas cada vez más complejas", que se constituyen en las diferencias que darán ventajas a unos organismos sobre otros, al configurarse en una población más acorde con las condiciones de vida.

En el proceso evolutivo encontramos que las poblaciones modificadas desarrollan variaciones adaptativas en concordancia con el medio lo que les dá ventajas sobre aquellas que no se modifican o que su modificación no está en concordancia con el medio.

Es claro entonces que la competencia se dá por la utilización de los recursos comunes necesarios para cada especie, y se establece, entonces, que dos especies afines viviendo juntas en una comunidad, pero ocupando nichos diferentes, sobrevivirán en un cierto estado de equilibrio. Darwin nos dice: "cualquier especie que no se modifique y perfeccione en el grado correspondiente en relación con sus competidores será exterminada". Podemos colegir, entonces, que al estar sometidos los fenotipos de la especie a la criba del medio y la competencia tendrán éxito aquellos que se modifican en concordancia con el medio y se apropian del nicho (tengan éxito en la utilización de los recursos comunes). Son estos fenotipos los que dejarán mayor descendencia, contri-

buyen más a la próxima generación, teniendo así la sobrevivencia de los más aptos, esto es: los que desarrollen mayor eficacia biológica.

Tal como hemos visto, este proceso competitivo se ha llevado a cabo gracias a la variación adaptativa subyacente en las poblaciones. De manera que preguntar por el origen de la eficacia biológica es identificarse en la pregunta por el origen de la variación. Ello no fué ajeno a Darwin, encontrando ahí uno de sus grandes problemas: ¿cómo surge la variación? Para explicarla recurre a la división de las "condiciones de vida" en factores que dan origen a la variabilidad, como el uso y el desuso, y en factores que actúan de manera indirecta en su aparición, como el clima, la alimentación, la humedad, etc. Sin embargo, ante la inconsistencia de ésta clasificación, expresa respecto a estos últimos factores: "hay razones para creer que en el transcurso del tiempo los efectos han sido mayores de lo que puede probarse con las pruebas evidentes" (4).

Darwin es consciente de que en el proceso evolutivo el medio es un elemento activo al que no logró ubicar con la dimensión apropiada en interrelación con los otros factores. En carta a un amigo en Octubre de 1876, casi 20 años después de la publicación de la primera edición del "Origen de las especies", expresa: "a mi juicio el mayor error que he cometido consiste en no atribuir una importancia suficiente a la acción directa del medio como el alimento, el clima, etc. independiente de la selección natural" (4).

NEORDAWINISMO

1. METODLOGIA

Darwin expuso sistemáticamente las observaciones que conducen a corroborar la evolución de las especies. Con el apareamiento de la genética mendelina se proponen las posibles causas de la variación y los mecanismos que garantizan su transmisión a la luz de los nuevos hallazgos experimentales. Aunque Darwin anduviera por los campos de la herencia tratando de vislumbrar el mecanismo que conserva la variación en la siguiente generación, su teoría de la pangénesis no cabía dentro de la disciplina que nacía con Mendel.

A este punto es posible encontrar una ruptura al interior de la biología: mientras Darwin cambia la manera de concebir los seres vivos con la introducción del concepto de población, dándole ese carácter unitario, estructural y funcional en concordancia con el medio a través del tiempo, con Mendel se desbarata la unidad conceptual de la población para dedicarse a la observación de individuos a través de varias generaciones en aras de dilucidar el mecanismo hereditario. "Con el objeto de descubrir las relaciones —dice Mendel— en que se mantienen entre sí las formas híbridas y también con sus progenitores, parece necesario que todos los miembros de las series en cada generación sucesiva sean, *sin excepción*, sometidos a la observación" (18).

De tal manera, Mendel se toma el trabajo de elegir uno por uno los individuos,

del mismo modo unos pocos caracteres con marcada diferencia cualitativa. "Las plantas de experimentación deben necesariamente —dice Mendel— 1. Poseer caracteres diferenciados constantes; 2. Los híbridos de tales plantas deben ser protegidos durante el período de florecencia de los injertos de todo polen extraño, o ser de fácil protección" (18). Los caracteres resultantes están sujetos a la clasificación y descripción. El medio se convierte en obstáculo y se hace necesario controlarlo. Es decir, Mendel trata de "introducir una o varias diferencias cuyos efectos sean tan marcados que no ofrezcan dificultad alguna para su identificación" (18); método que —como anota Kenneth Mather— ha dado grandes resultados en la química y en la física, pero que en la biología, donde "los factores causantes de la variación son tantos y tan complejos que no es siempre posible reconocerlos y mucho menos controlarlos" (15), tiene un uso muy limitado por dos razones fundamentalmente: "En primer lugar, no nos permite tener en cuenta numerosos factores que, aunque importantes, no pueden distinguirse de los de otros factores; en segundo lugar, el error variacional, aunque no sea suficiente para impedir la observación de un efecto general, puede ser lo suficientemente amplio para introducir un margen de error no negligible en la medida de toda relación" (15).

Darwin en cierto modo no elige; más bien recurre a las más variadas condiciones que le permitan observar el comportamiento de la población. Por lo tanto las diferencias entre individuos son superadas por las diferencias de los caracteres respecto al "prototipo" de la población. Es decir, adopta el tipo medio como parámetro del cual se desvía la población a causa de diferentes factores.

Es cierto, y la contribución teórica es grande, que Mendel consideró una nueva manera de describir los fenómenos: utilizó toda una simbología para la interpretación de los resultados, lo que se considera —según Jacob— "en cierto modo como la articulación entre la teoría y la experimentación" (10). Además, introdujo una interpretación matemática y estadística de la herencia hasta ahora no realizada y trató de llenar el vacío que, según él, poseía toda la obra precedente sobre hibridación. "Todos los que examinen —dice Mendel— la obra realizada en este sentido, llegarán a la convicción de que entre todos los experimentos hechos, ninguno se ha llevado a cabo con la extensión y en una vía tales que hagan posible determinar el número de formas diferentes en que aparecen los descendientes de los híbridos, u ordenar estas formas con certeza, de acuerdo con sus generaciones separadas, o determinar definitivamente sus relaciones estadísticas" (18).

