



## SELECCIÓN POR UNA CARACTERÍSTICA

Los BÚFALOS han evolucionado como un organismo en equilibrio con su ambiente, tal cual como los demás seres vivos en la naturaleza. En consecuencia su genotipo también es el resultado de ese equilibrio. Los procesos de selección dirigidos a la formación y mejoramiento genético de razas en parte han desconocido ese equilibrio, al estar orientados a la conformación de ciertos biotipos productivos, enfocados en buscar definiciones muy específicas, con un objetivo de mejoramiento muy restringido, tan simplistas como el planteamiento siguiente: **RAZA = LECHE**, por eso se puede afirmar que siempre han tenido un enfoque bastante limitado.

Afortunadamente para los búfalos las consecuencias todavía no han sido tan graves, pues con más suerte de lo que la experiencia ha demostrado en los vacunos, que por efectos de la selección casi exclusiva por una característica o ‘*single-trait*’, con base en el cual se han generado las razas más productoras de leche, solo se adaptan a condiciones climáticas muy específicas, con tolerancia baja al ataque de parásitos y enfermedades infectocontagiosas, con problemas reproductivos persistentes, alimentación con base a unas pocas y exclusivas materias primas, además de otros problemas fisiológicos. Lo que es prueba fehaciente que la **ESPECIALIZACIÓN EXTREMA** no es la vía correcta para el PROGRESO GENÉTICO de una raza.

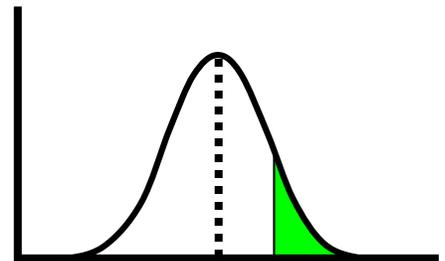
Obviamente, eso también ha sido producto del desarrollo de la comprensión, tanto del *genoma* animal, como del progreso en los métodos de evaluación genética y de selección, todo lo cual apenas hace unas décadas empezó a tener una mirada más integral, con la aplicación de las técnicas de evaluación y selección por varias características o ‘*multiple-trait*’, a través del uso de metodologías basadas en la evaluación del comportamiento fenotípico de los animales.

Más recientemente, a través de las técnicas moleculares/genómicas se han posibilitado la selección con un enfoque que trasciende esas visiones previas, aproximándose mejor a respetar el equilibrio producido por el proceso evolutivo en las especies.

No obstante, aun cuando se pretenda seleccionar por una sola característica, en efecto se estará afectando todo el genoma y por tanto la variación genética en las demás características del genotipo animal, como consecuencia de los principios genéticos siguientes:

- [1] **Deriva Genética**: Fenómeno que sucede cuando se reduce drásticamente el tamaño de la población, se incrementa notablemente al probabilidad de cambios no dirigidos o controlados en la frecuencia de los genes en la población, eso es, alteraciones producidas al azar en la dirección de fijación (Frecuencia = 1) o pérdida (Frecuencia = 0) de un gen, lo que en conjunto del genoma se traduce en pérdida de la variación. Cualquiera sea la causa de la reducción del tamaño de la población, se está produciendo una condición denominada “ *cuello de botella* ”, pues de la diversidad genética disponible en el reservorio genético original de una generación, sólo una parte de ella pasa a la generación siguiente.

Por ejemplo, al seleccionar los animales que producen más leche en un rebaño, esa alteración del equilibrio evolutivo reduce la variabilidad genética en las demás características. Supongamos que se cuenta con un rebaño de 5.000 búfalas cuyo promedio es de 4 litros y una desviación estándar de más o menos ½ litro ( $\bar{X} \pm DE = 4 \pm 0,5 \text{ lts}$ ), si seleccionamos como madres de los reproductores de la generación siguiente a aquellas que producen al menos 5 litros, nos estaríamos quedando solo con el 2,28% del rebaño, eso es, 114 búfalas, una cantidad muy pequeña del rebaño. Es lógico pensar que entre estas pocas habrá menor variabilidad que en todo el rebaño original para la característica producción de leche, lo que en principio está bien, pues es lo que se busca; pero también habría una variabilidad menor disponible en las demás características, a causa de la reducción del tamaño efectivo del rebaño. Si este proceso se realiza continuamente en las generaciones sucesivas, el daño que se producirá en el genoma del grupo genético será muy grande e irreversible.



