

# EL ROL DE LA GENÉTICA Y SELECCIÓN COMO HERRAMIENTAS PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN PAÍSES DE AMÉRICA LATINA

**Autor/es:** A. Menendez-Buxadera

## **Introducción**

Recientemente se realizaron varias jornadas técnicas en diferentes países de Latino América para celebrar el Día Mundial de la Leche, una iniciativa de la FAO. Bajo la consigna “Si a la Leche”, la Federación Panamericana de la Lechería ha organizado diversas reuniones técnicas ([fepale.org/infoleche/2017/](http://fepale.org/infoleche/2017/)), en las cuales se expusieron y discutieron varios tópicos de la actividad lechera en nuestro continente. Como parte de esta iniciativa se presentó una web conferencia (<http://fepale.org/infoleche/capacitacion/>) el pasado 14 de julio del presente año, sobre el papel de la selección y mejora genética en ganado lechero con énfasis en las condiciones de América Latina, un tema poco tratado que debe brindársele mayor atención. El propósito de este documento es presentar una versión más detallada incorporando algunos resultados publicados, discutir algunas de las causas que han afectado un mejor desempeño de la ganadería lechera en nuestro continente y resaltar el potencial que puede proporcionar el uso de nuevos enfoques en los programas de mejora de esta especie. Al mismo tiempo, incorporaremos varios cuadros recapitulativos adicionales sobre las bases técnicas de algunos criterios expuestos.

## **Necesidad de la producción de leche.**

Como parte de una dieta equilibrada, la leche y los productos lácteos pueden ser una

fuente importante de energía, vitaminas, proteínas y minerales. Los gobiernos deberían invertir más en programas para hacer que la leche y los productos lácteos estén disponibles para todas familias y especialmente para las más pobres mediante políticas que les ayuden a consumirlos y producirlos a pequeña escala en sus propios hogares. En la siguiente figura 1, se muestran algunos indicadores en varios países de la región y de Norte América y Europa.



En esta figura 1 se presentan el nivel de consumo per cápita de un grupo de algunos países con mejores promedios. Respecto a las recomendaciones de la FAO, hay varios por debajo de los límites y otros no citados (ej, Haití) que se alejan considerablemente. Debe considerarse que se trata de valores medios, de manera que en algunos casos se podrán encontrar valores extremos entre el cero consumo y excesos poco saludables

A nivel del continente existen muchas variaciones. La Tabla 1 muestra los promedios de consumo de leche respecto al resto de países desarrollados y no desarrollados.

Tabla 1- Algunos indicadores de la producción animal. (datos tomados de FAO statistics)

Per capita consumption of livestock primary products by region and subregion, 1987 and 2007

| Region                                 | Meat                           |      |                   | Milk                           |       |                   | Eggs                           |      |                   |
|--|--------------------------------|------|-------------------|--------------------------------|-------|-------------------|--------------------------------|------|-------------------|
|  | Per capita consumption (kg/yr) |      | Annual growth (%) | Per capita consumption (kg/yr) |       | Annual growth (%) | Per capita consumption (kg/yr) |      | Annual growth (%) |
|  | 1987                           | 2007 | 1987-2007         | 1987                           | 2007  | 1987-2007         | 1987                           | 2007 | 1987-2007         |
| <b>Developed</b>                       | 81.0                           | 86.6 | 0.3               | 208.7                          | 213.7 | 0.1               | 14.6                           | 13.7 | -0.3              |
| <b>Developing</b>                      | 16.9                           | 29.6 | 2.8               | 37.5                           | 55.2  | 2.0               | 3.6                            | 7.4  | 3.7               |
| <b>Latin America and the Caribbean</b> | 41.8                           | 64.1 | 2.2               | 96.1                           | 113.3 | 0.8               | 7.5                            | 9.5  | 1.2               |
| Brazil                                 | 45.9                           | 80.5 | 2.9               | 88.7                           | 124.6 | 1.7               | 7.9                            | 7.5  | -0.3              |
| Rest of Latin America                  | 39.6                           | 55.7 | 1.7               | 99.9                           | 107.4 | 0.4               | 7.3                            | 10.5 | 1.8               |

En términos generales los países del continente han incrementado notablemente los niveles de producción de productos de origen animal y en el caso de la leche, una gran proporción se exportó, mejorando ligeramente los niveles de consumo per cápita, aunque muchos de ellos aún están lejos de las normas recomendadas.

La calidad biológica de la leche para la alimentación humana ha estado en la preocupación de la mayor parte de las organizaciones regionales, así como las autoridades de los países latinoamericanos, por ello se han trazado ambiciosos planes de incrementos en la actividad ganadera lechera mediante amplios programas de desarrollo. En tal sentido, existe cierto consenso de opiniones de que los animales nativos tienen alto potencial de rusticidad pero bajo nivel productivo que deben ser mejoradas. Para cumplimentar estos objetivos se han invertido enormes recursos económicos en la importación de muchos animales (semen y/o embriones) con el propósito de combinar la adaptación de los animales nativos con la alta productividad de razas especializadas del tipo *Bos taurus*, particularmente la Holstein de Estados Unidos o Canadá han sido las de mayor relevancia. Sin embargo, esta tarea no es tan simple para que sea exitosa.

En los últimos 30 años se ha desarrollado un proceso denominado de 'Holstinización' a nivel mundial, donde la raza Holstein de Estados Unidos y Canadá ha sido la de mayor utilización y ha posibilitado incrementos muy notables en los niveles productivos en una gran cantidad de países desarrollados, con condiciones ambientales muy diferentes a los existentes en la región tropical del continente latinoamericano. Esta realidad está avalada por muchos ejemplos, que unidos a la enorme cantidad de material divulgativo disponible en los centros de venta de semen existentes en la región, ha estimulado en gran medida la creencia de que es el '**genotipo**' el elemento que puede transformar la productividad de nuestros animales lecheros. Tal estrategia se contrapone a las evidencias reconocidas mundialmente, de que es el '**ambiente**' el que nos permite identificar los individuos más adaptados y productivos en nuestras condiciones ambientales. En la figura 2 se presentan esquemáticamente estos elementos.

**Figura 2.**



Notese que el enfoque es totalmente diferente. Los expertos coinciden en que... “El animal ideal adaptado a todos los ambientes no existe. Para cada sistema de producción o para cada ambiente existe un genotipo que posibilita aumentar la productividad”. El problema que debemos enfrentar es crear las condiciones para poder identificarlo.

Fatalmente en la mayor parte de los países de la región, la elección del genotipo se basa en el uso de sementales o semen evaluados en condiciones ambientales muy diferentes, de manera que se utilizan recursos en el año  $n$  para la gestación de las vacas, la atención y crianza de los terneros nacidos y donde se espera obtener resultados en el año  $n+t$ , donde  $t$  es el intervalo entre el nacimiento y el parto consiguiente de la hembra nacida, generalmente 4 ó 5 años. La inversión realizada tiene un alto riesgo, pues depende del mérito genético del semental cuyo semen importamos y en tal sentido, existe mucha información según la cual no debe esperarse una adecuada y proporcional respuesta. A pesar de ello la realidad indica que en la mayor parte de los países de América Latina existe una representación de sementales Holstein, según se muestra en la siguiente figura 3.

Figura 3. Países de America Latina donde existe animales Holstein de Canada o Estados Unidos.



De hecho, los sementales Holstein estan representados en la mayor parte de nuestro continente, sin embargo, los resultados publicados en diferentes países indican que los mejores sementales evaluados en un país desarrollado no son los mejores en el trópico.

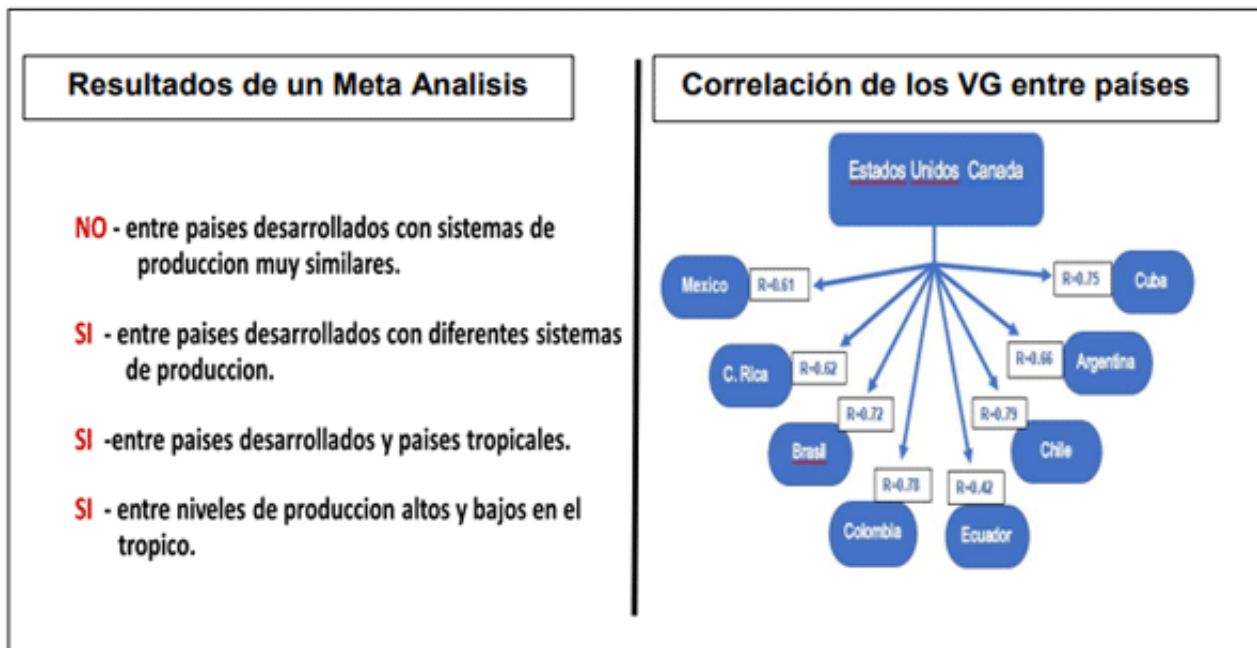
La Interacción Genotipo Ambiente es un efecto real que hay que saber cómo podemos superarlo.