Sin embargo, el hecho de haber realizado un tratamiento estadístico adecuado no es razón suficiente para ubicar a Mendel en la misma línea de Darwin respecto a la concepción de la población. La población en Mendel es la suma de las individualidades, es la clase que encierra varios miembros. La unidad de estudio es el individuo cuya configuración es el producto de la suma de los "factores discretos" de la herencia. Para Darwin, "la población como un todo es el "individuo" que sufre la evolución" (17). Cada organismo contribuye y procede de la población formando una unidad inseparable; con esta concepción trata de encontrar la conexión entre los individuos bajo diferentes "condiciones de vida" donde son muchos los factores involucrados y las relaciones establecidas", de gran complejidad.

Esta situación exige dos métodos diferentes para abordar el estudio del comportamiento de la población que en el contacto inicial con el objeto de estudio se presenta así:

La estadística define actualmente la probabilidad como de dos tipos (30). De un lado, la probabilidad que se conoce de la ocurrencia de un hecho sin necesidad de ir a comprobarlo. Ejemplo: se conoce la probabilidad de ocurrencia de cara o sello antes del lanzamiento de la moneda. A esta situación se llega cuando los factores involucrados son pocos o cuando se sobresimplifican las variables involucradas en un fenómeno, cosa que lo desvirtúa totalmente. Mendel trabajó bajo esta perspectiva y se establecieron las probabilidades "a priori" de la genética clásica: las famosas proporciones genotípicas 1:2:1 para los híbridos, 9:3:3:1 para los trihíbridos, etc.

De otro lado, la probabilidad empírica: como el recuento de la ocurrencia de un hecho en una serie de eventos. Ejemplo: con un método de operación a un cirujano se le mueren 10 pacientes de 100 operados. Podemos decir que el riesgo de muerte, o probabilidad empírica, debido a este método y a otras variables involucradas es del 10⁰%. "Estos sistemas empíricos de estadística —dice Villé— tienen su uso donde no hay base teórica a priori para predecir el resultado" (30). Condición que se cumple, entre otras, en la ciencia biológica donde innumerables variables y de diferente naturaleza están motivando la ocurrencia de un fenómeno.

De tal manera, que bajo esta situación se hace necesario buscar métodos más complejos que permitan la introducción de gran cantidad de factores para su estudio.

Esta es la perspectiva abierta por Darwin al incluir como causa de divergencia de los caracteres las condiciones físicas de vida y la herencia. Y es el hecho que conduce al desarrollo de modelos estadísticos que propenden por la cuantificación y discriminación de la variación cuya distribución describe el comportamiento de la población.

Estas actitudes dividen a la biología en dos tendencias bien marcadas. Por un lado la genética clásica que recoge el legado de Mendel, antes insinuado; lo que constituye en su forma más elaborada el tratamiento estadístico deductivo. Esto es, conocido el mecanismo de la herencia, se puede entrar a predecir sus resultados. Este tratamiento le encuadra perfectamente, por ser su objetivo los caracteres cualitativos, de marcada discontinuidad, generalmente asociados a unos pocos pares de genes, en donde el medio juega un modesto papel que no impide a los geneticistas interesados en ahondar en los "factores" mendelianos, que se presentan en forma recesiva o dominante y que se segregan independientemente, establecer una condición determinística del genotipo sobre el fenotipo.

A la luz de estos planteamientos se ha pretendido mostrar que la genética clásica, con su tratamiento estadístico, comienza la era de las cuantificaciones en el estudio de los fenómenos biológicos. Sin embargo, para la genética clásica las mediciones se reducen al conteo de los individuos que poseen tal o cual característica, lo que permite solamente hallar la distribución de los individuos alrededor de ella y no la distribución de la variación en las características respecto a su "prototipo". "Gracias a la discontinuidad introducida

deliberadamente en la discriminación de los caracteres —dice Jacob—, es suficiente, a cada generación, contar los individuos pertenecientes a cada una de las posibles clases” (10).

En resumen, podemos decir que la genética clásica tampoco ha podido salir de la mera descripción y comparación cualitativa en la que se encuentra sumida la biología de la época. Además, la aplicación del método deductivo para el estudio de la herencia, donde las teorías son escasas y las variables involucradas abundantes, donde, como expresa Kenneth Mather, “no podemos reproducir exactamente una situación dada” (15), llevó a que las generalizaciones de Mendel se movieran en un campo sumamente estrecho.

De otro lado, están los biólogos interesados en la variación que toman como objeto de estudio la población bajo la concepción darwiniana. Dentro de esta corriente es importante destacar los planteamientos de Galton. En varios escritos publicados en el período premedeliano, destacó la importancia de un conocimiento exacto de la herencia e hizo el primer intento comprensivo para determinar las leyes que cumplen los fenómenos que, según él, manifiestan una característica regularidad. Y fue gracias a sus trabajos —dice Bateson— que llegó a un reconocimiento generalizado de la existencia de algún orden en los hechos de la naturaleza (2).

En 1897, Galton enuncia definitivamente su ahora conocida como “Ley ancestral”; en la que declara que del total de lo heredado por la progenie, $1/2$ proviene de los padres, $1/4$ de los abuelos, $1/8$ de los bisabuelos, y así sucesivamente (2). A

partir de esta concepción, Galton propuso métodos para llevar a cabo el estudio estadístico de la variabilidad en una población determinada, que fueron extendidos y mejorados posteriormente por Pearson y la Escuela Inglesa de Biometría (2).

Esta forma de mirar el mecanismo de la herencia, obedece, obviamente, a su concepción de la población. De tal manera que sus planteamientos se enfrentan radicalmente al mutacionismo, nacido con De Vries (2) y desarrollado posteriormente por Morgan (21), donde las variaciones “surgen como individuos y a intervalos frecuentes”, el mecanismo de la herencia se estudia como un “suceso específico que puede referirse a principios conocidos”, propio del método mendeliano. El mismo Morgan reconoce el carácter de esta diferencia: “Cabe observar que al formular Galtón esta Ley no tenía intención de aplicarla a casos individuales, sino, a lo sumo, al promedio de las clases diferentes de individuos que aparecen en una población numerosa” (21).