La *Deriva Genética* es una fuerza no direccional, es decir, que la fijación o la pérdida de genes no se puede siquiera predecir, por tanto esta fuerza no puede utilizarse de manera programada para inducir un cambio en la frecuencia de determinados genes. Lo que se puede hacer, es tratar de evitar que se produzcan los denominados “ *cuellos de botella* ”, o al menos no generarlos, esas condiciones que tiendan a reducir el tamaño de la población, al punto de afectar negativamente el equilibrio entre las frecuencias de genes, logrado a través de muchas generaciones de evolución. La ausencia de estos controles puede servir para explicar por qué en algunas poblaciones es más frecuente la presencia de “ *genes indeseables* ”, como aquellos que determinan la prevalencia de enfermedades hereditarias.

Intensificar la selección de esta manera conduce a un incremento acelerado del parentesco entre los animales, que a su vez resultará en niveles indeseables de consanguinidad,

produciéndose un fenómeno denominado *Depresión Consanguínea*, que consiste en una menor eficiencia en las características afectadas. Se ha observado que los efectos detrimentales del aumento de la consanguinidad se presentan con mayor énfasis en las características que se expresan temprano en la vida del animal, tales como: supervivencia de la cría, tasa de crecimiento, susceptibilidad a enfermedades y fertilidad.

- [2] **Correlaciones genéticas**: La selección por una característica, siempre genera cambios en otra(s), en razón de las “*Correlaciones Genéticas*” entre ambas, que es el grado en que ellas están determinadas por los mismos genes. Se han propuesto dos causas para explicar las correlaciones genéticas: ① **Ligamiento**: Cuando los genes que controlan dos características están ubicados muy cercanos en el mismo cromosoma y tienden a heredarse juntos cuando se transmiten a los gametos, lo que depende de la distancia entre ellos; ② **Pleiotropía**: Cuando la expresión de un gen afecta dos o más de características.

Posiblemente el desconocimiento de este parámetro genético es lo que, en parte, ha generado que se acumulen genotipos no deseados, por ejemplo en las características reproductivas de las razas que han sido seleccionadas intensamente por producción de leche, que es sabido que están correlacionadas genéticamente y cuya dirección es contraria, eso es, que si se aumenta la presión de selección por valores mayores de producción de leche, se estarán generando búfalas con menores índices de eficiencia reproductiva. Entonces, qué sentido tiene contar con búfalas que su potencial genético de producción de leche sea mayor que el promedio, si esas búfalas élite van a tener dificultades para preñarse, por lo que van a presentar intervalos entre parto mayores, con toda seguridad las cuentas no van a demostrar que sea un negocio eficiente.

Son numerosos los ejemplos de problemas causados por el desconocimiento de las correlaciones genéticas entre características, aunque son ejemplos de la especie vacuna, principalmente en la raza Holstein, pueden servir como recordatorio de lo que no debe hacerse y evitar cometer esos errores en los bubalinos. Dado que la raza Holstein se ha generalizado a nivel mundial, así mismo son las implicaciones de las consecuencias del proceso de selección en la raza. A continuación algunos de esos ejemplos tomados de Hansen, LB. (2000). [Consequences of selection of milk yield from a geneticist's viewpoint. *J. Dairy Sci.* **83**(5):1145-1150].

