

1. ÍNDICE GENÉTICO BÚFALAS Y TOROS

Este catálogo, “Índice Genético Búfalos y Toros”, muestra los resultados del trabajo realizado por ANASB (*Associazione Nazionale Allevatori Specie Bufalina*) – Sociedad de criadores, organismo encargado por el Estado de la realización de Programas de Mejoramiento Genético y gestión del Libro Genealógico (LG), a efectos de la selección genética en la Raza Italiana del Búfalo Mediterráneo.

El catálogo indica los índices genéticos de los toros seleccionados, búfalas y novillas inscritas en el Libro Genealógico y que se encuentran en las ganaderías que participan en el programa de mejoramiento genético de ANASB.

Tal como se explica en la publicación, el conjunto de datos para la elaboración de los índices genéticos se realizó tomando en consideración la base de datos completa de ANASB: **los datos, son el resultado del análisis de las producciones de más de 1 millón de lactancias certificadas de 307.000 búfalas y del análisis de unos 124.000 sujetos evaluados desde el punto de vista morfofuncional.** Los datos proceden de todo el territorio nacional.

El catálogo contiene los índices de:

- Todos los criadores asociados ANASB que participan en el programa de mejoramiento genético.
- Todos los toros nacidos desde 1990 (en el caso de animales nacidos antes de dicha fecha, pueden hacer referencia a la última publicación de su índice genético).
- Todo los toros indexados según los criterios establecidos por la Comisión Técnica Central (CTC) el 11 de Diciembre de 2018 (requisitos mínimos: 10 hijas en lactación en 3 ganaderías, 5 hijas evaluadas en 2 ganaderías).
- Todos los sujetos vivos en la fecha de extracción del conjunto de datos de ANASB.

Además, para una mejor comprensión se aclara que:

- Tabla 1 (apartado referente a los índices genéticos): los ciclos marcados con los números romanos son anteriores al año 2000, los ciclos con los números árabes indican aquellos organizados por ANASB. Los sujetos que aparecen resaltados corresponden a los toros indexados por primera vez.
- Tabla 18 (apartado referente a los índices genéticos): incluye todas las búfalas y novillas que tienen al menos una ascendencia conocida.

2. ÍNDICE BÚFALA MEDITERRÁNEA ITALIANA – IBMI

El índice de selección para la Búfala Mediterránea Italiana (IBMI) tiene como objetivo principal mejorar más la calidad quesera de los sujetos tanto desde el punto de vista de la producción (kg de leche y componentes) como desde el morfológico funcional (calidad que requieren nuestros asociados: tener animales productivos que tengan buenas aptitudes morfológicas, lo que favorece una larga estadía en el establo).

Aquí tienen los pesos actualizados, tras la introducción de los Grupos Genéticos, de los diferentes índices genéticos para la elaboración del IBMI:

$$IBMI = 3.2 \times (1.55 \times EBV_{ARTP} + 1.45 \times EBV_{APPM} + 0.01 \times EBV_{LATTE} + 4.88 \times EBV_{GR\%} + 18.45 \times EBV_{PR\%}) + 100$$

EBV es el acrónimo de *Estimated Breeding Value* (Valor de Cría Estimado), que indica la estimación del valor genético de un sujeto con respecto a un carácter determinado. El IBMI optimiza el objetivo de selección en el que la importancia de la leche y del rendimiento es del 45%, mientras que es del 5% en referencia al sistema mamario y 5% en referencia a las extremidades y pies. **Utilizando el IBMI destacan los sujetos con mejor equilibrio o que poseen caracteres que antes no estaban considerados (como la morfología).** En este sentido, se han extraído de la base de datos ANASB las informaciones correspondientes a más de 7.000 búfalas con padre testeado y con ellas se han calculado las correlaciones genéticas que se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1: Correlaciones genéticas entre criterios y objetivos de selección en el IBMI

CARACTERES	EXTREMIDADES Y PIES	SISTEMA MAMARIO	LECHE	GR %	PR %	RENDIMIENTO
EXTREMIDADES Y PIES	1,00	0,19	0,00	0,15	0,28	0,25
SISTEMA MAMARIO	0,19	1,00	0,29	-0,08	0,03	-0,01
LECHE	0,00	0,29	1,00	-0,55	-0,47	-0,54
GR %	0,15	-0,08	-0,55	1,00	0,69	0,87
PR %	0,28	0,03	-0,47	0,69	1,00	0,96
RENDIMIENTO	0,25	-0,01	-0,54	0,87	0,96	1,00