El método de Galton permite, por lo tanto, considerar que la variabilidad emerge como producto de la actividad de muchas variables. En él se propende por “llegar inductivamente —expresa Kenneth Mather— a ciertas conclusiones con referencia al sistema a partir de consecuencias observables” (15). Y se requiere, como lo expresa Morgan, “donde se necesita un valor exacto numérico o cuantitativo de los datos que se están considerando” (21). En consecuencia, “puede sostenerse —dice Morgan— que la ley de Galton es aplicable a casos donde un número de factores diferentes —algunos genéticos y otros ambientales— afectan los mismos caracteres en más o menos, en una direc-

ción determinada, produciendo algo así como un efecto mosaico. El tamaño y la altura proporcionan buenos ejemplos" (21).

Por tanto podemos expresar que con Galton la ciencia biológica adquiere un nuevo carácter; comienza con sus trabajos una forma nueva de estudiar los fenómenos apoyado fundamentalmente en las observaciones cuantificables. Su método ha permitido estudiar "constructivamente los fenómenos variables". Con base en los grandes aportes recibidos posteriormente, dentro de los cuales se destacan los realizados por R.A. Fisher quien estableció "su base lógica", su estructura matemática y su método analítico" (15) como respuesta a la necesidad de una exacta determinación del error variacional en el que se incluyen los efectos de cualquier factor observable o no observable. Es decir, consolidó las bases de la biometría iniciada con Galton (16).

Su Ley, como un tratamiento estadístico de la herencia, aún perdura dentro de la genética de poblaciones: "¡No es mucha exageración —dice Lush— afirmar que la matemática de la herencia es el álgebra de $1/2$ " (13) cuando lo que se trata de estudiar es la variación continua, generalmente ligada a la herencia multifactorial, donde las relaciones mendelianas no pueden ser observadas y por lo tanto las progenes aisladas no proporcionan ninguna información, haciéndose necesario tomar como unidad de estudio la población.

2. BASES GENÉTICAS

Ante la ausencia de un desarrollo teórico del origen de la variación, la biología post-darwiniana dedica buena parte de sus

esfuerzos a refutar con casos experimentales particulares la "teoría de los caracteres adquiridos" que Darwin había adoptado al mostrar otros tantos casos particulares en los que, según él, el hecho era innegable (4). Los trabajos de A. Weismann son un claro ejemplo de esta actitud. La interpretación dada a sus resultados experimentales es la aceptación del individuo como la suma de dos partes bien definidas; la primera es la agrupación de células somáticas que constituyen el cuerpo, y la segunda es el cúmulo de células germinales que conforman —en una expresión de Morgan— "el capital de reserva de la raza" (21). De tal forma que las células germinales quedan aisladas de las influencias de las células somáticas.

Esta situación evidencia una abierta dualidad en el desarrollo embrionario. Son las células germinales por sí mismas las que están en capacidad de producir un nuevo organismo. La función de las células somáticas (el cuerpo) se reduce a proteger y a alimentar a las células germinales que, a pesar de ser las encargadas de conservar la especie, carecen de importancia para la vida de quien las lleva (21).

Para Weismann, el origen de toda variación está en las células germinales; de tal manera que son ellas, y no el cuerpo, la raíz de todos los cambios evolucionarios; es el plasma lo que se continúa, con ese carácter inmortal que él le imprime, utilizando el cuerpo como simple soporte (21).

Con el redescubrimiento de las leyes de Mendel, hacia 1900, se abre la perspectiva de montar la teoría weismanniana sobre bases más sólidas. El carácter determinístico del plasma germinal es asignado

a los "factores" mendelianos. Estas unidades discretas, así concebidas por Mendel, son las encargadas de la manifestación de cualquier carácter por lo tanto la fuente de toda variación.

El objetivo que guía el proceso experimental de la biología a la luz de estos hallazgos de Mendel es encontrar la compatibilidad del plasma germinal inmutable con los evidentes hechos evolucionarios. De Vries, uno de los redescubridores de las leyes de Mendel, venía desde hace años atrás del redescubrimiento desarrollando experimentos de hibridación en plantas que lo llevaron a postular, en 1900, una teoría coherente de la mutación y sus implicaciones en la evolución de las formas vivientes (2).

Para De Vries, la variación se manifiesta en la discontinuidad de las características como reflejo del carácter discreto de los factores mendelianos (2). De tal manera, los tipos mutantes representan una ruptura con el tipo original; no existe un grado de variación entre el tipo mutante y el original, sino una serie nueva de caracteres. La mutación es una creación de nuevas formas donde el medio ambiente tiene poco que hacer.

La teoría de la mutación así formulada se constituye para la genética clásica en un punto de partida para el estudio de la evolución basado en métodos más exactos (21).

Por otro lado, continúa el trabajo paralelo de un grupo de biólogos fundamentalmente a la luz de los hallazgos de Darwin con el tratamiento propuesto por Galton. No obstante, comienzan a aparecer los primeros intentos por vincular los

principios mendelianos al estudio de las poblaciones. Este es el mérito principal de un par de investigadores, el matemático inglés Hardy y el médico alemán Winberg, quienes demuestran, en términos de frecuencias génicas y genotípicas, el equilibrio existente en una población infinitamente grande con apareamientos al azar, en ausencia de mutación y migración (8). Esto es, se pretende demostrar que no existe en la población "una tendencia inherente para que sus propiedades genéticas cambien de generación a generación" (5).

A pesar de ser la ley de Hardy-Winberg (como se le conoce hoy) un planteamiento progresista en la genética clásica al tratar de cambiar el interés existente hacia los apareamientos individuales por la transmisión de los genes dentro de las poblaciones, tuvo que esperar varios años para ser reconocida su importancia, ya que el pensamiento biológico de la época sólo da cabida a los conceptos mutacionistas de la evolución. No se trata allí la evolución como un problema histórico, es algo sujeto a la investigación de laboratorio. Y en esta dirección se dirigen las investigaciones realizadas a comienzos del siglo por la genética clásica.