- \* La incorporación de las características de la Evaluación Lineal indujo cambios en la fisiología de los animales de la raza Holstein. La selección continua por producción de leche y conformación genera problemas de digestión, como el desplazamiento del abomaso, que podrían ser una respuesta correlacionada indirecta al incremento en la

talla corporal. La insistencia en mayor talla corporal desconoce la gran cantidad de evidencia que demuestra que las vacas de tamaño menor presentan ventajas de supervivencia y eficiencia. De manera similar se ha observado que la incidencia de cetosis podría resultar de la selección continua de vacas que tienen una apariencia más angulosa, lo que denominan cuñas lecheras. Hansen (2000) plantea una interrogante interesante ¿Por qué seleccionar hembras que produzcan más leche; pero que también parezca que produzcan más leche?

- ✘ También se ha observado que las vacas seleccionadas por una producción más alta, son las que presentan un balance energético negativo durante las primeras semanas de lactancia, evidenciado por pérdida de condición corporal, que además está asociado con problemas reproductivos y de salud. Existe una evidencia amplia de la correlación negativa entre producción de leche y eficiencia reproductiva. También es sabido que la mayor parte de la variación en la fertilidad es debida a factores no genéticos. Es posible que en el pasado se haya dedicado más atención a mejorar los niveles productivos, que la eficiencia reproductiva, situación que debe ser tomada en consideración en este análisis. En cualquier caso ¿Es hacia allá y por esa vía a donde conviene llevar el genoma de las búfalas?
- ✘ Al comparar las hembras de la línea seleccionada con aquellas de la línea control (En las que no se hizo selección), se encontró que las vacas seleccionadas superaban a las del grupo control en: producción total de leche, proteína y grasa, aunque porcentualmente esas diferencias no eran significativas; superioridad observada también en la conformación general (Tamaño, fortaleza, profundidad); pero las de la línea seleccionada también eran superiores en costos por salud durante la lactancia, siendo los gastos más elevados por control de mastitis (Sin incluir la leche descartada), mientras que ningún otro ítem entre hembras de ambas líneas era diferente.

**ALGUNAS EXPERIENCIAS:** Recopilando conversaciones con varios criadores (Sus nombres han sido omitidos para proteger y respetar la identidad), en oportunidades diversas han compartido los planteamientos siguientes:

- Criador A: *De esas búfalas costó más el Certificado de lo que pueden “valer en gancho” (vendidas para carne), pues no se preñan por Inseminación Artificial y con búfalo tampoco es que sea muy fácil.*

- Criador 35: *Con mucha pena voy a tener que vender al matadero unas búfalas del Rebaño Registrado, según su “Genética” dice que son muy buenas; pero van para tres años en el rebaño reproductivo y no se preñan.*

COMENTARIOS: Posiblemente esas búfalas son producto de programas intensos de selección exclusivamente o con un énfasis mayor en producción de leche, eso no es evidente en la genealogía de un Certificado de Registro, para tener una noción de ello, es preciso conocer el Programa de Mejoramiento de la Bufalera.

Hablando de características correlacionadas, existe una correlación genética elevada y de signo positivo, entre los valores de FERTILIDAD POTENCIAL del macho, medida a través de la circunferencia escrotal y la calidad seminal, con la FERTILIDAD EFECTIVA de las hembras emparentadas, así que ésta pudiera ser otra herramienta de utilidad a la hora de comprar hembras, el poder contar con esas evaluación de los búfalos emparentados del lote.

Igualmente, al estar aplicando todas estas sugerencias y las demás estrategias disponibles, usted está tratando de reducir las posibilidades de que le toquen en las búfalas compradas, algunas que no sean representantes dignas de la genealogía que las respalda; lo que sólo podrán expresar en las condiciones de campo y con el manejo de su bufalera.

Otros coinciden en la propuesta siguiente:

- Criador ZX: *Me voy a quedar con las búfalas que produzcan más de 6 litros de leche al día, con la situación actual de precios bajos de la leche, no vale la pena siquiera preñar las búfalas de 4 litros, es preferible cebarlas y no perder pajuelas con ellas.*

COMENTARIOS: Quizá las búfalas de los planteamientos anteriores sean producto de decisiones como la de la afirmación de esta consulta, es decir, un esquema de selección con base en un solo indicador de la característica: producción diaria (Que dicho sea de paso es un indicador no recomendable para evaluar producción de leche, debido a que es muy variable y susceptible de cambios por una cantidad grande de factores), sin contar con las repercusiones sobre otros indicadores de la propia característica, así como en los aspectos reproductivos ¿Qué tal que las búfalas de mayor producción, son también las intervalos entre partos mayores? O ¿Son aquellas con menor duración de la lactancia? ¿Aquellas que se secan más pronto? ¿Con la menor persistencia en el pico de producción?