Al observar la Tabla 1, se puede notar una correlación genética negativa entre los dos objetivos principales: los kg de leche y el rendimiento (-0,54). Dicha correlación no tiene valor de 1, lo que significa que hay un margen para mejorar ambos caracteres. En cambio, el rendimiento, como se esperaba, muestra una correlación positiva tanto con el porcentaje de grasa como con el porcentaje de proteína (criterios de selección), y también con las extremidades y los pies. Por el contrario, hay una correlación casi nula con el sistema mamario. Conocer estas relaciones resulta fundamental para combinar caracteres diferentes.

3. IBMI: GRUPOS GENÉTICOS

Todo programa de mejoramiento genético se basa en dos pilares fundamentales que son los siguientes: los datos recopilados sobre los animales criados (producción de leche, % de grasa, % de proteínas, aspectos morfológicos) y la información relacionada con su genealogía (datos anagráficos y ascendencia). Con esta información pueden estimarse los índices genéticos, que representan los instrumentos para la selección.

Si la información de entrada está incompleta, los resultados obtenidos pueden ser sobreestimados o subestimados, es decir, imprecisos.

Por lo que se refiere a los datos anagráficos, la fecundación artificial (FA) en la Búfala Mediterránea es muy limitada por varios motivos que tienen que ver con aspectos fisiológicos, técnicas de cría y cuestiones

organizativas. Sin embargo, se utiliza ampliamente la cobertura natural, pero eso complica la prueba de paternidad, que sólo podrá realizarse a través de un examen de ADN. Por lo tanto, los datos de producción de muchos animales están disponibles, aunque para una parte de ellos no hay datos anagráficos completos. Paradójicamente, los animales que están considerados mejores podrían tener datos anagráficos completos y certificados por el examen de ADN, perjudicando así las evaluaciones genéticas basadas en una muestra de animales seleccionados y no casuales. Además, la oportunidad de utilizar muchos más datos permite observar la variabilidad de los caracteres de interés y, con él, obtener estimaciones más precisas. De todos modos, la falta de datos anagráficos siempre ha sido objeto de la atención de quienes desarrollan modelos de evaluación genética, de hecho ya existen enfoques metodológicos que permiten gestionar los huecos anagráficos.

El enfoque más utilizado es el de los **Grupos Genéticos**, que fue sugerido hace más de 30 años por Westell, Quaas y Van Vleck (1988) y se basa en el concepto que establece que los sujetos nacidos en un momento o en un territorio determinado son el resultado de una selección específica, por tanto son genéticamente diferentes de otros sujetos nacidos en otro período y lugar. Al no tener en cuenta estas diferencias, la evaluación genética es "viciada". Los **Grupos Genéticos**, ya utilizados en los bovinos de leche y de carne, toman en consideración la selección realizada en los años y se asignan a los animales sin datos anagráficos a partir de grupos formados según reglas diferentes (ej. período de nacimiento, sexo, origen).

Sobre la base de estos argumentos y con el fin de valorar la información recopilada y certificada por medio de controles funcionales y evaluaciones morfológicas en la Búfala Mediterránea Italiana, en la última Comisión Técnica Central (CTC) celebrada en Caserta el 17 de Septiembre de 2020, ANASB acordó insertar en el presente modelo de evaluación genética la utilización de estos **Grupos Genéticos**. Esa modificación se refiere tanto a los caracteres productivos como a los caracteres morfológicos. Tras varias pruebas, cuyos resultados se va a publicar, se decidió asignar a cada sujeto sin datos anagráficos un grupo genético a partir del período de nacimiento, tal como se indica en la Tabla 2:

Tabla 2: Definición de los grupos genéticos en la Búfala Mediterránea Italiana

GRUPO GENÉTICO	AÑO DE NACIMIENTO
1	< 1986
2	1986-1991
3	1992-1997
4	1998-2003
5	2004-2009
6	2010-2015
7	> 2015

El impacto de esta modificación en los índices genéticos dependerá de la "categoría" del sujeto en cuestión. En el caso de los toros FA (73 sujetos autorizados) hay un efecto mínimo, con una correlación entre los EBV que oscila entre 0.98 y 0.99 (Tabla 3). En la misma tabla también se observan los valores máximo, mínimo y el promedio de cada carácter.

