



EVALUACIÓN GENÉTICA: BASADA EN EL FENOTIPO

Los primeros Métodos de Evaluación Genética desarrollados se han basado en el manejo de la información de la expresión fenotípica, registrada de los animales en características con cierto interés, Métodos en los que científicos notables han hecho aportes significativos. Éstos se han caracterizado principalmente por un gran desarrollo desde el punto de vista **TEÓRICO**, tanto es así, que contrario a lo que ha venido sucediendo en otros procesos, durante algún tiempo las mejores computadoras disponibles no tenían la capacidad de procesamiento suficiente para implementar los modelos de evaluación genética, en especial con las ecuaciones de los **MODELOS MIXTOS** (**C.R. HENDERSON**, en la foto), por lo que hubo que utilizar estrategias para “*simplificar*” los modelos, eso fue apenas a mediados de la década de los '80. Obviamente la tecnología logró alcanzar el nivel de la teoría de la Evaluación Genética y esos escollos ya han sido superados.







VALOR GENÉTICO: Dado que los únicos efectos genéticos que se transmiten a la descendencia son los que se deben a los genes de acción individual e independientemente, esos son aquellos con *efectos genéticos aditivos*, así es que a la suma de todos los efectos genéticos aditivos se le conoce como *Valor Genético* del animal para cierta característica, también se le denomina Valor de Cría, Valor Reproductivo, Valor Mejorante o ‘*Breeding Value*’, la mitad del *Valor Genético* es aporte paterno y la otra mitad de aporte materno.

Como cada animal únicamente transmite la mitad de su *Valor Genético* a la descendencia, para identificar el potencial de los animales en las características relacionadas al crecimiento, a esa mitad del *Valor Genético* se le denomina **DEP** ‘*Difference Expected Progeny*’ y en las características relacionadas con la producción de leche: **PTA** ‘*Predicted Transmitting Ability*’.

CONFIABILIDAD: A través de los diversos Métodos únicamente se tienen “PREDICCIONES” del *Valor Genético*, que dependiendo de la posibilidad de discriminar los efectos de los factores ambientales más importantes, se tendrá una mejor predicción. Se ha definido un valor para los métodos **GENÉTICO-ESTADÍSTICOS** (Ver más abajo), dependiente del Método de Evaluación, que indica la proporción de confianza que se puede tener de tales predicciones, eso es, qué

tanto se aproxima el *valor genético predicho* al *valor genético real* o verdadero. Por tanto, habrá una mayor o menor CONFIABILIDAD dependiendo de varios factores, tales como: La cantidad de datos y mejor aún de la información que de ellos se puede utilizar, la estructura familiar de esa información (A mayor parentesco y conocimiento de las relaciones más informativos serán los datos), la uniformidad con que son manejados los animales en el rebaño (Promover la uniformidad de manejos a cada grupo y evitar el trato preferencial de “*animales elite*”), es decir, que el valor de la CONFIABILIDAD es dependiente de la posibilidad de discriminar los efectos de los factores ambientales determinantes.

Del concepto de confiabilidad se han derivado estándares para clasificar los animales con *Valores Genéticos* más o menos confiables, clasificación sobre la que también existe una discusión amplia, por lo que el esquema que a continuación se presenta tiene la intención de ejemplificar el concepto, pues cada grupo de criadores tiene la libertad de establecer las condiciones de sus esquemas, a la vez de proponer etapas para exigir gradualmente CONFIABILIDAD a sus reproductores. Como recomendación general pudiera tomarse la siguiente: “*Contar con la mayor cantidad de descendientes, distribuidos en más Unidades de Producción, con las repeticiones suficientes en cada una de ellas*”.

ALGUNAS ORIENTACIONES PARA DEFINIR EL USO DE REPRODUCTORES				
	BÚFALOS EN PRUEBA		BÚFALOS PROBADOS	
CALIFICACIÓN	 EPI	 EP2	 PB1	 PB2
CONFIABILIDAD	45-60%	61-85%	86-98%	≥ 99%
INFORMACIÓN GENEALÓGICA	Ancestros y Colaterales	A, C y Descendencia	A, C y Descendencia	A, C y Descendencia
GENERACIÓN DE DESCENDENCIA	-	1 ^{RA}	1 ^{RA}	1 ^{RA} y 2 ^{DA}
DESCENDIENTES	-	60	80	100
DISTRIBUIDOS EN REBAÑOS	-	5	12	20

PRINCIPIO BÁSICO: Al querer indagar sobre el *Valor Genético* de los animales, el principio se basa en conceptos relativamente sencillos, derivados de la *Ecuación Fundamental* $F = G + A$, de donde, al despejar el *GENOTIPO*, resulta la expresión siguiente $G = F - A$, con base en ella se entiende que se obtendrá el *VALOR GENÉTICO* al descontarle al *FENOTIPO* los efectos del *AMBIENTE*, dado que, como es sabido, los factores ambientales enmascaran el *GENOTIPO*.