Adicionalmente, un Programa de Mejoramiento Genético se debe concebir y mantener con metas a largo plazo, compromisos en el tiempo que van más allá de un año fiscal. No puede ser cortoplacista, tampoco sus metas pueden estar sujetas a la volatilidad de los cambios de la economía del día a día, del flujo de caja de su bufalera, de las decisiones políticas sobre control de precios, situaciones que si bien no son predecibles, deberían ser parte de la flexibilidad con la cual que debería contar el Programa.

- Criador 1: *Para estabilizar el rebaño me voy a quedar con unas pocas búfalas, las que produzcan 12 y más litros.*

COMENTARIOS: Más cantidad de leche está correlacionado genéticamente con una proporción menor de sólidos totales, lo que definitivamente incluye la grasa, esos genes que le ha costado siglos de evolución a la naturaleza concentrar en las búfalas, usted los va a eliminar de una parte importante de la población, en unas pocas generaciones, por sólo fijarse en las búfalas que dan más leche. Maximizar la producción no es necesariamente compatible con OPTIMIZAR el beneficio económico, pues no se corresponde con el máximo ingreso neto.

La lección que se debe aprender de los errores del pasado es que la definición del OBJETIVO DE MEJORAMIENTO GENÉTICO no puede descansar en una sola medida del comportamiento productivo de una característica, pues eso termina desbalanceando el equilibrio logrado por la evolución. Para resolver los inconvenientes descritos previamente, se han propuesto varias **SOLUCIONES**, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- 1 Usar una definición en conjunto del valor genético del animal, uno que involucre la eficiencia biológica; pero que también incluya la dimensión económica. Todos los cuales pasan por contar con registros suficientes y de calidad que respalden la toma de decisiones al respecto. Se han utilizado definiciones como kg de peso vivo destetado por día de vida productiva, kg de leche producida por día de vida productiva y un número considerable de otras combinaciones de características. Llama la atención que algunas de estas definiciones también han considerado la definición de las características al uso de variables económicas con unidades monetarias, a manera de ejemplo digamos ingreso neto a una edad determinada, eso es, cuánto dinero le ha quedado al negocio por el balance entre ingresos/gastos.
- 2 El uso de la metodología de los ÍNDICES DE SELECCIÓN, dónde las características que integran el objetivo de selección, que se conoce como el Genotipo Agregado y aquellas

sobre las que se hace directamente la selección: el Criterio de Selección, ponderando sus valores fenotípicos/genético con los valores económicos. Las modalidades de Índices Restringidos permiten alcanzar progreso genético en unas características (Como peso al sacrificio), manteniendo estable la respuesta genética en características correlacionadas genéticamente (En este ejemplo, como el peso al nacimiento). La metodología se ha mantenido, desde su propuesta para animales en 1943 y avanzado hasta la actualidad con índices que incorporan valores genómicos, gracias a los progresos en la estadística y desarrollos computacionales.

Con base en la metodología del Índice de Selección en Estados Unidos se implementó en la evaluación del rebaño vacuno el denominado MÉRITO NETO, un Índice que ha ido evolucionando progresivamente. En un momento incluía los Subíndices de Vida Productiva, Puntaje de Células Somáticas, combinados con los de producción que estimaban el ingreso neto por lactación, con base en la producción de leche y grasa, posteriormente se agregó la producción de queso. Luego para predecir Vida Productiva, se incluyó la Conformación de la Ubre, Aplomos y Tamaño Corporal, en lugar de incluir las 17 características de la Evaluación Lineal. Después se cambió de utilizar la lactancia como base de referencia al tiempo de Vida Productiva. Posteriormente se incorporaron características de salud y reproductivas relativas al toro-padre, tales como tasa de preñez de las hijas, facilidad al parto, entre otras modificaciones posteriores. Indicativo de la necesidad de ampliar el enfoque de la selección por una sola característica.