Tabla 3. Toros de FA: Comparación entre EBV (Marzo de 2020) y EBV actualizados (Octubre de 2020) después la introducción de los grupos genéticos

Toros con al menos 10 hijas en 3 ganaderías		EDICIÓN 38 - OCTUBRE DE 2020			EDICIÓN 37 - MARZO DE 2020		
EBV	Correlación	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO
Leche	0,99	876,00	-390,00	147,37	829,00	-429,00	140,62
% Gr	0,99	0,97	-0,90	-0,01	0,89	-0,89	-0,01
% Pr	0,98	0,26	-0,28	0,00	0,25	-0,27	0,00
Kg Gr	0,98	54,00	-26,00	12,05	54,00	-31,00	11,41
Kg Pr	0,98	34,00	-15,00	6,93	34,00	-18,00	6,49
Rendimiento	0,99	20,32	-19,88	-0,06	19,22	-19,76	-0,31
Extremidades y Pies	0,99	5,88	-5,64	0,85	5,99	-6,31	0,45
Sistema Mamario	0,99	4,53	-2,72	0,69	4,31	-2,79	0,57
IBMI	0,99	151	48	112	150	49	108

En el caso de las búfalas RANK 99, los resultados de la comparación entre Marzo de 2020 y Octubre de 2020 pueden observarse en la Tabla 4.

Tabla 4. Búfalas Rank 99: comparación entre EBV (Marzo de 2020) y EBV actualizados (Octubre de 2020) después la introducción de los grupos genéticos

Búfalas RANK 99		EDICIÓN 38 - OCTUBRE DE 2020			EDICIÓN 37 - MARZO DE 2020		
EBV	Correlación	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO
Leche	0,99	1396,00	-682,00	207,01	1354,0	-680,0	207,7
% Gr	0,99	1,41	-0,90	0,16	1,4	-0,9	0,2
% Pr	0,99	0,56	-0,30	0,08	0,6	-0,3	0,1
Kg Gr	0,98	74,00	-30,00	19,75	74,0	-30,0	20,2
Kg Pr	0,99	54,00	-22,00	11,34	55,0	-22,0	11,4
Rendimiento	0,99	33,11	-20,25	4,10	32,8	-20,0	4,2
Extremidades y Pies	0,95	5,02	-1,72	1,57	4,9	-2,1	1,3
Sistema Mamario	0,98	4,37	-2,55	1,14	4,4	-2,8	1,1
IBMI	0,87	152	121	127	147	119	125

En este caso se notan mayores correlaciones en relación con los caracteres productivos y menores correlaciones en relación con los caracteres de la morfología (en consecuencia, también con referencia al IBMI). Estos resultados eran ampliamente esperados y predecibles porque un cambio en la estructura del pedigree (como consecuencia de la asignación de los diferentes sujetos a diferentes grupos y no al mismo

grupo mediano, como sucedía anteriormente) tiene un mayor impacto en los caracteres con menor heredabilidad, como es el caso de los caracteres morfológicos. Además, las búfalas con más hijas y sin padre se ven más afectadas por este tipo de modificación.

Cabe subrayar que gracias a este nuevo procedimiento, un mayor número de sujetos obtuvieron un índice genético disponible y más preciso (8.401 machos adicionales y 64.701 hembras, de los cuales 545 RANK 99).

Es evidente que incluso los sujetos jóvenes sin datos propios pueden sufrir variaciones, especialmente en función del componente maternal. De esta forma, la introducción de los **Grupos Genéticos** en el modelo de evaluación genética de la Búfala Mediterránea Italiana soluciona una inconsistencia que durante muchos años ha caracterizado la estimación de los índices genéticos de esta especie y valora toda la información disponible, tanto en términos de caracteres productivos como morfológicos.

El objetivo de ANASB es recopilar información completa, pero en el proceso de actualización y mejora de la información es importante aprovechar todos los instrumentos técnicos y metodológicos que favorezcan, aunque sea marginalmente, la precisión del resultado final.