En la utilización del *FENOTIPO* como base para la predicción del *Valor Genético*, lo que se hace es una comparación de valores fenotípicos, proceso que requiere hacerse bajo la mayor igualdad de condiciones ambientales posibles, proceso que se ha intentado de formas diversas, algunas buscan igualar el manejo, otras emplean estrategias estadísticas o ambas. A partir de estas premisas se han derivado una serie de Métodos, en la búsqueda de una predicción del *Valor Genético* mejor y más confiable, cada uno se ha hecho más complejo que el precedente. Seguidamente e presenta un resumen forzado y simplificado de algunos de esos métodos:

- Comparación de Contemporáneos - CC: Una de las primeras estrategias implementadas se basó en la máxima que dice: “*En igualdad de condiciones los mejores genotipos se destacarán de sus compañeros de lote*”. Esta estrategia fue utilizada ampliamente, aun cuando tiene varias limitantes, entre ellas: No utilizan información genética real (Solo se asume que el mejor genotipo, expresa un mejor fenotipo, lo que puede ser enmascarado por jerarquía de dominancia) está restringida a un número reducido de animales, que además cumplieran con los criterios de contemporaneidad, no es repetible, sus resultados no pueden ser comparados con los de otras condiciones, no cuenta con un valor de confiabilidad. Como un caso especial se organizaron PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO, animales de diferentes criadores eran reunidos en un sistema de producción y allí se evaluaban.
- Comportamiento Promedio: Partiendo del principio anterior, las comparaciones se hacen contra un Promedio Referencial, expresado por la población en condiciones relativamente controladas y consideradas estándar para ciertos sistemas de producción. Aun cuando mantiene la falla de no incorporar elementos reales del *GENOTIPO*, este procedimiento representa un avance con respecto a la CC, pues está referido a valores considerados óptimos. A continuación se presentan algunas variantes empleadas de este esquema:
 - ✓ Valor Relativo: Otra forma de comparar contra el promedio, es asignarle el valor de 100 al promedio y con el uso de una regla de 3 simple, eso es, si el promedio es 100 ¿Cuánto representa cada valor? Se multiplica el valor fenotípico x 100 y el resultado se divide entre el promedio, así se obtiene el valor porcentual de cada *Valor Genético*, lo que permitirá ranquearlos, a la vez de tener una mejor perspectiva del *Valor Genético*.
 - ✓ Desviación del Promedio: Esta es otra forma de considerar el valor fenotípico como un predictor del *Valor Genético*, consiste en restarle el promedio a cada valor fenotípico, se

asume que se le están restando al *GENOTIPO* los efectos ambientales promedio. Lo que requiere conocer el comportamiento de las características para saber el significado de cada uno de sus valores, pues no tiene el mismo sentido 1 kg más o menos en la característica peso al nacimiento que en el peso al destete, o en la producción diaria de leche que en la producción a los 100 días. Esta estrategia fue mejorada al multiplicar la desviación por la heredabilidad o índice de herencia h^2 de la característica, parámetro genético que cuantifica la proporción heredable de una característica, esto generó un avance importante en el mejoramiento de la predicción del *Valor Genético*.