Sutton y Boveri encuentran que los genes se localizan en los cromosomas del núcleo celular (3). Estos hallazgos son tomados por un grupo de investigadores dirigidos por T. H. Morgan, quienes se dedican al estudio cromosómico de la *Drosophila melanogaster*. Su objetivo principal es encontrar el asiento de las mutaciones; se consigue ubicar un gen particular en un cromosoma específico; se localizan los cromosomas determinantes del sexo, y se estudian los caracteres ligados a ellos. Se

analizan las traslocaciones, inversiones, aberraciones cromosómicas y las mutaciones de punto. Consolidándose las bases de la "teoría cromosómica de la herencia" a mediados del siglo. Esto es, se logra concretar el "plasma germinal" vagamente concebido por Weismann.

En consecuencia, los biólogos que venían desde el comienzo del siglo trabajando bajo la perspectiva poblacional se enfrentan a la genética clásica en el transcurso de su desarrollo en dos conceptos fundamentalmente. De un lado, el mendelismo naciente pretendía imponer la metodología deductiva apoyados en las pruebas experimentales de las leyes de Mendel, y por tanto, no había razón para aceptar los métodos adoptados por Galton y Pearson. En tanto, éstos no aceptaban el determinismo mendeliano, su concepción se apoyaba en la complejidad de factores interactuantes en el proceso de la herencia dando como resultado una variación esencialmente continua, objeto de conocimiento sólo mediante el análisis inductivo. Sin embargo, Fisher (1918), empleando el método de Galton, propone la partición del error variacional en los caracteres continuos en una fracción debida al efecto de los "factores" mendelianos, que pueden dividirse en el efecto aditivo que habrán de tener estos "factores" discretos para dar origen a una variación continua, en el efecto de dominancia, y en el efecto de la interacción génica; la otra fracción es debida a otros factores no ligados a la herencia (16). Este encuentro de la variación continua con la variación discontinua en el seno del mendelismo, inaugura el apareamiento de la genética de poblaciones o genética biométrica (16). A partir de aquí queda establecido en la biología la causalidad mendeliana:

gen-carácter, el medio es solo un factor que aumenta el error variacional dificultando la manifestación del efecto real.

De otro lado, el mutacionismo se consolida contra el evolucionismo darwiniano al no reconocer en la sección natural el mecanismo orientador de los cambios evolutivos; solo las mutaciones pueden orientarlo.

La primera contribución para dirimir esta controversia se le atribuye a Haldane (1924) quien, recogiendo los elementos tributados por Hardy y Winberg (1908), analizó los cambios de frecuencias génicas y genotípicas en una población de tamaño finito bajo el efecto de mutación, migración y selección (28). Son igualmente importantes las contribuciones de Sewall Wright (1932) para quien la selección es natural un hecho establecido, interesándose en el análisis de sus efectos. Aparece en su teoría la "deriva genética" como una fuerza importante en el proceso evolutivo. A Fisher (1930) se le considera el tercer arquitecto de esta nueva tendencia; sus estudios lo llevan a concluir que la mutación recurrente tarde o temprano asegura el establecimiento de un cambio favorable gracias a la acción de la selección natural. Al mismo tiempo descarta la existencia de mutantes selectivamente neutros (16).

Bajo estos nuevos desarrollos teóricos, la idea de Darwin toma una nueva forma; se formula "la teoría sintética" de la evolución: Las mutaciones surgen al azar sin importancia adaptativa; es la selección natural la que, ayudada por la segregación y recombinación de los genes, constituye genotipos adaptativamente coherentes (9).

Estos principios genéticos aplicados a la población bajo la formulación matemática dada por Haldane, Wright y Fisher constituyen lo que Waddington ha llamado "Paradigma neodarwiniano de la evolución" (28). Es decir, nace el neodarwinismo como modelo de la genética de poblaciones.

En resumen, la genética de poblaciones adopta los postulados de la genética clásica respecto a la relación genoma —medio ambiente. Las variaciones son producto de las mutaciones, las cuales en ningún momento dan origen a novedades, sólo recurren a formas que ya han aparecido en sus antecesores. Es decir, el genoma tiene la propiedad de decidir sobre sus propios cambios. La herencia se constituye en un mecanismo conservador de la variación y el medio es sólo un agente selectivo. Las interrelaciones contempladas por Darwin en el complejo proceso de adaptación se reducen a los factores del medio actuando sobre los productos de los genes. Se sigue manteniendo el dualismo de Weismann: un plasma germinal inviolable e independiente de todos los procesos del entorno. Y así lo confirma uno de los tratadistas más modernos: "El código genético —expresa Jacob— no recibe lecciones de la experiencia".

Este cuerpo conceptual tiene gran importancia para la biología por ser el primer intento de un desarrollo lógico —matemático, y grandes consecuencias para las prácticas agropecuarias que pretenden elevar la producción con fines específicos. Esto es, se posibilita el apareamiento del mejoramiento genético como técnica.

A partir de aquí esta técnica cargará, conceptualmente, con la resultante del

"feliz" encuentro entre el darwinismo y el mendelismo: la genética de Mendel y la metodología de Galton trabajando en las poblaciones. Ya no es posible hablar de una causalidad múltiple en los procesos de adaptación de las poblaciones con sus condiciones de vida, como planteaba Darwin e incluso los primeros evolucionistas que pretendían ser su epígonos, como Galton; ahora, el método debe contemplar los fenotipos bajo el modelo que incluya: los "factores" mendelianos como causa y las variables del entorno como elementos que enmascaran en mayor o menor grado el efecto de esos "factores".

