



## II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



---

### MEJORAMIENTO GENÉTICO DE COMPONENTES DE LA LECHE\*

---

**Felipe de J. Ruiz L.**

PhD en Filosofía, Universidad de Cornell.  
Ithaca, NY., Estados Unidos.

MSc en Ciencias, Universidad de Cornell  
Ithaca, NY., Estados Unidos.

M.V.Z. Universidad Nacional Autónoma de México.

E-mail: [frlhols@acnet.net](mailto:frlhols@acnet.net)

**México**

#### **Abstract**

The need of being every day more efficient in milk production has lead to dairies and industry to change the aims of traditional selection. At the beginning of the century, the efforts to improve were concentrated on producing more, more milk by cow, more milk by acre, more milk by exploitation. Later, the aim was to produce at a lower cost. Today it has been looking for the optimization of the production systems by maintaining the Natural Resources.

By changing the approach, there was also a change regarding to the ideal cow. The high milk demand in the world made the cows shaper, making them more productive, with food supplements, grains and other cattle breed food more expensive than those used until that moment.

These changes made that high production animals, would begin to have health problems (Abomazo's displacement, clinic and sub-clinic metabolic illness, etc) and dangling udders. In general, cows which productive life duration was seriously decreased. The International Service of Genetic Evaluations (INTERBULL-ICAR English Acronym) created a work group to research the improvement of characteristics related to health and longevity of cattle.

One of the main points which has being taken in account, it is milk constitution. In Latin-American case, milk control is young and has a limited covering. Determning Milk's components has being mainly in plant and buyer's hands.





## II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



If genetic improving programs for milk components, were established, as protein for instance, it would be required to count on individual information, and only in that way, genetic values for males and females could be estimated.

The genetic improvement of milk components benefits to all links in the production chain. The cattle dealer can better manage his cattle, the milk industrials will count on a product, which will permit a better yield and better final quality, and consumers will have a food of a better nutritional quality.

Nevertheless, this process is difficult, slow and expensive.

This paper presents results obtained in other countries which began with genetic improving for milk components and some techniques to establish programs for protein and other milk and herd characteristics.

### Resumen

La necesidad de ser cada día más eficientes en la producción de leche ha llevado a las ganaderías y a la industria a cambiar los objetivos de selección tradicionales. A principios del presente siglo, los esfuerzos de mejoramiento se concentraron en producir más, es decir, más leche por vaca, más leche por hectárea, más leche por explotación. Posteriormente, se quiso producir a menor costo. Hoy se busca la optimización de nuestros sistemas de producción a partir de la sostenibilidad de los recursos naturales.

Al cambiar los enfoques, cambiaron también las ideas respecto a la vaca ideal. La alta demanda de leche en el mundo fue estilizando las vacas, haciéndolas más productivas, así fuera con suplementos alimenticios, granos y otras comidas bovinas más caras que las utilizadas hasta ese momento.

Estos cambios lograron que animales de alta producción, comenzarán a tener problemas de salud (desplazamientos de abomazo, enfermedades metabólicas subclínicas y clínicas, etc.), de conformación (ubres colgantes, etc.), y en general, vacas cuya duración de vida productiva se vio seriamente mermada. El Servicio Internacional de Evaluaciones Genéticas (INTERBULL-ICAR, siglas en inglés) creó grupos de trabajo que investigan el mejoramiento de las características relacionadas con la salud y la longevidad del ganado.

Uno de los aspectos que se ha tomado en cuenta, ha sido la constitución de la leche. En el caso de Latinoamérica, los controles lecheros son jóvenes y faltos de cobertura. La determinación de los componentes de la leche ha estado principalmente en manos de las plantas y compradores de leche.

De establecerse programas de mejoramiento genético para componentes de la leche, proteína por ejemplo, se requiere contar con información individual, sólo así se pueden estimar valores genéticos para hembras y machos.





## II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



La mejora genética de los componentes de la leche beneficia a todos los eslabones dentro de la cadena de producción. El ganadero puede manejar mejor su ganado, los industriales de la leche contarán con un producto que les permitirá obtener mejores rendimientos y mejor calidad final, y los consumidores contarán con un alimento de mejor calidad nutricional. Sin embargo, estos procesos son difíciles, lentos y costosos.

Esta ponencia presenta resultados obtenidos en otros países que comienzan a implementar el mejoramiento genético para componentes de la leche y algunas técnicas para establecer programas de esta índole, para proteína y otras características de la leche y el ganado lechero.

### Introducción

En el comienzo la selección del ganado, que originó las razas lecheras que actualmente se conocen, se hizo considerando casi exclusivamente la producción de leche. Desde hace algunos años la demanda de lácteos ha forzado a los criadores a buscar la selección de ganado lechero con otras características, además de la producción abundante de leche.

La industria láctea ha requerido que la leche posea, entre otras particularidades, componentes como la grasa y la proteína para garantizar la comercialización de un producto de buena calidad, y la eficiencia en la producción de los derivados. En algunos países, la leche con determinados porcentajes de grasa y proteína, merece una bonificación económica. Por el contrario, cuando los niveles composicionales no reúnen los rangos deseados, el productor es castigado en el precio, lo que equivale a un menor ingreso para el ganadero. En casos extremos la leche con las anteriores carencias, no es aceptada por el industrial.