- Uniformidad de Registros: Dado que la reducción en los efectos de los factores ambientales, era una preocupación constante en el desarrollo de los Métodos de Evaluación con base en el *FENOTIPO*, se realizaron esfuerzos importantes para generar la mayor uniformidad posible. Entre los que se puede destacar la CORRECCIÓN DE REGISTROS, como el caso de las correcciones del peso o la producción a una edad o tiempo determinados; o los FACTORES DE AJUSTE, que buscan poner en igualdad de condiciones las medidas registradas en condiciones diferentes, para los cuales es posible determinar estos factores: número de lactancias o partos, épocas del año, sistemas de producción, números de ordeño, *etcétera*.
- Modelos Genético - Estadísticos: Conjunto de Modelos que, en su evolución, incorporan los ajustes y correcciones, lo que permite tener **Estimaciones** de los efectos de los factores ambientales. Así mismo, se involucran los parámetros genéticos (Heredabilidad y Repetibilidad) y la información genealógica, que permite contar con **Predicciones** más confiables del *Valor Genético*. A continuación una síntesis de algunos de estos Modelos:
 - ✓ Modelo Padre: o '*Sire Model*'. Dado que a través de la Inseminación Artificial es posible generar una cantidad considerable de descendientes, entonces para predecir el *Valor Genético* de ciertos reproductores, se evalúan las características expresadas en la descendencia, contando que entre ambos existe un parentesco del 50%, a los resultados de estas evaluaciones se les denominó PRUEBAS DE PROGENIE. De este modelo se utilizaron algunas variantes, tal como el *Modelo Padre – Abuelo Materno*, que agregaba la información de la madre del Padre en evaluación y las hembras que eran sus medio-hermanas, así como otros parientes colaterales, descendientes de ese Abuelo Materno.
 - ✓ Modelo Animal: o '*Animal Model*'. Los modelos previos no incluían la información del propio animal que se estaba evaluando, incorporada en este Modelo, por eso el nombre del Modelo Animal, también se incluyen otros parientes con información genealógica, a través de la **MATRIZ DE PARENTESCOS ADITIVOS**, considerado como ***el mayor avance en la predicción del Valor Genético*** con base en la información fenotípica, con o sin registros, lo que en consecuencia hará una diferencia en la confiabilidad de los *Valores Genéticos Predichos*, más información de calidad es igual a una mejor predicción.

- ✓ Modelo de Medidas Repetidas: o '*Repeatability Model*'. Algunas características, como la producción por lactancia, o el espesor del área del *ojo del lomo*, pueden ser medidas en diferentes momentos, lo que requiere hacer algunos cambios en el Modelo. Dado que estas características tienen una curva de comportamiento, el mismo ha sido estudiado desde la perspectiva estadística de la REGRESIÓN, tanto FIJA, como ALEATORIA.
- ✓ Índices de Selección: Con este esquema de evaluación, que cuenta con los avances en la perspectiva genética en los Modelos de Evaluación, se incorpora un concepto esencial en la predicción del *Valor Genético*, representado por el **VALOR ECONÓMICO**, que es una cuantificación del mejoramiento del beneficio económico, producto del cambio en el *Valor Genético* del rebaño.

DIFICULTADES Y ERRORES:

- ✗ Por la sobrevaloración de unas pocas características en ciertas razas, se han producido desbalances en sus sistemas genotípicos, produciéndose animales muy susceptibles o poco tolerantes a ciertos factores ambientales, dependientes de materias primas de uso limitado.
- ✗ La eficiencia de estos métodos disminuye cuando se trata de características que son difíciles de medir, tienen baja heredabilidad, o no pueden ser medidas de una manera rápida, económica y correctamente en un número grande de animales.
- ✗ Dichas características de medición difícil son con frecuencia de importancia crucial para los sistemas de producción animal, tales como: fertilidad, vida productiva, eficiencia alimenticia y resistencia a enfermedades.
- ✗ Los resultados de las evaluaciones convencionales son dependientes del AMBIENTE al cual están referidos los estudios, es decir, que un *Valor Genético*, tal como una DEP o PTA es un valor relativo de los efectos ambientales de donde se tomaron los registros fenotípicos, ambiente para el cual son válidas tales estimaciones.

ALGUNOS AVANCES:

- ✓ El cambio de perspectiva desde sus inicios del mejoramiento con base en la evaluación de una sola característica a esquemas con varias características, con información obtenida a partir de varias razas, así como la evolución de enfoques locales a evaluaciones entre diferentes países, ha sido uno de los aportes más significativos de estas metodologías.
- ✓ Con el uso de estos Métodos de Evaluación a través de la evolución del Mejoramiento Genético, se ha generado un progreso importante, tanto a nivel fenotípico, como genotípico.
- ✓ Estos métodos han sido efectivos en la selección de animales sobre la base de características que son fáciles de medir, utilizando la variación natural existente en las poblaciones.
- ✓ El progreso genético se ha obtenido utilizando animales mejoradores, los que han sido identificados utilizando los registros de la producción fenotípica individual en combinación con la información genealógica, así como la incorporación de términos económicos.