### La interacción genotipo ambiente, que implica y como se puede atenuar sus efectos.

La interacción genotipo ambiente (**Iga**) implica que existe un cambio de orden de mérito en diferentes condiciones ambientales, dicho de otro modo, los sementales (o embriones o vacas) que usted selecciona como los mejores y que dedica sus finanzas a importarlo para reproducirlo en sus rebaños, no brindaran las respuestas que usted espera, de manera que sus beneficios probablemente no compensen los gastos inicialmente asumidos.

En el contexto de la ganadería lechera, la importancia de la Iga se puede inferir a partir de las correlaciones entre los Valores Genéticos (VG) estimados en diferentes condiciones ambientales sean estos países, nivel de producción del rebaño, trayectoria de temperatura ambiente etc. En la siguiente figura 4 se muestran las evidencias disponibles sobre **Iga** (adaptado de Menendez-Buxadera y Mandonnet, 2006, **Animal Breeding Abstract. Vol 74 (10):1-14.** y actualizado con otras fuentes más recientes).

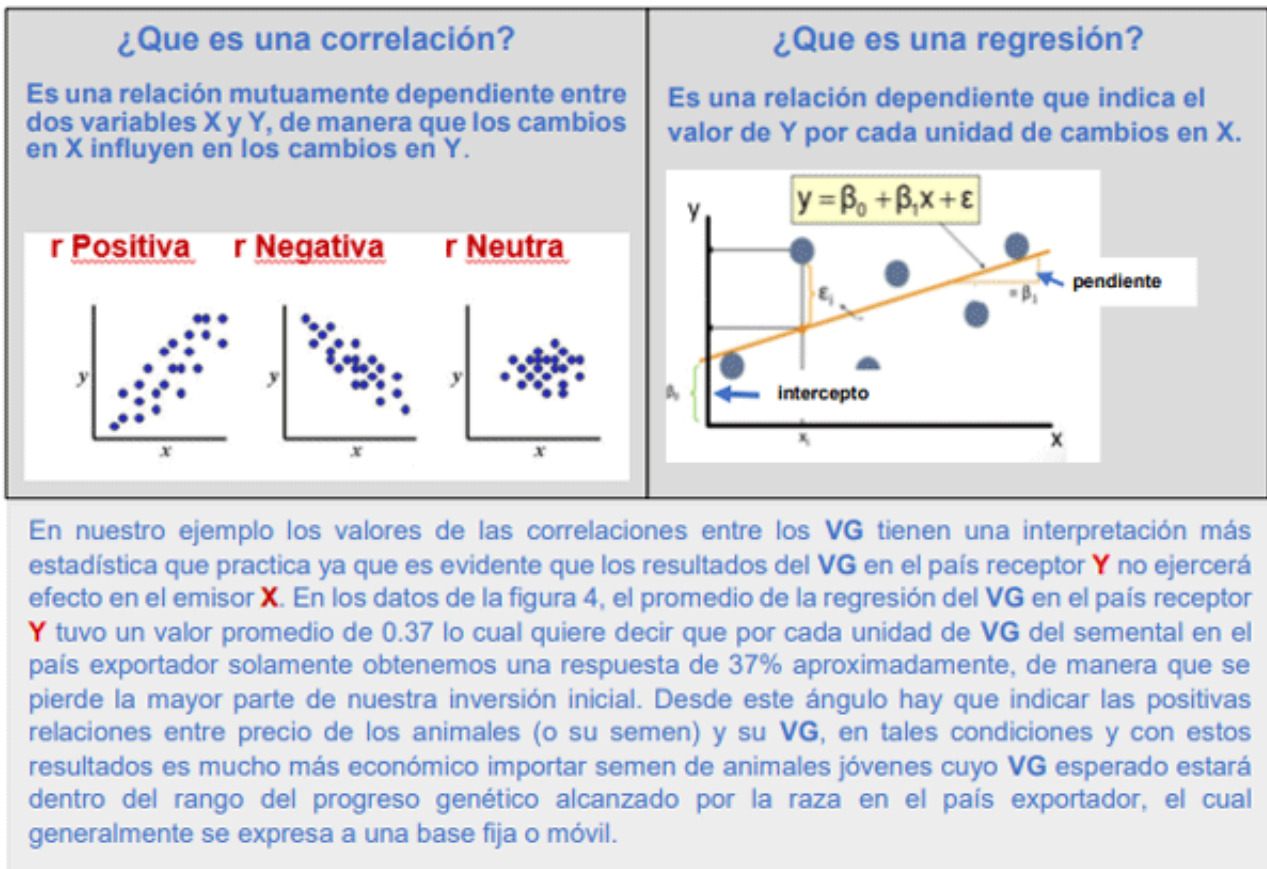
**Figura 4. Síntesis de los resultados e importancia de Iga en ganado lechero.**



Los resultados del meta análisis se basa en más de 40 publicaciones revisadas donde tratan este tema y cuyas conclusiones se han resumido en un **No** ó **SI** en la parte izquierda de la figura 4. Los resultados de las correlaciones entre los VG provienen de diferentes referencias en las cuales están representados sementales Holstein de Estados Unidos ó Canadá con hijas comunes en los países citados. Los valores de correlación mostrados se estimaron por diferentes métodos, en unos casos se basan en los VG estimados independientemente en cada país y en otros son el resultado de modelos lineales multi caracteres. Visto globalmente se puede inferir que el efecto de **Iga** es el esperado según las evidencias mundiales, lo cual está avalado por el promedio de 0.67 en estas correlaciones que se diferencian mucho del límite de 0.80 indicado en los libros clásicos de genética animal. Considerando que ambos enfoques son muy coherentes, es posible concluir que efectivamente la **Iga** es un factor real y limitante para el desarrollo de la ganadería lechera en el trópico. Es necesario un breve recordatorio del significado de las correlaciones mostradas respecto a una regresión. En la figura 5 se presentan algunos elementos.



Figura 5. Significado y utilización de las correlaciones y regresiones entre los Valores Genéticos de sementales en dos condiciones.



A pesar de tales tendencias, la introducción de sementales o semen de alto nivel productivo proveniente de países desarrollados, aun con diferentes condiciones de ambiente y de sistema de producción, debe considerarse como una buena estrategia que no se puede renunciar a ella, ya que puede proporcionar beneficios económicos muy importantes. El elemento esencial que se debe plantear y reconocer es que esa práctica representa solo **condiciones necesarias, pero no suficientes** para lograr el éxito:

**\*Son condiciones necesarias** por que el alto nivel genético de esas poblaciones de razas especializadas no es casual, sino el resultado de un

excelente trabajo de selección continuado y mantenido por muchos años.

- **Son condiciones necesarias** porque mediante el uso de un proceso biotecnológico simple pero efectivo y de bajo costo, como es la inseminación artificial, se acortan las diferencias genéticas entre poblaciones vacunas de orígenes diferentes y que han estado sometidas a procesos de selección y mejora muy efectivo en un caso y casi nulo en el otro.
- **Son condiciones necesarias** porque en el proceso de crianza y explotación de esas descendencias se aumenta la experiencia en el manejo y alimentación del ganado lechero en el trópico y son un incentivo para incrementar el nivel profesional y científico de nuestras universidades.
- **Son condiciones no suficientes** por que los efectos de **Iga** restringe y limita la expresión de los genotipos introducidos o nacidos durante en el proceso.
- **Son condiciones no suficientes** para lograr el éxito porque la información sobre los VG que sirven de guía en la selección de los progenitores son válidas en condiciones ambientales y sistemas de producción muy diferentes a las existentes en el trópico.
- **Son condiciones no suficientes** por que las correspondientes progenies nacidas en el trópico son portadoras de una muestra de un genofondo altamente especializado en la producción de leche, seleccionados durante muchas generaciones en condiciones ambientales muy diferentes a las existentes en la región pudiéndose manifestar negativos efectos colaterales que deben tomarse en cuenta.
- **Son condiciones no suficientes** porque al no existir sistemas de controles individuales no disponemos de la información necesaria para evaluar el VG de las progenies nacidas en el trópico, lo cual limita o impide identificar aquellos animales cuya combinación genética le permiten manifestar un mayor nivel productivo y de adaptación a nuestras condiciones.