Esta experiencia es útil para ser considerada en bufalinos en el sentido de implantar la cultura de los REGISTROS, unos que permitan considerar metodologías de evaluación que trasciendan la Evaluación con base en una sola característica a esquemas más completos.

- ③ Las nuevas tecnologías basadas en Microarreglos, con evaluaciones genómicas densas, basadas en SNP's han roto con el mito teórico que imponía: "*a menor cantidad de características incluidas, mayor será el progreso genético*", lo que era cierto a medias, pues se avanzaba en esas pocas características, mientras que se retrocedía en cuanto al equilibrio del genoma como sistema.
- ④ Una de las ventajas que se ha podido obtener de las correlaciones genéticas, es que en el caso de dos características correlacionadas, una de ellas de medición difícil o complicada, como terneza de la carne, pues se requiere la aplicación de técnicas invasivas o definitivas como sacrificar al animal, se puede predecir a través de medidas en una característica correlacionada genéticamente, cuyas medidas son más fáciles de registrar, como las

tomadas en el animal vivo, a través de una técnica que no es invasiva y que se puede realizar a campo en los corrales, como es la Ultrasonografía.

Otra de las propuestas de selección simultánea de dos características correlacionadas de interés en el sistema bufalino; pero esta vez con dirección opuestas, es la selección por producción de leche y carne, lo que se ha observado es que el mejor progreso total en producción de proteína, así como del valor económico se logra con un énfasis carne:leche de 1:7, lo que requeriría confirmación en nuestro sistema económico actual.

**COMENTARIOS FINALES:** Es posible que los efectos colaterales descritos (Y muchos de los que ni siquiera se tiene noción) puedan estar ocultos debido a la naturaleza multifactorial de la mayoría de esos problemas, lo cual no significa sin embargo que las correlaciones genéticas estén ausentes entre las características de producción y aquellas indeseables, pues la evidencia científica respalda los casos descritos.

Con la masificación del uso de tecnologías moleculares y genómicas, también se intensificará y acelerará la selección por niveles de producción más altos, lo que sin duda conducirá a la expresión de mayor cantidad y frecuencia de problemas colaterales, por lo que habrá que tener mayor vigilancia de tales efectos. No obstante, es posible que con estas metodologías se trascienda la visión numérica restringida del mejoramiento genético con base en el fenotipo, pues ¿Qué dice una DEP de la fisiología y los efectos colaterales de los genes involucrados en su definición? En este sentido es claro que el enfoque molecular/genómico ha resultado en una mejor comprensión de los mecanismos e implicaciones biológicas del mejoramiento genético, situación que contribuye al entendimiento de los procesos de selección y por ende a una concepción más integral.

Otra de las alternativas a estudiar es redefinir los objetivos de mejora, haciendo una consideración desde una perspectiva más amplia, que la escueta y simplista concepción MEJORAMIENTO GENÉTICO = MAYOR PRODUCCIÓN, lo que requiere incluir más características funcionales, que no necesariamente tienen precio en el mercado; cuyos animales mejorados se adapten a los sistemas de producción que se pueden conformar con los recursos disponibles.

Es preciso conocer mejor las implicaciones fisiológicas y de comportamiento, del equilibrio logrado a través de la evolución y que conforma el genoma bubalino existente en la actualidad, antes de seguir interviniéndolo. Se requiere aprovechar las bondades de la especie, tal como su alta eficiencia reproductiva, así como la duración de la vida productiva, explotar y mantener ese potencial, con una visión que tenga en cuenta el bienestar animal, en condiciones que le permitan expresar una mejoras genéticas mejor concebida y con menos efectos colaterales.