4. TENDENCIAS GENÉTICAS Y AMPLIACIÓN DE LA BASE DE DATOS

Al analizar las tendencias genéticas incluidas en las Figuras 1 y 2, se observa cómo la selección realizada antes de la introducción del índice agregado (Diciembre de 2018) ha mejorado marcadamente sólo el nivel genético para los kilogramos de leche, descuidando los títulos y consiguiendo con ello un potencial genético global más bajo. De hecho, mediante la observación de las tendencias genéticas se decide si es necesario introducir modificaciones.

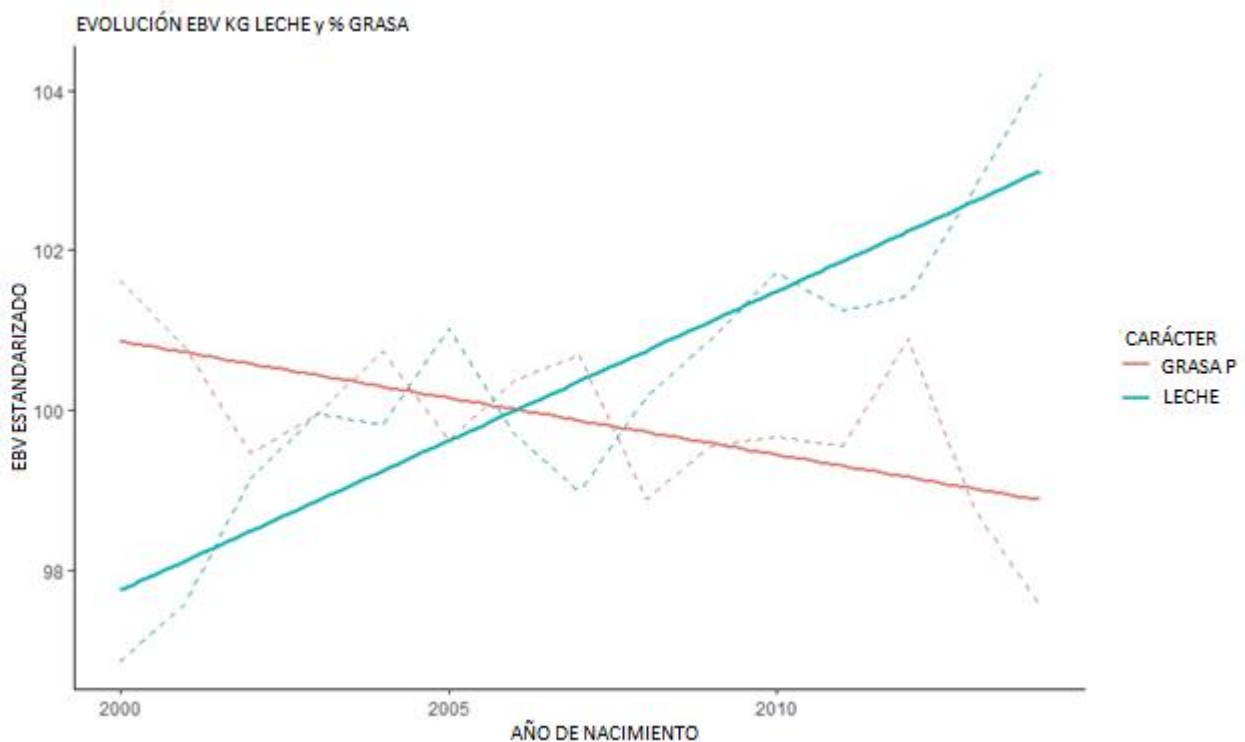


Figura 1: evolución EBV de los Kg de leche y % de grasa

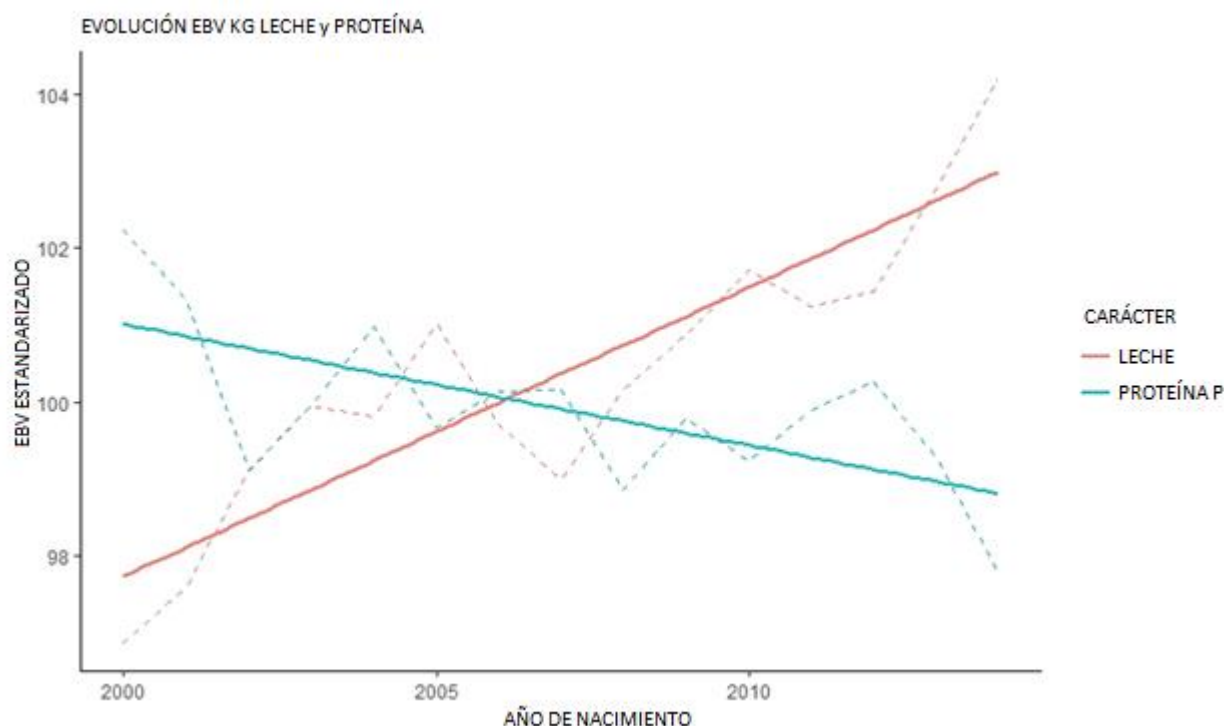


Figura 2: evolución EBV de los Kg de leche y % de proteínas

Por estas razones, la adopción de un nuevo enfoque metodológico fue útil para responder a la actual situación desfavorable (constante empeoramiento del nivel genético de los títulos lecheros) y, al mismo tiempo, para incrementar la mejora de otras características de importancia económica (por ejemplo, el sistema mamario y el aparato locomotor). **De hecho, el IBMI tiene el objetivo de aumentar la cantidad de leche producida, simultáneamente con el rendimiento de mozzarella, mejorando los títulos.**

Gracias al trabajo realizado por el área técnica de ANASB en colaboración con AIA (Asociación Italiana de Ganaderos), a través de los datos recogidos mediante los controles funcionales, fue posible recopilar información relativa al número de ordeños de todos los sujetos sometidos a evaluación morfológica. Esto permitió recuperar más de 10.000 datos, mejorando la calidad y precisión de la propia evaluación.

5. NUEVA BASE GENÉTICA