Como se apuntó previamente, aun con todas esas críticas previas, no se puede renunciar a ese procedimiento porque se crean las combinaciones genéticas que pueden ser muy favorables y que debemos identificar.



## **Un procedimiento robusto para identificar los animales más adaptados a nuestras condiciones.**

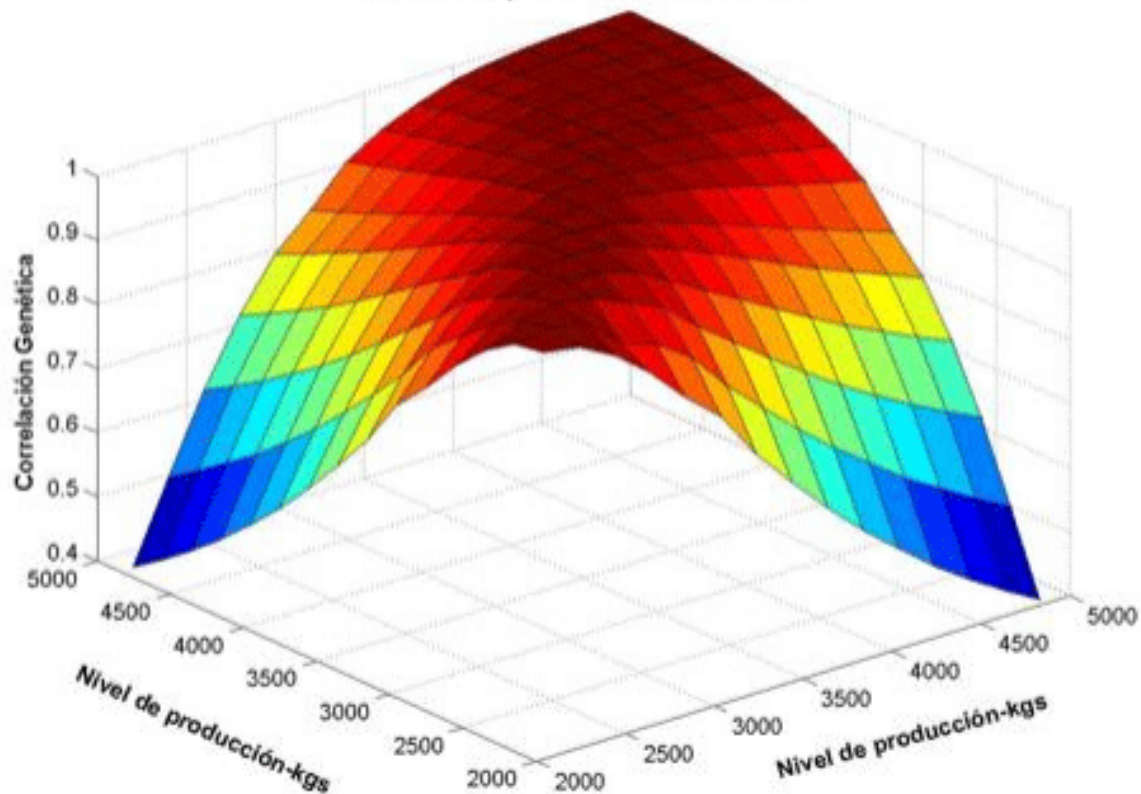
El propio desarrollo de la computación ha permitido desarrollar software muy potente con los cuales es posible tratar de analizar varias interrogantes en el trabajo de selección y mejora genética del ganado lechero relacionado con el rol de **Iga** y cómo podemos atenuar estos efectos en nuestro beneficio. Para ejemplificar este punto de vista se emplearon los datos de 226402 lactancias de 105953 vacas Holstein hijas de 519 sementales de la misma raza, mantenidas en niveles de producción del rebaño que varían entre 550 a 6500 kgs/lactancia, 305 días de duración, en las condiciones de Cuba. Este conjunto de datos se analizó mediante los siguientes modelos lineales:

- **modelo clásico**- método BLUP, asumiendo no efectos de interacción genotipo-nivel de producción del rebaño.
- **modelo multi carácter**- método BLUP, pero considerando que los rasgos en cada nivel de producción corresponden con diferentes caracteres.
- **modelo de Norma de Reacción**- método BLUP, asumiendo que las expresiones del rasgo varían gradualmente a lo largo de la trayectoria de niveles de producción del rebaño.

Los resultados principales se sintetizan en la figura 6 que muestra las correlaciones genéticas de la producción de leche entre todos los niveles de producción del rebaño. Las correlaciones entre los VG estimado por los tres modelos fue de 0.96, lo cual quiere decir que no existen cambios en el orden de mérito estimado y cualquiera de ellos puede ser utilizado. Sin embargo, tómesese nota que los tres modelos difieren en las propiedades que asumen. El valor de esa alta correlación es correcto pues está expresada a la media de los datos, no obstante, cuando se toma en cuenta las posibles variaciones a lo largo de la escala de niveles de producción del rebaño, resulta evidente que los efectos de **Iga** comienzan a mostrar su importancia.

**Figura 6**

Correlación Genética de la producción de leche de vacas Holstein de acuerdo al nivel de producción del rebaño.

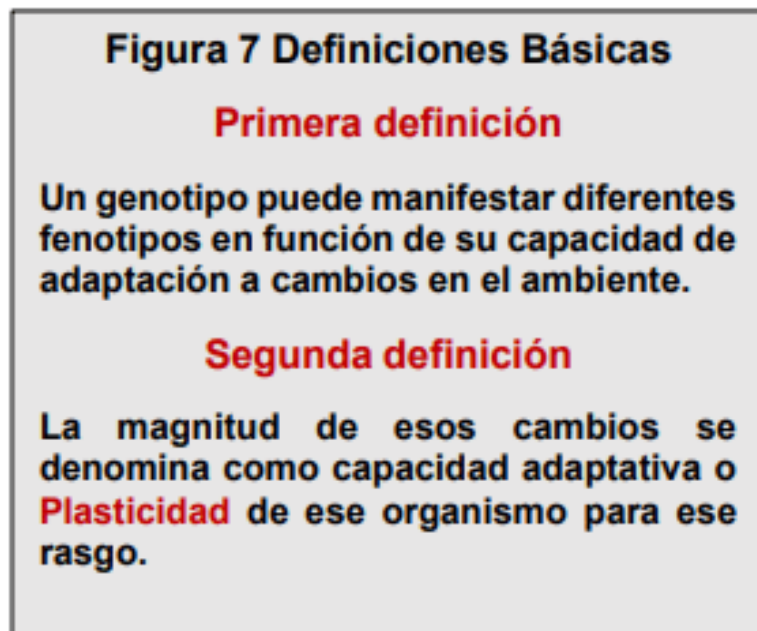


Además de esa clara respuesta hay varios elementos a resaltar de esta figura:

- Las correlaciones están muy cerca de la unidad cuando se refiere a niveles de producción adyacentes o muy cercanos entre sí (eje central de la figura). En tales condiciones la **Iga** no tiene mucha importancia. Dicho de otro modo, en niveles de ambiente muy similares no existen riesgos de **Iga**.
- En la medida que se incrementan las diferencias entre niveles de producción, los estimados de correlaciones van decreciendo, de manera que si consideramos los rebaños de **bajo nivel** (menos de 2500 kgs) y aquellos de **alto nivel** (más de 4000 kgs), las correlaciones son inferiores a 0.50, luego es de esperar que existirán cambios en el orden de mérito y por lo tanto es una manifestación de **Iga**.

Estos resultados son muy coherentes con las conclusiones expresadas en la sección III sobre las manifestaciones de **Iga** (ver figura 4).

Los valores promedios de producción de la población de la raza Holstein estudiada fue de 3465 kgs en 305 días de lactancia, lo cual es muy inferior al país de donde se originaron (Canadá), no obstante, es muy superior a las razas nativas del tipo Cebú o Criollo. Generalizando estos resultados se puede reiterar que esa introducción de material genético altamente especializado **fueron condiciones necesarias** ya que se incrementó considerablemente la variación genética para este rasgo, de importancia primordial para el país. Al mismo tiempo fueron **no suficientes** ya que los resultados de VG estimados no son aplicables al conjunto de los rebaños del sistema de producción existente en el país, aunque crearon las condiciones para desarrollar un adecuado programa de selección y mejora que permita identificar a los más adaptados.