Como consecuencia, frente a lo complejo que resulta controlar físicamente esas variables, el mejoramiento genético animal trabajará por su control estadístico en busca de los "factores" mendelianos responsables de la manifestación de los caracteres de importancia económica. En esta medida, el método inductivo de Galton será enriquecido con modelos estadísticos que permitan partir la varianza fenotípica de manera cada vez más precisa; marcando cada logro una etapa importante en el desarrollo del mejoramiento animal (31).

HACIA UN PARADIGMA POST—NEO—DARWINIANO.

No sólo en la genética de poblaciones se veía que las soluciones mutacionistas no bastaban; de igual forma sucede en la genética molecular.

Michie analiza las diferentes fases que ésta ha sufrido. En la primera fase se impone la solución Weismaniana: "El germen crea el germen, dando lugar a un cuerpo mortal en cada generación que

actúa como vehículo temporal” (20). A esta “filosofía” la llama “teoría de la herencia por una sola vía”.

El método de esta primera fase se resume en la técnica que “consiste en el cruzamiento de individuos emparentados con el mínimo de interferencia ambiental” (20). Es bajo este método que logra recoger su mayor fruto: postular “la teoría cromosómica de la herencia” (20).

Sin embargo, fenómenos en la reproducción asexual, la diferenciación celular y la variabilidad de individuos que se suponían con igual dotación genética se salen de los resultados predichos por la teoría clásica.

Frente a tal situación los biólogos han recurrido a buscar orgánulos que puedan tener capacidad de transmitir información a nivel del citoplasma. Esto ha llevado a postular la teoría de la herencia citoplasmática paralela a la herencia cromosómica. Así, todos los fenómenos que la teoría clásica no alcanza a explicar son considerados como resultado de las acciones de los genes del citoplasma o “plasmagenes”. Así, la diferenciación celular se trata de explicar por la pérdida diferencial de algunos de estos plasmagenes quedando en las células sólo los que convienen al tejido.

Sin embargo un cuidadoso análisis de estos principios muestra claramente que la solución se reduce solamente a trasladar el problema al citoplasma, ya que la herencia cromosómica sigue determinado el proceso.

Esta teoría ha sido llamada por Michie (20) “teoría dualista” de la herencia que marca el comienzo de la segunda etapa,

de la historia de la genética. Aquí subsiste el problema: sólo hay inhibición o activación; no hay interacción de genes con los factores del citoplasma. Con estos elementos conceptuales el biólogo dará vueltas alrededor del núcleo tratando de encontrar la razón de la desviación de los fenómenos con respecto al esquema clásico. “Antes que —dice Michie— desgarrar la membrana celular y exponer el *Sancta Sanctorum* de la herencia cromosómica a las fuerzas del desarrollo y de la decadencia”.

Sin embargo, ciertos fenómenos como los inmunológicos recuerdan los planteamientos lamarckianos: ratones recién nacidos que clasifican de modo erróneo y definitivo las proteínas extrañas como propias y en consecuencia transmiten el carácter adquirido; transplantes nucleares en amebas que dan como resultado caracteres tanto del donante como del receptor, etc. Frente a estos hechos “debe haber —dice Michie— alguna vulnerabilidad del plasma frente a las influencias del cuerpo mortal o soma que lo alberga”.

Es bajo esta perspectiva que debe formularse una “teoría unitaria de la herencia” donde el medio presione y el organismo responda activamente formando una unidad dinámica. Es decir, que marque el comienzo de la tercera fase de la genética. Sin embargo, no será mediante la metodología de la genética molecular que habrán de postularse las alternativas conceptuales que permitirán avanzar por el camino de la superación del mutacionismo como solución a los problemas evidenciados por Darwin en el proceso evolutivo.

Se han desarrollado hoy, y aún antes del análisis de Michie, algunos intentos in-

teresianos en el camino por superar las insuficiencias del mutacionismo. Sin embargo, los conceptos alternativos se enuncian desde una perspectiva muy diferente de las orientaciones trazadas por la genética molecular.

Las condiciones de su surgimiento han sido provocadas por los vacíos existentes en el proceso de desarrollo llevado a cabo por el neodarwinismo. Su pensamiento evolucionó del atomismo reduccionista hasta la concepción de los fenómenos biológicos como una "totalidad relacional". En éste sentido son grandes las contribuciones de la "genética de poblaciones" a la luz de los conceptos derivados de la cibernética: cada miembro de una población es partícipe de un "pool genético" el cual es considerado como un "sistema" donde los elementos están "integrados y coadaptados", donde las condiciones poligénicas y pleiotrópicas se traducen en "interrelaciones reguladoras". Ya no es el genoma la suma de las unidades discretas propia de las ideas mutacionistas. Sin embargo, esta estructura todavía carecía de una ubicación real bajo unas condiciones específicas del entorno con relación al sistema génico (genoma), a pesar de la introducción de nociones tan desarrolladas como la transmisión de información y autorregulación, elementos centrales de la cibernética.

Para que la ubicación real del medio en el sistema se concibiera era necesario el replanteamiento de los principios lamarckianos bajo una óptica diferente: ya no es el medio que impone el "preformismo" o una armonía preestablecida, propia del esquema lamarckiano, ni es el genoma refractario a los sucesos del entorno. El camino comenzaba a abrirse a partir de 1929 con

Piaget, quien abiertamente planteaba: "entre el mutacionismo integral y la hipótesis de una herencia continua de lo adquirido debe haber pues un *tertium*" (22).

Los primeros aportes conocidos en este sentido fueron llevados a cabo por Shmal'gauzen en Rusia alrededor del 1947; quien publica los primeros trabajos sobre los mecanismos de "auto-regulación" que hacen al organismo resistente a los cambios provocados por los agentes del medio (27), siendo el primero en introducir la noción moderna de sistema en el estudio de los procesos evolutivos, a pesar de que su esquema sólo contemplaba el medio como productor de simples ruidos. Por su lado, Waddington concebía ya en 1940 una noción que contemplando los planteamientos de Shmal'gauzen los superaba en cuanto a su proyección con el entorno: Plantea que los procesos de desarrollo poseen una propiedad mediante la cual se hacen en algún grado modificables y en cierto grado resistencia a las condiciones del entorno; propiedad conocida como "canalización". Apoyado en este principio, formula en 1953 la noción de "asimilación genética" como el proceso por el cual un carácter adquirido por el individuo se hace heredable mediante presión de selección por varias generaciones en virtud de su epigenotipo, es decir, en virtud del proceso de interacción entre el genotipo y el fenotipo que a su vez interactúa con el medio generando una recíproca transformación. Con todo, lo más sorprendente de sus resultados radica en que los análisis con cruces, retrocruces y cromosomas marcados muestran que las diferencias entre los individuos que asimilaron un carácter y la población base involucran, en mayor o menor grado, todos los cromosomas. Del mismo modo,

cuando la asimilación ha sido total o parcial, muchos loci han sufrido cambios y en la mayoría de los casos se ha alterado todo el genotipo (27).