Para un criador es importante conocer la genética porque:

- las características de una raza están determinadas por los rasgos genéticos que permiten distinguir de manera específica una raza de otra;
- las características genéticas se transmiten de una generación a otra y es posible trabajar para modificarlas para obtener mejoras productivas duraderas en el tiempo;
- estas características inciden en la economía de la empresa, ya que contribuyen a obtener un aumento en los ingresos.

Todo esto es sinónimo de **selección**, porque sólo los animales que tienen las características genéticas deseadas son elegidos para la reproducción. El **índice genético** representa el instrumento operativo para la selección, porque gracias a eso se pueden elegir los mejores animales y aparearlos de manera que se obtenga una progenie de alto rendimiento. El índice genético es, por tanto, un valor numérico que ordena a los animales de mejor a peor por una determinada característica (ej. leche, grasa, proteínas) o por el índice agregado (IBMI) y que suele expresarse como una diferencia en comparación con un grupo de referencia, la denominada "**base genética**". Por lo tanto, representa el cero de los índices y permite identificar rápidamente a los animales que logran mejores resultados.

La **base genética** normalmente se refiere a un grupo de animales nacidos en un determinado año o período e identifica el nivel medio de una población en ese momento concreto. La base genética puede ser fija (actualización después de un período de tiempo determinado) o móvil (actualización anual). ANASB ha adoptado la base genética fija, actualizándola cada 5 años.