Los elementos previos se basan en el hecho de que los mejores sementales en el **ambiente alto** no son los mejores en el **ambiente bajo**, que hemos visto se debe a la existencia de **Iga**. Si existen cambios en el orden de mérito implica que existen variaciones en los niveles fenotípicos en función de cambios en las condiciones de ambiente lo cual, por definición,

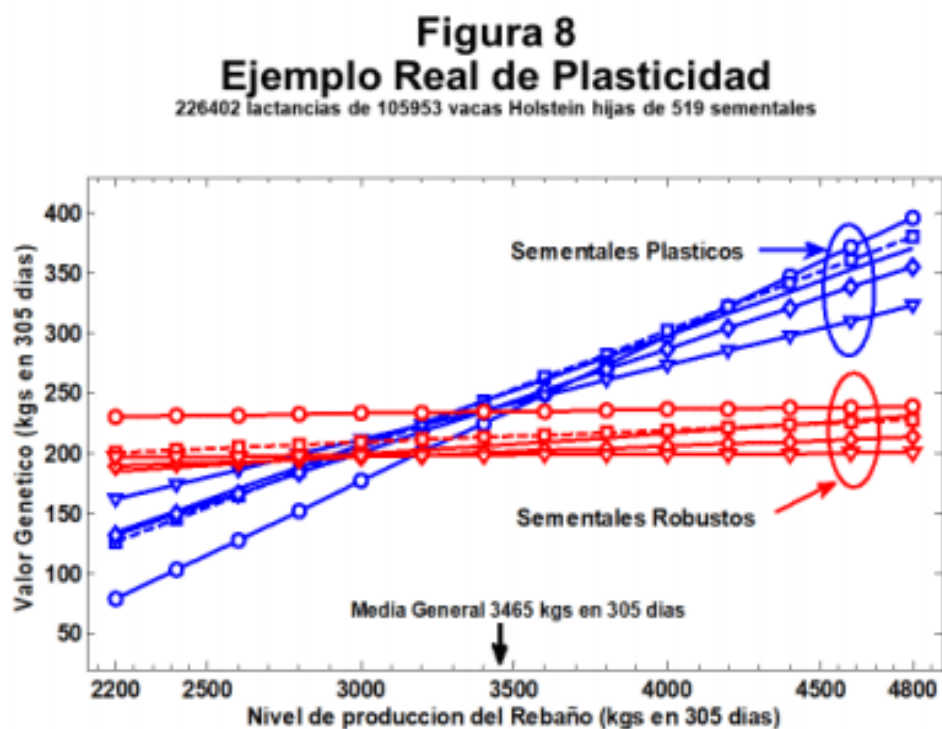
representa una expresión de **Iga** y pocas veces

reflexionamos en la naturaleza de este problema. La figura 7 presenta unas definiciones básicas de la biología evolutiva, que han tenido mucha aplicación

reciente en el campo de la selección animal (de Jong and Bijma, 2002 **Livest Prod Sci. 78:195–214.**). El concepto de Plasticidad puede brindar una solución a la medición cuantitativa de la adaptación a ambientes heterogéneos. Según tales resultados se pueden clasificar los animales como **‘estables o robustos’** si no manifiestan cambios en su comportamiento en toda la gama de condiciones ambientales, es decir animales que manifiestan una adecuada capacidad adaptativa y como **‘no estables o plásticos’** en caso contrario.

Esta nueva alternativa para clasificar el VG de los animales, se puede llevar a cabo mediante los modelos estadístico de Multi Caracteres (MT) y de Norma de Reacción (NR) que se indicaron previamente y que se pudieron aplicar a esta base de datos por la existencia de un potente software denominado ASREML (Gilmour y col 2009). En principio los resultados de MT y NR pueden ser equivalentes, si el número de niveles en el MT es de naturaleza continua, pero esta condición no se cumple en este ejemplo, de manera que se presentaran los resultados de NR (figura 8) de un grupo de sementales élités.

Del total de sementales evaluados se seleccionaron los 60 mejores y se examinó en detalle la evolución del VG de cada uno a lo largo de la escala de ambientes, identificándose un grupo con una forma de respuesta muy particular y estos se presentan en la figura 8.



¿De acuerdo con estos resultados es posible interrogarse... cual es el tipo de semental que debe recomendarse? Para responder a esta pregunta hay que tomar en cuenta las características propias del rasgo, así como del sistema de producción animal imperante.

- La producción láctea es un carácter ligado al sexo y se manifiesta en un período de tiempo posterior a la decisión de la selección de los sementales y la realización de las inseminaciones correspondientes. En buenas condiciones de manejo y alimentación, este puede ser de alrededor de 3-4 años, aunque en la actualidad de la ganadería del trópico se empleará no menos de 5 años.
- Si el sistema de producción permite disponer de los recursos necesarios para garantizar los insumos que se requieren para alcanzar altos niveles de producción, entonces los sementales que deben seleccionarse deben ser los '**plásticos**', ya que manifiestan una tendencia de respuesta muy positiva. Esto es la práctica normal que se lleva a cabo en países desarrollados.
- En los países tropicales en general y en las de Cuba en particular, esto es muy difícil de garantizar ya que la situación económica es muy variable y dependen de circunstancias de un mercado internacional cada vez más competitivo y agresivo. En estas condiciones los sementales que deben seleccionarse son los '**estables o robustos**', cuyo nivel de riesgo es muy bajo cualesquiera sean los niveles de producción.

Nótese que basados en la media de los datos indicados con una flecha en la figura 8, no se puede diferenciar entre ambos tipos de sementales, esta es la posible respuesta del uso del modelo clásico. Igualmente nótese la envergadura que puede implicar la variante de seleccionar sementales atendiendo solamente por sus resultados en '**ambiente alto**' es decir genotipos '**plásticos**' ya que, si fallan las premisas del paralelismo que debe existir entre 'el genotipo' y 'el ambiente', los resultados serán totalmente contrarios cuando sus progenies se exploten en '**ambiente bajo**'.

La forma en que se han representado estos resultados puede transmitir la impresión de que este tipo de sementales '**estables o robustos**' son muy poco frecuentes, no obstante, la realidad es otra. De los 60 sementales seleccionados, 12 fueron

mejoradores en condiciones de '**ambiente alto**' y '**ambiente bajo**', luego en realidad se seleccionaron 36 sementales en lugar de 60. De este conjunto se pudieron identificar 8 sementales (22.2%, es decir aproximadamente 1 de cada 4.5 sementales seleccionados) que se califican como '**estables o robustos**' lo cual quiere decir que existe margen suficiente para llevar a cabo un proceso de selección más acorde a las condiciones existentes.

La moraleja que se debe retener es que el análisis de los registros productivos manifestados en el propio país importador, mediante un robusto modelo estadístico, permitió obtener una solución para atenuar el efecto de **Iga** de manera que se utilizan el alto potencial genético de la raza introducida y al mismo tiempo se puede explotar las propiedades biológicas de variaciones en capacidad adaptativa indicadas en la figura 7. La conclusión parcial que debemos hacer es que debemos desarrollar programas de selección coherentes, tanto con el ambiente como a la sostenibilidad del sistema. Esta alternativa se debe llevar a cabo a escala regional para conectar las poblaciones y se puedan explotar las diferencias genéticas existentes en su capacidad de adaptación.

¿Que experiencia nos puede mostrar esa misma estrategia aplicada en países desarrollados? La figura 9 muestra una síntesis de las evidencias disponibles.



Figura 9. Correlaciones entre los Valores Genéticos de sementales Holstein de Estados Unidos y Canadá con países desarrollados y de América Latina.



(adaptado de Menendez-Buxadera y Mandonnet, 2006 y actualizado por diferentes fuentes)

Las diferencias entre niveles de correlaciones es el primer elemento que resalta esta figura, muy superiores entre los países desarrollados respecto a los de América Latina, sin embargo, hay otros aspectos de mucha importancia:

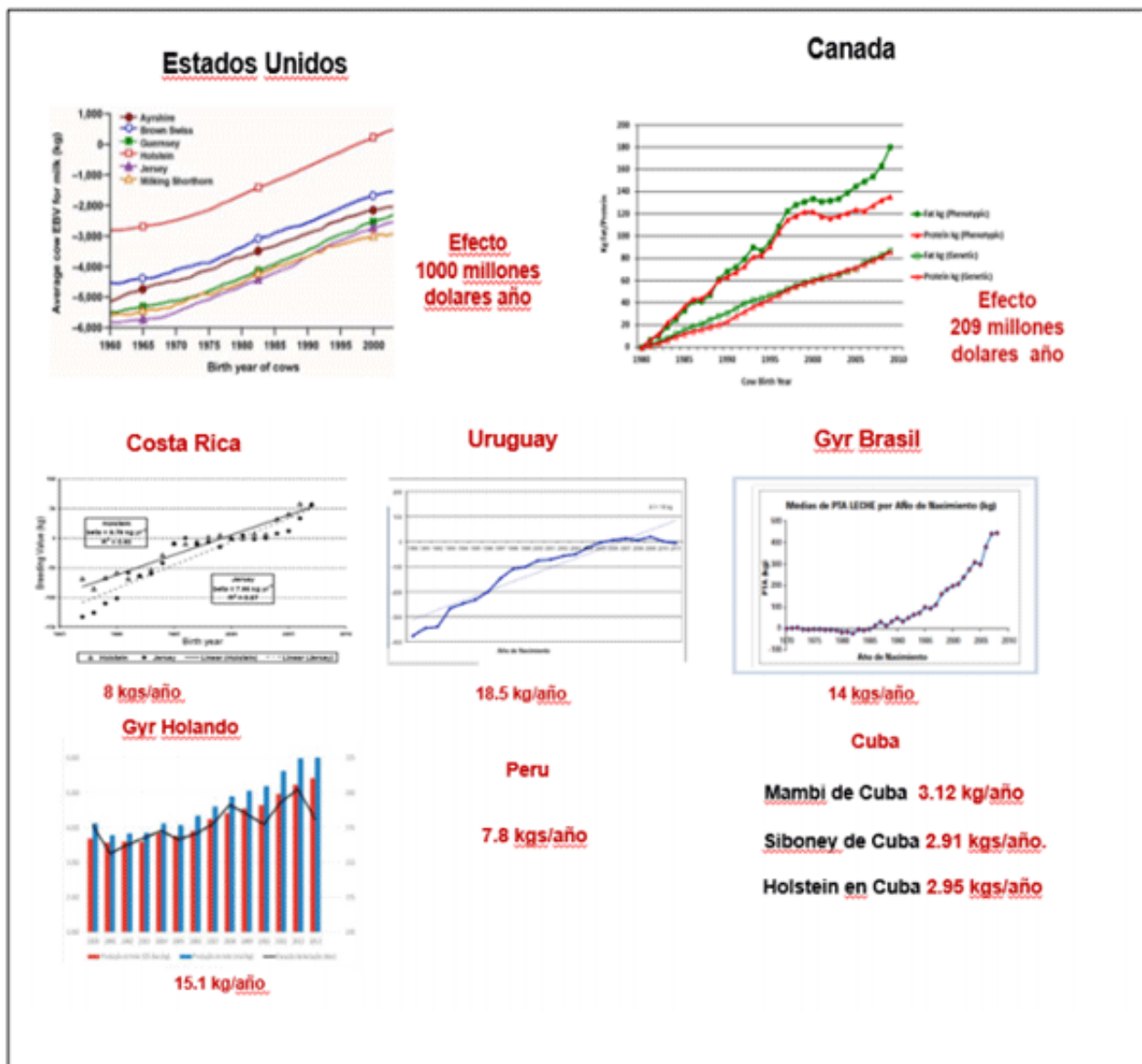
- La mayoría de los países desarrollados están conectados entre si y con Estados Unidos y Canadá, de manera que sus estimados son mucho más precisos.
- Los estimados de los países desarrollados son el producto de un trabajo organizado en el tiempo y con un propósito muy marcado de explotar al máximo las variaciones genéticas, incrementando el tamaño de la población bajo selección de manera que pueden aplicar una intensidad de selección muy superior.
- Los protocolos de trabajo, sistema de controles y tipos de datos, metodología de estimación y periodicidad de los resultados es responsabilidad de una organización internacional denominada Interbull.