De esta manera, se va consolidando el *tertium* de Piaget, encontrando aquí el elemento que faltaba en el sistema cibernético que contempla ahora en su totalidad 4 subsistemas:

1. Sistema genético integrado, con sus mecanismos de homeostasis;
2. Sistema epigenético: interacción del fenotipo con el genoma;
3. Explotación del medio por el fenotipo;
4. Acciones de la selección natural sobre los fenotipos.

Cuatro subsistemas que interactúan para lograr acomodaciones del genoma, sin recurrir a nuevos procesos o hechos que no conociera el neodarwinismo ortodoxo, que mediante recombinaciones dan origen a la diversidad de caracteres y se convierte así en fuente principal de variación; ya no hay necesidad de considerar el medio sólo como plano de sustentación y un obstáculo para encontrar lo que oculta el genoma, dándose un avance significativo hacia la consolidación de un paradigma post-neodarwiniano, de cuya necesidad hablara C.H. Waddington (28).

CONCLUSIONES

La genética de poblaciones al surgir como resultado del encuentro de la genética mendeliana y la teoría de la evolución por selección natural formulada en términos

matemáticos, parece haber alcanzado por ello un alto grado de significancia dentro de las disciplinas biológicas. Partiendo de aquí podría pensarse que el "mejoramiento genético" sería la técnica que estaría, dadas sus bases teóricas, en mejor posición que otras cuyos fundamentos no han corrido la misma suerte que la genética de poblaciones. Sin embargo, ésta apoyada en los postulados mendelianos, ha reducido los fenómenos de diversidad y adaptación a sucesos provocados por simples cambios en las frecuencias de genes específicos; ha desvirtuado el proceso evolutivo que pretende explicar, al romper la unidad ecológica sobre lo que se postula la teoría darwiniana. En sus formulaciones han olvidado que "sólo hay adaptación si existen las relaciones funcionales: variación del organismo en función del medio, variación en el mismo momento en función de sí mismo y las variaciones del medio en función del organismo" (19), y consecuentemente para el "mejoramiento genético" el concepto herencia—medio se ha reducido a "piadosas alusiones estereotipadas que parecen más bien una coartada antes que un esquema operatorio" (19) cargando el acento en la causalidad lineal genoma → organismo, organismo → medio, y en el mejor de los casos medio → organismo sin consecuencias reales en la transformación genética de las poblaciones domésticas.

No es entonces gratuito que los problemas generados en el proceso de la selección unilateral hayan tomado por sorpresa aún a los más concienzudos practicantes del mejoramiento genético animal. Sus causas están muy lejos de ser encontradas en una teoría desarrollada por simple extensión de los principios mendelianos. En ella la diferencia entre el tratamiento de

la genética molecular y el de la genética de poblaciones radica exclusivamente en un problema de escalas: los organismos son conjuntos de órganos y las poblaciones una suma de individuos. De ahí que las extrapolaciones sean tan frecuentes; se concibe fácilmente que las soluciones moleculares son simplemente las soluciones modulares de los problemas planteados por la ecología, las que, una vez logradas, sólo basta armar para obtener la comprensión del complejo comportamiento del macrosistema. Del mismo modo la metodología ha tenido que ser propuesta en términos de mejores herramientas para el manejo de grandes números y evaluación de sucesos probables, pero no porque se tenga conciencia de que la incertidumbre se genera en la captación de la complejidad del fenómeno caracterizado por las intrincadas interacciones, sino por que el control físico ha llegado, en la mayoría de los casos, a ser imposible. Aún se concibe la idea de llegar a la complejidad del sistema ecológico mediante el trabajo de poblaciones a pequeña escala bajo condiciones de laboratorio empeñados en el control ambiental. El sueño del trabajo en condiciones ideales aún persiste.

Se ha sugerido en varios puntos de este trabajo que entre Darwin y Mendel existen diferencias conceptuales profundas; que no es posible una fusión de sus principios para lograr una teoría acabada con la compleja formulación matemática que hoy se tiene. Si bien es posible aceptar que los desarrollos lógico – matemáticos son en sí mismos explicativos, también se debe aceptar que no todo lo que se genera “lógicamente” a partir de una sobre-simplificación tiene ese mismo carácter explicativo. El mendelismo sobre-simplificó y dió cabida a todas las formulaciones

matemáticas de sus principios. Darwin mostró el complicado cuadro de los seres vivos y discutió sus grandes interacciones; con él se hizo posible una concepción ecológica de la población, y aún son precarios los desarrollos matemáticos explicativos de los sistemas ecológicos. La genética de poblaciones optó por la prolongación del esquema mendeliano para abordar su objeto de estudio, y precisamente las omisiones y simplificaciones han falseado la teoría como unidad explicativa; hoy sus formulaciones distan mucho de ser explicaciones satisfactorias de los complejos ecológicos a los que se enfrenta. El carácter de esta opción ha sido mordazmente descrito por Ghiselin: “La verdad con la genética de poblaciones, ahora como siempre, es que muchas de sus premisas básicas son falsas. Ella necesita seguir apoyándose en una genética de poblaciones empírica. Nuestro universo no está poblado por modelos matemáticos y si los organismos contradicen las teorías no son los organismos los que han de ser corregidos” (7).