Mediante la evaluación genética de Marzo de 2020 (edición n. 37), la base genética se actualizó y ahora comprende búfalas en lactancia nacidas en 2015 y con padre conocido. Todos los índices genéticos ahora se expresan como una diferencia en comparación con la media de los índices genéticos de búfalas en lactancia nacidas en 2015.

En la Tabla 5 se pueden observar la media y su respectiva desviación estándar de los índices genéticos, de las producciones (calculadas a los 270 días de lactancia) y de las puntuaciones de las búfalas que componen la base genética.

Tabla 5. Datos genéticos y fenotípicos de la base genética actualizada con las búfalas nacidas en 2015 (valores medios ± desviación estándar)

Datos	Leche	Grasa %	Proteína %	Grasa Kg	Proteína Kg	Rendimiento (gr/Kg)
Genéticos	245,54±211,71	29,03±26,74	23,87±9,53	8,64±12,36	7,12±8,37	18,79±5,42
Datos	Leche (270 gg)	Grasa %	Proteína %	Grasa Kg	Proteína Kg	Rendimiento (gr/Kg)
Fenotípicos	2465,99±525,85	7,88±1,29	4,66±0,30	192,59±46,45	114,46±23,83	254,51±20,44

5.1 ÍNDICE GENÉTICO DE RENDIMIENTO

A partir de esa evaluación, además del índice de selección **IBMI** y de otros índices genéticos para los caracteres individuales, también está disponible el índice genético para el carácter del **RENDIMIENTO**.

El índice de selección **IBMI** tiene entre sus objetivos la mejora del rendimiento de mozzarella, pero hasta ahora no se ha publicado el índice genético directo para el carácter del rendimiento. El índice genético de **RENDIMIENTO** se calcula junto con lo demás índices genéticos productivos, a partir de un fenotipo calculado según la siguiente fórmula:

$$1\text{RENDIMIENTO (g)} = 116,615 + 2,015 (\% \text{ proteínas} * \% \text{ grasa}) + 2,928 (\% \text{ proteínas}^2)$$

¹Proyecto de investigación: “Verificación de la ratio entre PKM y rendimiento de la quesería en la evaluación de la búfala lechera”. Responsable científico Rossella Di Palo (Región de Campania – C.R.A.A. Consorzio per la Ricerca Applicata in Agricoltura) 2006-2009: $\text{rendimiento (g)} = 116.615 + 2.015 (\text{proteínas \%} * \text{grasa \%}) + 2.928 (\text{proteínas \%}^2)$

La heredabilidad del carácter **RENDIMIENTO** es igual a 0,24. El objetivo es aportar el know-how al sector bufalino para obtener un progreso genético que responda a las necesidades de nuestros asociados: los nuevos enfoques metodológicos van a abrir nuevos escenarios para el sector bufalino, permitiendo el progreso genético deseado.

6. CÓMO APROVECHAR AL MÁXIMO EL CATÁLOGO

Los sujetos con el índice superior son aquellos que más se acercan al nuevo objetivo de selección, que ahora resulta más equilibrado en cuanto a producción, calidad y funcionalidad.

Veamos con un ejemplo práctico cómo aprovechar al máximo la tabla clasificatoria (Tabla 6).

Supongamos que tenemos una búfala con un valor genético muy alto que se refiere a la producción; en base a la estructura de nuestra población es muy probable que este animal tenga valores negativos que se refieren a los títulos (-0,05 para % de proteína y -0,12 para % de grasa). Si queremos aparear esta búfala con un toro para producir nueva progenie, vamos a elegir un toro que tenga valores de leche altos (Toro Leche en la Tabla 6). El resultado esperado en términos de índice de pedigree (Resultado 1) es positivo con respecto a los kg, pero sigue siendo negativo en los porcentajes. Además, también las extremidades y los pies empeoran.

Si vamos a elegir un toro en función del IBMI (toro IBMI) que tenga valor negativo con respecto a los kg de leche (-308), el resultado esperado en términos de índice de pedigree (Resultado 2) es, en este caso, positivo en todos los caracteres, aunque se utilizó un toro lechero negativo.