- Fatalmente, todo lo contrario a las positivas características mencionadas previamente es lo que distingue los resultados de los países de la región de América Latina.

Según estos elementos brevemente expuestos no debe extrañar el hecho de el Progreso Genético alcanzado los países desarrollados han sido varias veces superiores a los obtenidos en el trópico de América Latina (figura 10). En esta tendencia no hay nada de fatalismo, sino que es el resultado de mayor organización y un trabajo colaborativo mucho más eficiente que no afecta las particularidades e intereses de cada país. La solución a nuestros problemas está y depende de nosotros mismos, de si somos capaces de trabajar con mayor grado de organización buscando un objetivo bien definido y económicamente sostenible.

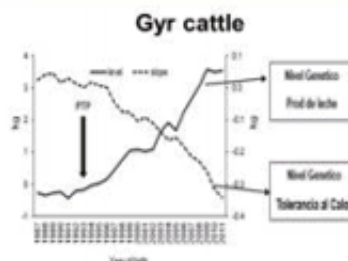
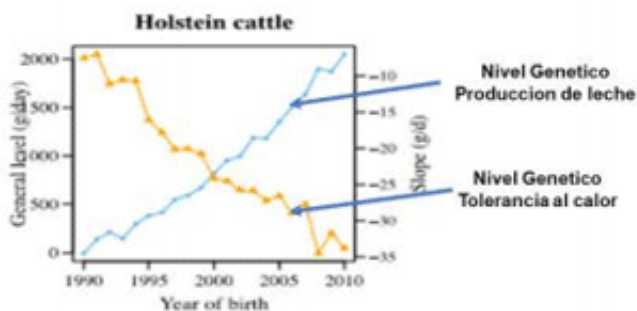
Fue el Dr J.L Lush, considerado como el fundador de la aplicación de los principios de la genética poblacional a la producción animal, quien planteo “**La genética animal es un negocio**”, pero de características particulares ya que los beneficios solo se obtienen mediante el trabajo conjunto de los criadores que persiguen un mismo objetivo económico. Como en todo negocio hay que producir con eficiencia, en el contexto de la actividad ganadera, esto se traduce en que cada año deben nacer progenies superiores a las del año previo. Ese es el principio del Progreso Genético.

Figura 10- Estimados de Progreso Genético en producción de leche en Estados Unidos, Canadá y algunos países de América Latina. (adaptado de diferentes fuentes)

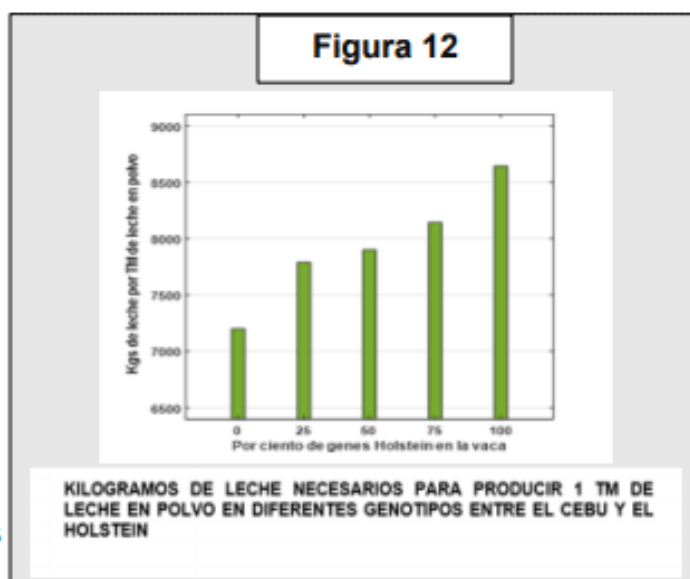


De la misma forma que es muy útil examinar las experiencias positivas también debe tomarse en consideración los efectos negativos colaterales, en particular caracteres ligados al comportamiento reproductivo, adaptación y tolerancia al stress térmico. Los resultados disponibles sobre tolerancia al calor se presentan en la figura 11.

Figura 11. Tendencias de relaciones negativas entre producción de leche y resistencia al calor.



De acuerdo con la publicación de St-Pierre y col. 2003 ( *J. Dairy Sci.* **86:E. Suppl.:**E52–E77), la ganadería lechera de Estados Unidos tiene una pérdida anual del orden de 980 millones de US \$ cada año por efecto de stress térmico.



Como en cualquier actividad económica, la única manera de conocer la eficiencia de nuestro trabajo es mediante un control y análisis riguroso de los resultados dentro del contexto del sistema de producción.

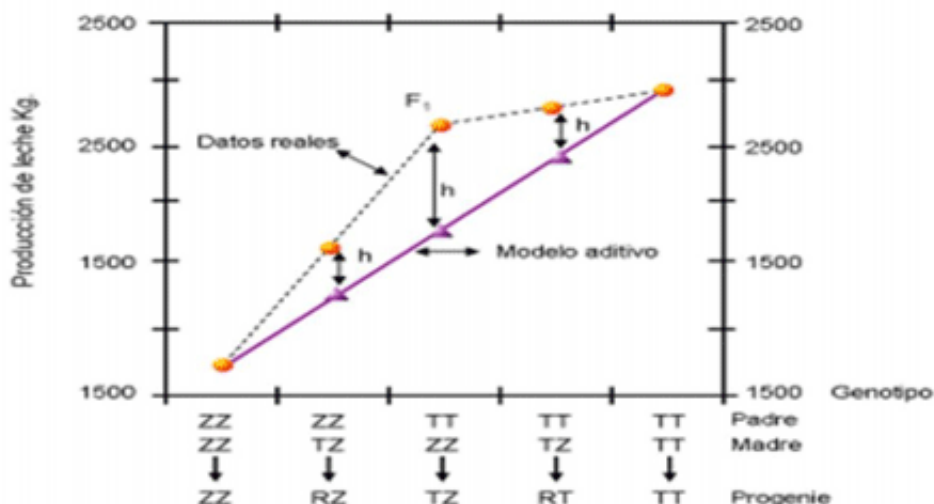
La comercialización y pago de la leche es un elemento que debe tomarse en cuenta dado el valor de sus componentes. Una TM de leche en polvo tiene un precio de aproximadamente 3300 US \$; si consideramos las variaciones en la composición de la leche de los diferentes cruces, cada criador podrá obtener ingresos muy disimiles. Con vacas Cebú podría recibir 45 US \$ por cada 100 litros de leche, mientras que si son del tipo Holstein solo serán 38 US \$, o sea 16 % menos por el mismo volumen de leche (figura 12). El pionero en considerar este efecto de comercialización de la leche como un elemento en el programa de selección y mejora ha sido Nueva Zelandia, por ello no es de extrañar que tenga los costos de producción más bajos. El uso de sementales Jersey es parte de esa estrategia y esta tendencia se está manifestando también en los Estados Unidos y algunos países de Latinoamérica.