Sin embargo es preciso enfatizar que el mejoramiento genético tiene necesariamente que ajustarse a la rigurosidad con la objetividad en las medidas y el análisis serio de los resultados, si no se quiere comprometer su carácter técnico en la aplicación de recetas elaboradas con criterios anclados en el “buen gusto” de los mercaderes de “bellas y funcionales” formas. El análisis requiere la reubicación desde una perspectiva ecológica que implica la comprensión de esa *población* que se diluye, como hemos mostrado a través de este trabajo, en complejas interacciones donde el entorno es fuente y producto de cambios genéticos.

SUMMARY

Behind any present-day technique there is a scientific field which renders technical development feasible. Theoretically, the basis of improved animal breeding depends on the science of population genetics; and, it is from comprehension or misunderstanding of the theoretical aspect of that science that its achievements or mistakes arise.

The genetics of population are the outcome of a confrontation of Darwinism with Mendelism. In accordance with the Mendelian theory, the mechanism of heredity are dependent on transmission of discrete units called "genes" which are completely independent of and have no connection with factors of environment. This concept was introduced into Darwin's theory of evolution, i.e., that changes occur in populations nor individuals; and result from dynamic interaction between ecological conditions and biological populations. The Mendelian theory sustains the thesis of random mutation as the sole source of evolutionary change. Environment figures merely as a factor tending to complicate potential genetic manifestations and consequently needs to be controlled.

On the above bases, Haldane (1924), Wright (1931) and Fisher (1930) arrived at mathematical formulae covering the classic genetic theory of population, which now serve as criteria for the improvement of breeding strains.

Later on, theories respecting cybernetics were to be introduced into subsequent developments in the study of population; and as further progress was made

began to yield some interesting results. Populations are conceived of as systems which involved a complex network of interaction. From this standpoint, the genetic "pool" is no longer considered as a gene aggregate, but rather as a system by means of which its elements are integrated and coadjuted; and polygenic and pleiotropic conditions are converted into reglamented interplay; and variation, however, continues to be the outcome of radically aleatory mutations, while environment is deemed to be a source of "mere noises".

This omission creates a vacuum within a diagrammatic pattern of "relational wholeness" which gives rise to novel interpretations of the concept of "genome-environment interaction", in search of a TERTIUM QUID falling somewhere between Lamarckism and mutationism. The necessity for this had been worked by J. Piaget (1929). The possibility has been opened up by the formula of "genetic assimilation" (Waddington, 1953), as a phenomenon by means of which a character resulting from the interaction of the genotype with its environment, in virtue of the "canalization" (the property of a process of development through which it becomes capable of modification to some extent, as well as to some extent resistant to change) has reached the stage of forming through the interplay of the genes with their epigenotype products part of the genetic patrimony occasioned by rearrangement of genome under pressure of selection. This amounts to saying that it is a fallacy to consider the process of evolution a change in the frequency of specific genes since the acquiring of a "character" has compromised by the resulting modification the entire chromosomal interplay.

The cybernetic complex thus acquires unity by means of the relationship between what J. Piaget saids to be its four basic subsystems: i.e. 1) Genetic system. 2) Epigenetic system. 3) The exploiting of environment. 4) The effects of natural selection.

An objective analysis of the classic theory of population genetics in the light

of alternative theories posed by the "TERTIUM QUID", tends to highlight the lack of a logical formula taking into account the true scope of the concept of genome—environment. This may to a large degree account for the inconsistency of this theory in clearing up the phenomena encountered by those engaged in the task of improving breeding strains.

BIBLIOGRAFIA

1. Aragon, L. (1974). Acerca de la libre discusión de las ideas. En: "El caso Lisenko". Trad. por Angels Martínez Castells y Nuria Vidal. Ed. Anagrama. Barcelona. Pp. 107–151.
2. Bateson, W. (1930). Mendel's principles of heredity. Cambridge at the University Press. Cambridge, U. K. 413 pp.
3. Clark, F. C. (1979). El código genético. Trad. por Juan Ayala. Ediciones Omega. Barcelona. 82 pp.
4. Darwin, Ch. (1976). El origen de las especies. Ed. Bruguera, S. A. Barcelona. 669 pp.
5. Falconer, D. S. (1978). Introducción a la genética cuantitativa. Trad. por Fidel Márquez Sánchez. CECSA. México 430 pp.
6. Giraldo M., A. M. y L. J. Gómez G. (1982). Algunas implicaciones biológicas de la selección genética unilateral. Rev. Col. Cienc. Pec. IV: 99–114.
7. Ghiselin, M. T. (1972). Historical interpretations. Science, 175: 507.
8. Hardy, G. H. (1959). Mendelian proportions in a mixed population. In: classic papers in genetics. Edited by James A. Peters. U.S.A. 60–62 pp.
9. Huxley, J. (1965). La evolución; síntesis moderna. Trad. por Felipe Jiménez de Asúa. Ed. Losada, S. A. Buenos Aires. 593 pp.
10. Jacob, F. (1973). La lógica de lo viviente. Versión castellana de Joan Senent y M. Rosa Soler. Ed. Laia, S. A. Barcelona. 349 pp.
11. Lamarck, J. B. (1971). Filosofía zoológica. Trad. por Nuria Vidal Díaz. Ed. Mateu. Barcelona: 223 pp.
12. Lerner, I. M. (1981). La heterosis y el futuro del mejoramiento animal. Trad. por Colveza. Rev. Col. Cienc. Pec. 3:251
13. Lush, J. L. (1969). Bases para la selección animal. Trad. por Carlos Julio Fernández Alfonzo. Ediciones Agropecuarias Peri. Buenos Aires. 673 pp.
14. Lisenko, T. D. (1974). Informe a la academia de ciencias de la U.R.S.S. sobre la situación en las ciencias biológicas. En: "El caso Lisenko". Trad. por Angels Martínez Castells y Nuria Vidal. Ed. Anagrama. Barcelona. pp. 33–99.
15. Mather, K. (1953). La biometría y el método inductivo. Endeavour. XII (47): 140–143.
16. Mather, K. (1964). R. A. Fisher's work in genetics. Biometrics. 1964. 20:330–337.
17. Mayr, E. (1979). La evolución. En: Evolución. Ed. Labor S. A. Barcelona. pp. 1–13.
18. Mendel, G. (1940). Experimentos en hibridación de plantas. Trad. por Emilio Robledo. Ed. Sanson. Medellín. 1940 pp. 63.
19. Meyer, F. (1977). El Concepto de adaptación. En: los procesos de adaptación. Trad. por Hugo Acevedo. Ediciones Nueva Visión S.A.I.C. Argentina. pp. 13–27.