El recién nacido tendrá un potencial genético para la producción de leche superior al promedio de los sujetos actualmente presentes. Todavía, su producción lechera es superior a pesar de que se utilizó un toro muy negativo. En el sujeto nacido, si es hembra, se puede volver a utilizar un toro que tenga valores de leche altos, lo que permite un crecimiento equilibrado.

Tabla 6. Resultado del uso de dos toros diferentes sobre el potencial genético de la progenie

ÍNDICES GENÉTICOS							
SUJETO	KG LECHE	% PR	KG PR	% GR	KG GR	EXTREMIDADES Y PIES	SISTEMA MAMARIO
Búfala	1031	-0,05	45	-0,12	75	3,44	0,48
Toro Leche	760	-0,25	28	-0,77	38	-1,24	1,52
Resultado 1	896	-0,15	37	-0,45	57	1,10	1,0
Toro IBMI	-308	0,21	-9	0,77	-8	0,37	2
Resultado 2	362	0,08	18	0,33	34	2	1

Además, supongamos que el recién nacido sea una hembra con porcentajes a los 270 días que sean iguales a los porcentajes de las búfalas nacidas en 2016 (% grasa = 8,11 y % proteína = 4,64). Si a estos valores le sumamos el mejoramiento/empeoramiento en términos genéticos y calculamos el rendimiento mediante la fórmula:

$$1\text{RENDIMIENTO (g)} = 116,615 + 2,015 (\% \text{ proteínas} * \% \text{ grasa}) + 2,928 (\% \text{ proteínas}^2)$$

se obtiene:

- con Toro Leche **244,9 gramos/litro**;
- con Toro IBMI **262,1 gramos/litro**.

A la luz de este ejemplo, que es deliberadamente extremo, se pueden sacar 3 consideraciones importantes:

1. **Hay que elegir el toro adecuado para su ganadería:** no hay que utilizar un toro negativo con una hembra negativa, aunque se podría utilizar para equilibrar una situación que aparece demasiado desequilibrada;
2. **No es correcto decir que el IBMI perjudica a los kg de leche:** incluso utilizando un toro fuertemente negativo, es posible obtener sujetos con potencial genético positivo;
3. **El IBMI es un índice completo para todos los ganaderos:** su objetivo consiste en influir de forma positiva en todos los caracteres, favoreciendo tanto a los animales como a quienes los crían.

7. COEFICIENTE DE PARENTESCO ENTRE LOS TOROS DE FA Y LA POBLACIÓN

A fin de poder hacer una elección, es fundamental que haya diversidad. Entre muchos sujetos idénticos, no hay forma de elegir un animal mejor que otro, por consiguiente, no se puede mejorar. El apareamiento de animales emparentados entre sí, reduce su diversidad genética.

Una genealogía correcta y completa es fundamental en el contexto del mejoramiento genético, también y sobre todo porque nos permite estimar, mediante cálculos matemáticos y probabilísticos, la consanguinidad de un individuo y su relación de parentesco con otros individuos.

Cabe recordar que la **consanguinidad** (probabilidad que varía entre 0 y 100 de que ambos genes presentes en un individuo sean idénticos por descendencia) se refiere al único individuo, mientras que cuando se habla de **parentesco** nos referimos al porcentaje de genes en común entre 2 sujetos.

Los dos valores están relacionados entre sí, por tanto, si se aparean 2 animales parientes (padre / hija, padre / nieto), va a nacer un individuo consanguíneo.

Por ello, a la hora de elegir el animal reproductor no es fundamental conocer su grado de consanguinidad, sino lo que va a ocurrir en el establo cuando se utilice: todo dependerá de la relación de parentesco entre el toro y las búfalas con las que se va a aparear.

También se recuerda que el apareamiento entre dos individuos altamente consanguíneos, pero que no son emparentados entre sí, produce descendientes no emparentados; por el contrario, cuanto mayor sea el grado de parentesco entre los padres, más alto será el grado de consanguinidad del recién nacido.

Elegir animales reproductores que sean menos emparentados, garantiza una mayor variabilidad genética en la ganadería y menos problemas de consanguinidad en el futuro.

Por estas razones, al final de las tablas del índice IBMI se reportan los datos de parentesco entre todos los toros probados y de prueba (Tabla 19, sección Índice genético) y su parentesco en la población (Tabla 20, sección Índice genético). Ambas informaciones pueden resultar útiles para orientar algunas opciones de selección de forma práctica y rápida.