Este hecho de la composición de la leche puede tener un efecto importante para la elaboración del programa de mejora en el continente. Fatalmente, la comercialización y el precio de la leche, generalmente la manejan las grandes industrias lácteas, las cuales se benefician de las variaciones en componentes de la leche. Las sociedades de criadores deberían ejercer mayor presión para mejorar los ingresos de los criadores.

### **Selección en raza pura o cruzamiento.**

La selección y el cruzamiento son las dos herramientas básicas para el trabajo de la Mejora Animal. Con el primero se pueden obtener entre un 1 al 2% de aumentos acumulativos anuales, mientras que con el segundo entre un 5 a 50% de incrementos casi inmediatos, pero no permanentes en la productividad. Ambos procesos no son excluyentes, pero resulta más complejo explotar ambos efectos.

Figura 13- Representación de producción d leche de varios cruces entre animales taurus e indicus. (adaptado de Cunningham and Syrstad 1987, FAO Anim Health Paper 68).



En la figura 13 se presenta esquemáticamente los resultados de producción de leche de animales con diferentes proporciones de genes de razas especializadas del tipo B. taurus (TT) y los animales nativos B. indicus (ZZ). En términos generales, los resultados de primera generación manifiestan un excelente comportamiento tanto en producción láctea como en comportamiento reproductivo. Si la herencia fuera totalmente aditiva, los niveles productivos aumentan linealmente en la medida que se incrementa el porcentaje de genes TT (línea central de la figura), pero los resultados prácticos indican que existe un componente que produce desviaciones, debidas a efectos denominados de heterosis ( $h$ ). Este modelo representado en la figura es conocido como "Greek Temple Model", propuesto por Cunningham, 1987 (**J. Anim Breed and Genet, 104 : 2-11**). Los datos publicados expresan un nivel promedio de  $h=+329$  kg respecto a la media de los puros. No obstante, este beneficioso efecto se va perdiendo en la medida que se incrementa el porcentaje de genes de TT ó ZZ. También se ha identificado las mismas tendencias negativas cuando se aparean entre si los animales cruzados. Los estudios sobre el tema señalan que esto se debe a un problema de 'recombinación génica -  $r$  -' cuyo efecto promedio se ha indicado es de  $r = - 354$  kg, luego el balance neto es prácticamente cero.

Muchos trabajos se han publicado para profundizar en la naturaleza de  $r$ , sin embargo, el más completo fue realizado por el Dr, Rutledge Rutledge (**Livestock Production Science 68, 2001: 171-179**) de la Universidad de Wisconsin y sus conclusiones principales se presentan en la figura 14.

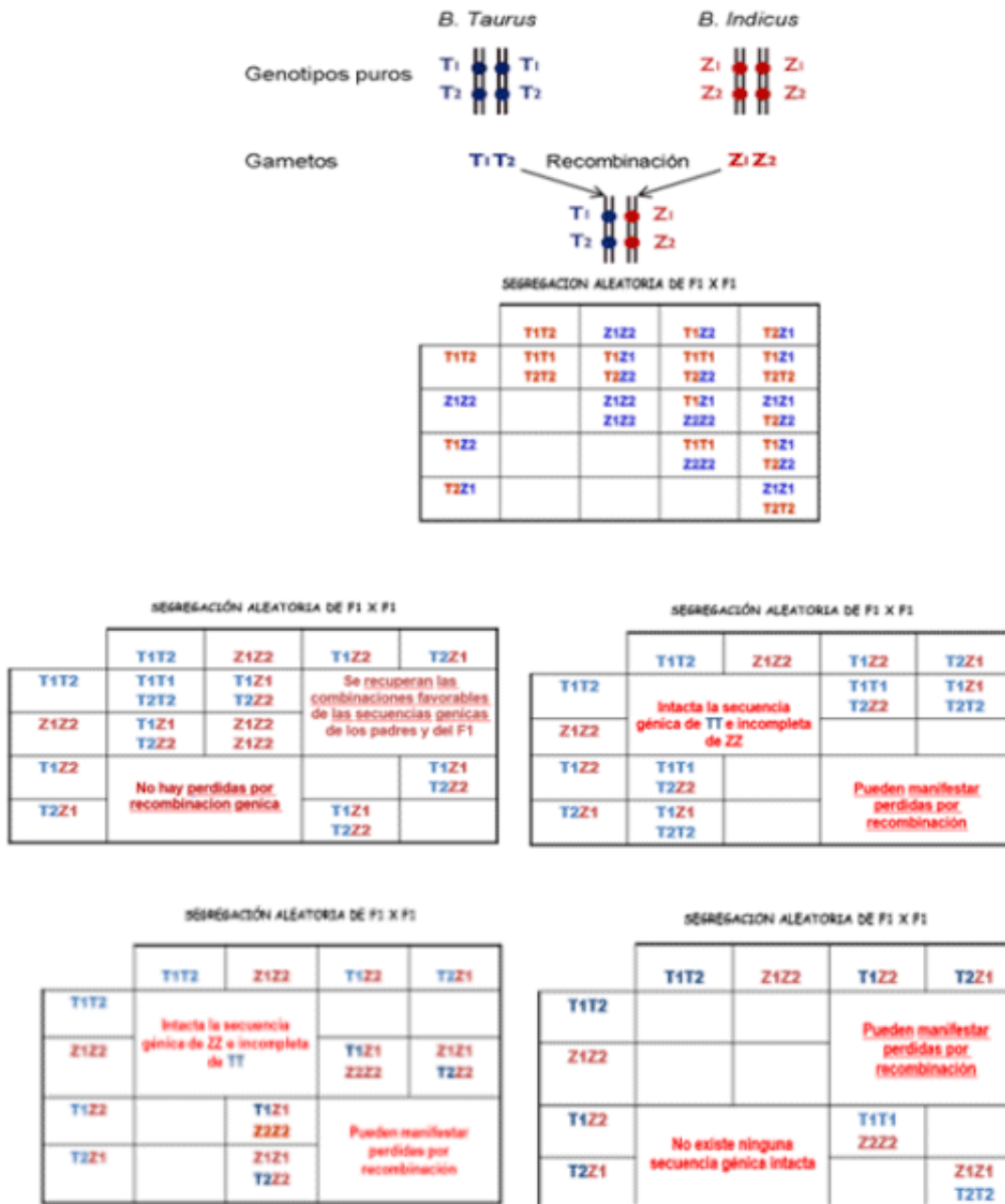


Figura 14. Conclusiones sobre el cruzamiento entre *B. taurus* y *B. indicus* para producción de leche en el trópico.

**‘Los esfuerzos de 100 años de trabajo para producir una vaca lechera adaptada al trópico, mediante el cruce entre razas especializadas y hembras cebú, han fallado, no por falta de esfuerzos, tenacidad o por problemas metodológicos sino debido a la recombinación entre sistemas genéticos que no son compatibles, que causan una pesada carga sobre las diversas generaciones de estos animales cruzados’.**

Para argumentar estas conclusiones este profesor aplicó un método muy original generalizando sus resultados en base a la probabilidad de combinaciones génicas de origen TT ó ZZ usando la segregación aleatoria posible en el apareamiento entre animales de la primera generación TT y ZZ y su relación con los resultados productivos reproductivos.

Figura 15- Proceso de segregación y recombinación genica en animales cruzados F1 de de animales TTxZZ. (adaptado de Rutledge, 2001. Livestock Prod. Science 68, 2001: 171–179)



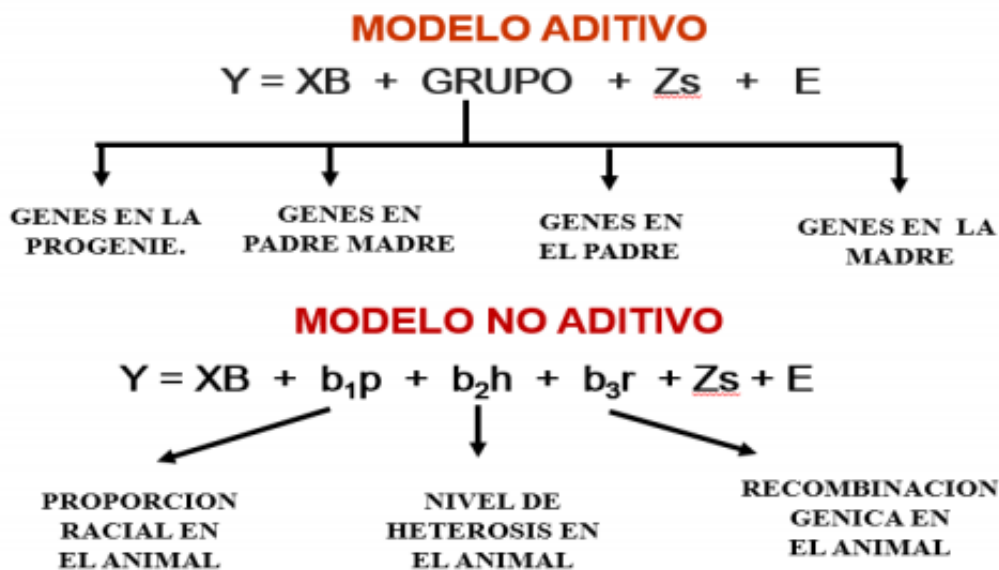
En la primera generación de cruzamiento, es decir la F1, se expresa al máximo la complementariedad entre dos especies que evolucionaron de una manera muy diferente durante muchas generaciones. En este caso no existe probabilidad de cargas genéticas con efectos indeseables, por el contrario, se manifiesta lo que se denomina vigor híbrido debido a la combinación de diferentes frecuencias de alelos con efectos genéticos aditivos, de dominancia y de epistasis, en otras palabras, se incrementa al 100% la heterocigosis. En la figura 15, se muestra la síntesis del enfoque aplicado por el Dr Rutledge donde se puede apreciar que el origen de las

perdidas por recombinación génica puede existir tanto por ruptura de las secuencias de TT como de ZZ y solo existen 2 nuevas combinaciones no presentes en la generación de los padres. Tal como se indicó previamente las evidencias disponibles son coherentes en mostrar que las recombinaciones producen efectos que restringen los beneficios que se obtienen en la primera generación de cruzamiento. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que tales pérdidas de combinaciones génicas no tienen que producir necesariamente efectos negativos en todos los casos. Sobre la base de lo señalado vale la pena cuestionarse que alternativa debemos analizar para atenuar este factor limitante.