20. Michie, D. (1971). La tercera fase de la genética. En: Un siglo después de Darwin, tomo I. Trad. por Faustino Cordón. Alianza Editorial, S. A. Madrid. pp. 83-117.
21. Morgan, T. H. (1949). La base científica de la evolución. Ed. Espasa-Calpe Argentina, S.A. Argentina. pp. 279.
22. Piaget, J. (1975). Biología y conocimiento. Trad. por Francisco González Aramburu. Siglo Veintiuno Editores, S. A. México. pp. 338.
23. Piaget, J. (1977). El comportamiento motor de la evolución. Trad. por Inés Pardal. Ediciones Nueva Visión. Buenos Aires. pp. 125.
24. Sánchez M. G., L.M. Uribe T. y L. J. Gómez G. (1982). Desarrollo histórico de los conceptos herencia y entorno. Rev. Col. Cienc. Pec. IV: 79-98.
25. Shmal'gauzen, I.I. (1958). Hereditary information and its transformations. Doklady - Biological Sciences sections. pp. 20:385-387.
26. Thoday, J. M. (1971). La selección natural y el progreso biológico. En: Un siglo después de Darwin, Tomo I. Trad. por Faustino Cordón. Alianza Editorial, S. A. Madrid. pp. 183-208.
27. Waddington, C. H. (1961). Genetic assimilation. Advan. Genet. 12: 257-293.
28. Waddington, C. H. (1976). Paradigma para un proceso evolutivo. En: Hacia una biología teórica. Versión española de Mariano Franco Rivas. Alianza Editorial, S. A. Madrid. pp. 325-353.
29. Waddington, C. H. (1976). Depende la evolución del comportamiento al azar? En: Hacia una biología teórica. Versión española de Mariano Franco Rivas. Alianza Editorial, S.A. Madrid. pp. 135-144.
30. Ville', C. A. (1974). Biología. Trad. por Vicente Agut Armer. Ed. Interamericana.
31. Wilham, R. L. (1977). Nuevas facetas de las investigaciones sobre cría animal en los Estados Unidos. En: La cría animal: artículos seleccionados de la Revista Mundial de Zootecnia, F.A.O., Roma. pp. 12-17.



Llegó Compudose!

Unico implante que dura 200 días
y produce
mayor ganancia en pesos

Compudose es un nuevo concepto en implantes promotores de crecimiento.

Es moderno y seguro. Se usa en las etapas de crecimiento y finalización, en pastoreo o en confinamiento. Compudose estimula rápidas ganancias de peso y mejora la conversión alimenticia.

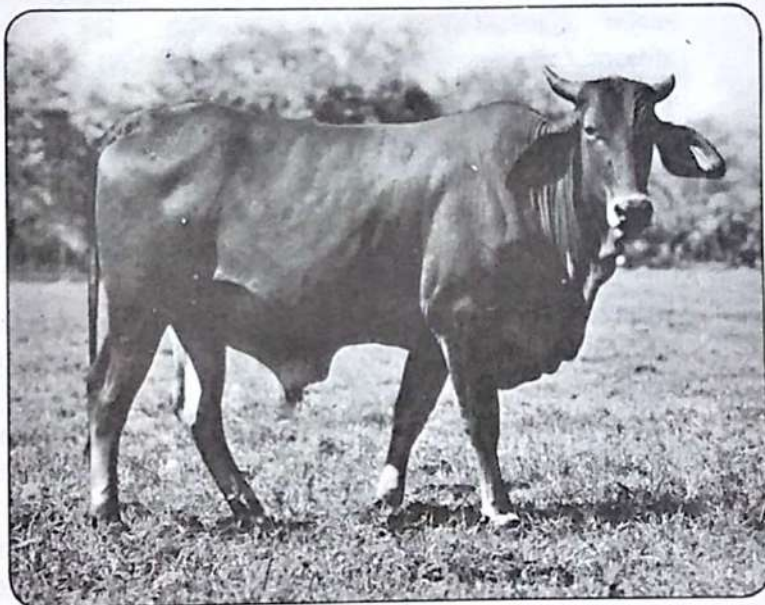
Más, mucha más carne

En ensayos realizados en Estados Unidos, Méjico y Colombia, novillos tratados con Compudose aumentaron de peso, en promedio, 18^o/o más que los novillos no implantados. Por lo tanto, con Compudose se obtiene el peso de sacrificio en menor tiempo o se alcanzan mejores pesos en el período normal de ceba.

Compudose proporciona acción prolongada

Como usted ya sabe, la mayoría de los implantes tienen una duración de 60 a 90 días únicamente. Para su comodidad y economía, Elanco ha diseñado el único implante de larga duración: Compudose 200 (para 200 días).

Y algo más! a diferencia de los implantes convencionales de tableta, Compudose libera en forma continuada y controlada, el compuesto anabólico que estimula el mayor rendimiento. Esta acción de Compudose permite que su ganado aumente diariamente de peso en cualquier etapa de producción.



Solicite Compudose, su jeringa implantadora y agujas en su almacén veterinario preferido.

Pregúntele a su Asesor Técnico o a los Médicos Veterinarios de Elanco por Compudose.

Registro ICA No. 1.730 DB

ELANCO

Compudose

la manera más fácil
de producir más carne

Señores Elanco
Apartado 4365
Cali

Sírvase enviarme información sobre Compudose

Nombre _____

Ocupación _____

Dirección _____

Ciudad _____

Tel. _____

Departamento _____