Para una primera aproximación debe indicarse que el ejemplo representado en la figura 15 solamente muestra un par alelos mientras que los caracteres de producción de leche están determinados por poligenes, de manera que podrán existir miles de tales combinaciones. En tales condiciones lo determinante es disponer de un sistema de controles individuales que abarque a todos los animales y que conforme una base de datos que permita su análisis e identificación de aquellos individuos con los atributos genéticos que interesan: más productividad y adaptación al sistema de producción existente y a las condiciones ambientales imperantes. Fatalmente, con la excepción de unos pocos países, esa problemática de los sistemas de controles precisos y bien organizados es uno de los eslabones más críticos para obtener éxito en la selección y mejora del ganado lechero en América Latina.

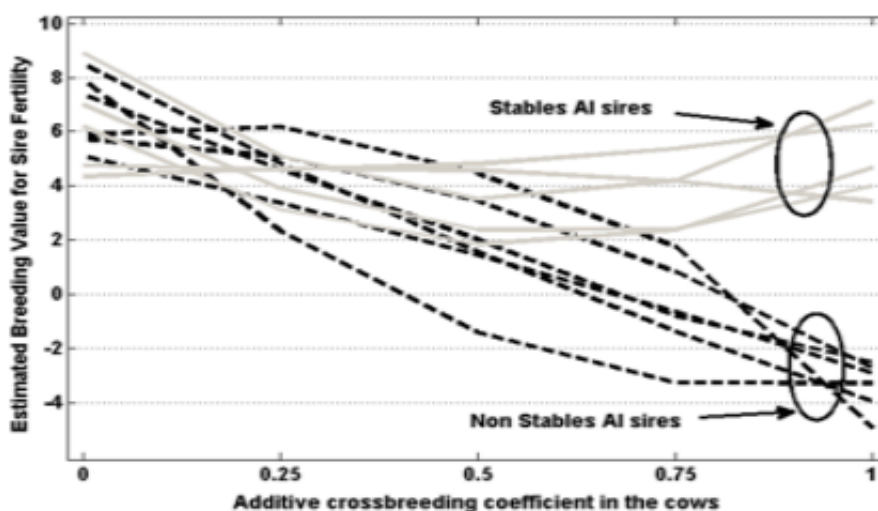
Para identificar esos animales se han propuestos dos tipos de modelos estadísticos que se representan en la figura 16. Muchos resultados disponibles provienen de la exitosa aplicación de estos modelos y se consideran en la actualidad como los métodos estándar para estudios de componentes genéticos de cruzamiento en cualquier especie.

**Figura 16**  
**MODELOS PARA ESTIMAR LOS COMPONENTES**  
**GENETICOS DE CRUZAMIENTO**



En el modelo aditivo el efecto de 'grupo' está conformado por la proporción de genes de diferentes razas en el animal o en sus antecesores. En el modelo no aditivo, estos efectos de 'grupo' son sustituidos mediante covariables, por los coeficientes de cruzamiento definidos en función de las proporciones de genes de diferentes razas del padre y madre de cada progenie. Nótese que en ambos modelos el componente genético se estima como desviación de los efectos fijos de grupo o de las covariables, lo cual implica asumir que no existen variaciones genéticas en la forma de respuesta a lo largo de la composición genética de los animales. Dicho de otro modo, el valor genético de los mejores sementales es el mismo cualquiera sea la composición genética de sus progenies y no le brinda importancia a posibles efectos de habilidad combinatoria específica. Para ejemplificar este punto de vista se emplearon los resultados de 905149 inseminaciones realizadas sobre vacas con diferentes porcentajes de genes Holstein (H) y Cebú (C) con 815 sementales. Los resultados fueron publicados por Menendez- Buxadera y col 2013 (**Animal,2013, 7:5 pp 721-728**). Estos datos se estudiaron por tres modelos estadísticos semejantes a los comentados en la sección IV. Los principales resultados se muestran en la figura 17 como ejemplo de que el enfoque indicado en la figura 16 puede proporcionar una información parcial y por tanto sesgada acerca de las variaciones genéticas en forma de respuesta.

**Figura 17**  
 905149 inseminaciones en vacas con diferentes proporciones de sangre H x Z. 815 sementales representados.  
**Modelo de Norma de Reacción**



Los resultados son evidentes, existen sementales con una capacidad general para expresar su genotipo a lo largo de la escala de los componentes genético HxC de la hembra y se le denominaron sementales estables, mientras que existen otros con una habilidad genética específica (No estables en la figura) y son superiores solo con una parte de la escala de HxC. Este tipo de respuesta es coherente con lo representado en la figura 8.

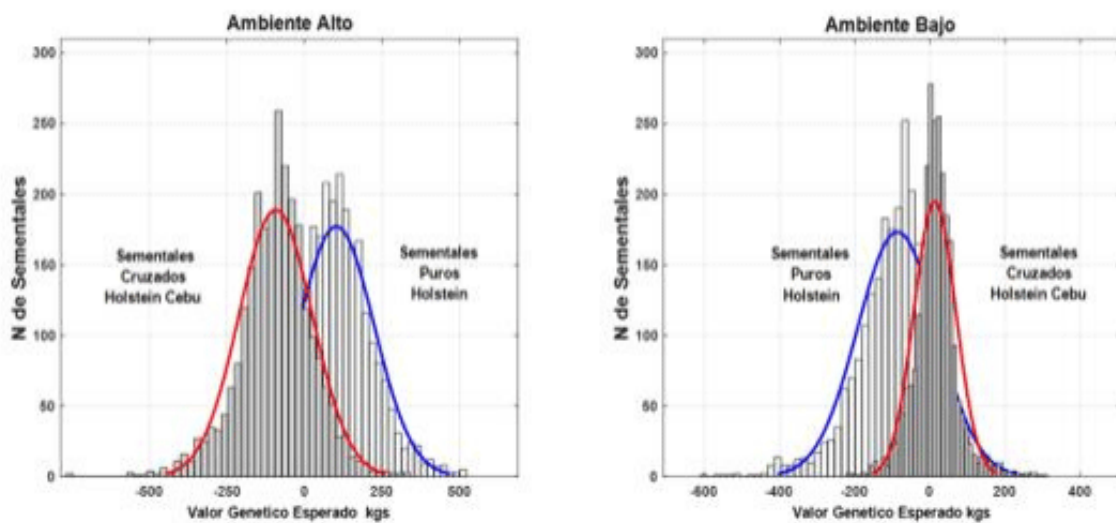
Como otro ejemplo de análisis que permita identificar combinaciones genéticas que posibiliten obtener beneficios bajo condiciones de existencia de **Iga** y de animales puros TT y cruzados TTxZZ se estudiaron los resultados de producción de leche a 305 días en 478555 lactancias de vacas Holstein puras y cruzadas hijas de 2416 sementales (1585 Holstein puros y 831 cruzados Holstein x Cebú), en las condiciones de Cuba, publicado por Menendez-Buxadera y col, 2016 (**Livestock Science 191 (2016) 108–116**). El análisis estadístico fue de conjunto, ya que ambos grupos de sementales estaban conectados con antecesores comunes. Los resultados principales se presentan en la figura 18 que representa una demostración de dos elementos ya ampliamente comentados en la sección III:

- por un lado, la introducción de razas especializadas era una **condición necesaria** ya que introdujo una variabilidad genética muy importante

cualquiera sea la condición ambiental y los dos tipos de sementales representados.

- la existencia de una base de datos apropiada garantizó convertirla en una **condición suficiente** ya que permitió identificar los animales más productivos y adaptados a las condiciones existentes.

**Figura 18**  
**Evaluación conjunta de sementales Holstein puros (1585) y Cruzados con Zebu (831) en dos niveles de ambiente. (478555 lactancias)**



El otro elemento que debe resaltarse es que, en condiciones ambientales calificado de alto, la media de los sementales Holstein puros fue superior a los cruzados, sin embargo, la tendencia fue contraria en ambiente bajo. En ambas condiciones se evidencia la existencia de algunos sementales cruzados que fueron mejores que los puros en ambiente alto y algunos sementales puros fueron mejores que los cruzados en ambiente bajo. La identificación de aquellos sementales que reúnen una combinación genética muy favorables a los objetivos del programa de selección y mejora solo fue posible porque existía una base de datos apropiada y se aplicó un modelo en el cual compiten todos los animales puros y cruzados en ambas condiciones ambientales.

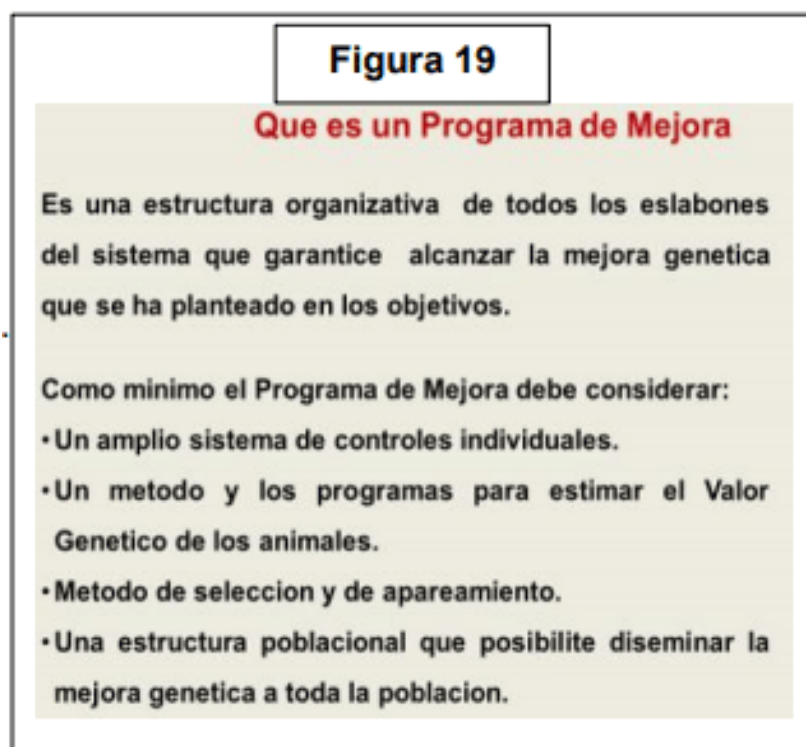
En tales condiciones lo determinante es disponer de un sistema de controles individuales que abarque a todos los animales y que conforme una base de datos que permita su análisis e identificación de aquellos individuos con los atributos genéticos que interesan: más productividad y adaptación al sistema de producción existente y a



las condiciones ambientales imperantes. Fatalmente, esa problemática de los sistemas de controles precisos y bien organizados es uno de los eslabones más críticos para obtener éxito en la selección y mejora del ganado lechero en América Latina. Pocas veces se discute esta realidad.

### **Organización del Programa de Mejora.**

Hay varias actividades que deben desarrollarse previo al inicio de un programa de mejora, sea en raza pura o cruzamiento. La figura 19 muestra algunos detalles.



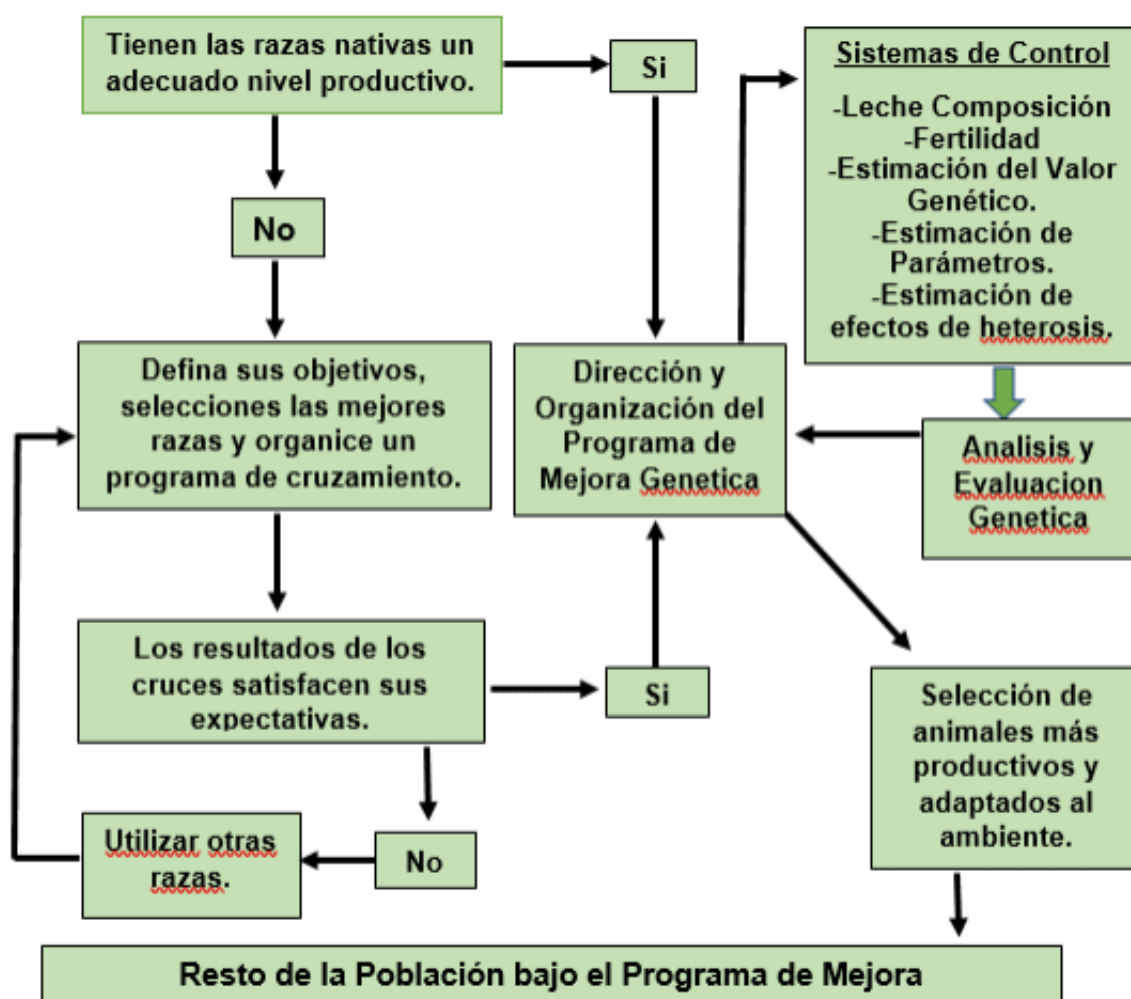
Considerando que el éxito del trabajo depende de la estrecha colaboración entre los criadores, lo primero que se debe examinar es la organización que existe y objetivos comunes que los unen. La experiencia técnica de los criadores, así como de los profesionales que están relacionados, son detalles importantes a considerar ya que serán los actores que llevan a cabo el trabajo diario.

El sistema de controles de la producción de cada animal y sus datos de genealogías deben ser las actividades fundamentales con las cuales se crean las bases de datos que serán la materia prima para todo el programa. Estos controles deben ser realizados por técnicos que pertenecen a la sociedad de criadores (pueden ser cooperativas o grupos de criadores privados) o a las instituciones oficiales, de

manera que no exista posibles conflictos de intereses.

Otros aspectos generales se presentan esquemáticamente en la figura 20. Lo importante es crear las condiciones para identificar los animales puros o cruzados que posean unas combinaciones genéticas favorables según los objetivos del programa, para lo cual es necesario una base de datos apropiada para la evaluación del mérito genético de los animales y distribuir las frecuencias de genes que portan a toda la población.

Figura 20. Estrategia que seguir para iniciar un programa de Mejora Genética.



### Conclusiones y Sugerencias.

Los resultados presentados en este documento son coherentes y demuestran que el procedimiento aplicado en una gran cantidad de países que basan su programa de mejora genética en la introducción de animales, embriones o semen de razas

especializadas no han dado los resultados esperados ya que solo representan **condiciones necesarias, pero no suficientes**. Para obtener el éxito deben dedicar los recursos necesarios para desarrollar un sistema de controles que permitan realizar la evaluación genética de esos genotipos introducidos, ya sea puros o en cruzamiento con las hembras nativas, en las condiciones de explotación de la región, solo de esta forma se puede garantizar que los resultados sean cercanos a lo que se requiere.

Mientras que los países desarrollados tienen una estrecha colaboración y un protocolo muy semejante entre sus programas de mejora mediante la actividad coordinadora de un organismo denominado **Interbull**, en la región latinoamericana la realidad es lo contrario. En este continente, cada país tiene sus propias normas, no existe conexiones entre poblaciones con un origen o composición genética similar, de manera que los resultados no son comparables. Se exhorta a todos los agentes individuales, docentes, sociales y gubernamentales a llevar a cabo programas de mejora a escala regional que permitan seleccionar animales realmente adaptados a las condiciones de ambiente y de sistema de producción de la región latinoamericana. Acaso es un sueño desarrollar un **Interbull tropical** que agrupe los esfuerzos de varios países de la región en la actividad de selección y mejora genética.

Fuente.

<https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/rol-genetica-seleccion-como-t42611.htm>

[Clic Fuente](#)



**MÁS ARTÍCULOS**