### Importancia de la proteína de la leche

La proteína es el componente más valioso de los sólidos no grasos de la leche. Su valor se ha incrementado en los últimos 20 años. En Estados Unidos el valor relativo de los componentes de los sólidos no grasos ha cambiado de 15 a 80% en los últimos 45 años (1950, 15%; 1960, 21%; 1970, 38%; 1980, 52%; 1995, 80%), (USDA Milk Market Office, 1996 en Quiñones *et. al.*, 1998).

Las características que transmite la proteína a la leche son muy importantes; y aún cobran más interés para las plantas pasteurizadoras que producen leche baja en grasa. Quiñones (*op. Cit.*) probó que un descenso en los niveles de proteína en una leche con 2.0 y 3.3% de grasa la hizo menos blanca y con menor cuerpo, el mayor se presentó en las de 2.0% de





## II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



grasa. Una reducción de 0.9% de proteína causó efectos significativos en la viscosidad y color de la leche, mientras que un aumento de 2.8 a 3.2% mejoró la textura y apariencia de la leche.

Este aspecto cobra también importancia en la industria quesera, donde se incorporan proteínas del suero a la matriz del queso para aumentar el rendimiento y elevar su valor alimenticio. Últimamente en la producción de quesos y postres bajos en grasa, esta práctica se ha vuelto común para mejorar las características sensoriales del producto. (Lo y Bastian, 1998).

La caseína en la industria alimenticia ha sido caracterizada como un producto que contribuye al buen sabor con sus propiedades emulsificantes (Fares, *et. al.*, 1998; Zhou y Mulvaney, 1998). No sólo la caseína ha cobrado importancia en nuestros días. Las proteínas del suero de la leche (lactoglobulina, lactoalbúmina y lactoferrina) son componentes potenciales en la industria de los alimentos, gracias a las numerosas técnicas las sitúan como elementos importantes en la alimentación humana y animal, así como en la prevención de enfermedades (hipertensión, problemas estomacales, etc.), haciéndolas altamente lucrativas (Geoffrey *et al.*, 1996).

Debido a las tendencias de consumo en algunos países desarrollados (alimentos bajos en grasa), y a sus importantes repercusiones en la alimentación y la salud humana, seguramente la selección para producción de proteína cobrará mucha importancia en el futuro.

---

### **Beneficios de la producción de leche con altos contenidos de componentes**

---

La importancia de los componentes de la leche en lo que a precio respecta y a los ingresos obtenidos por el productor, ha sido determinada en diversos estudios. En Estados Unidos se paga la leche de acuerdo con los componentes del alimento. Allí, el hato que produce leche con bajo contenido de componentes, puede dejar de percibir hasta 582 dólares menos que otro con alto contenido de componentes (Merrill, 1999. Hoard's Dairyman, agosto 25).

---

### **Mejoramiento genético de los componentes de la leche**

---

El manejo nutricional puede utilizarse para modificar la composición de la leche de la cual se obtiene excelentes resultados. Sin embargo, estos cambios no son permanentes y tienen por límite la capacidad genética de la vaca. Se debe, entonces, buscar estrategias que permitan mantener niveles estables de componentes de la leche. Para alcanzar lo anterior, existen los programas actuales de mejoramiento genético de ganado





## II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



lechero, que buscan la generación de vacas que posean diversas propiedades. Entre esas propiedades está el que las vacas sean altas productoras, que generen grandes cantidades de grasa y proteína, que sean fértiles, así mismo, que posean conteos de células somáticas bajos, muy sanas y eficientes transformadoras de forrajes en leche, entre otras.

Al establecer un programa de mejoramiento genético para ganado lechero, debe tenerse en cuenta la importancia económica de las características que se van a mejorar dentro del sistema de producción. Además, de buscar la mejora de la variación genética que presente la población bovina.

Los parámetros genéticos que ejercen un mayor efecto en la tasa de mejoramiento de varias características, son la herencia y las relaciones genéticas entre ellas. Cuando se conocen sus magnitudes se puede determinar el progreso genético que es posible alcanzar. Las relaciones genéticas negativas entre rasgos ocasionan que al seleccionar uno de ellos sobre el otro, se aprecie un efecto no deseado.

Un ejemplo de lo anterior, ocurre cuando la selección exclusiva para producción de leche tiene efectos en detrimento de la capacidad genética de las vacas y producen porcentajes de grasa y proteína, dado que existen correlaciones genéticas negativas entre estos rasgos, de acuerdo con el **Cuadro No.1**.

**Cuadro No. 1**  
**Parámetros genéticos de producción de leche y sus componentes**

Característica	Correlaciones genéticas				Herencia repetición	
	Grasa	Proteína	Grasa	Proteína		
Leche, Kg	0.66	0.82	-0.61	-0.45	0.28	0.53
Grasa, Kg		0.77	0.18	0.18	0.17	0.48
Proteína, Kg			-0.01	0.14	0.21	0.63
Grasa, %				0.74	0.53	0.61
Proteína, %					0.47	0.61

La selección exclusiva sobre un rasgo o cualidad produce, debido a las correlaciones genéticas, un cambio en otros rasgos. En el **Cuadro No. 2**, los cambios se aprecian en respuesta a la selección, cuando se realiza sobre alguno de los rasgos de la primera columna.





## II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



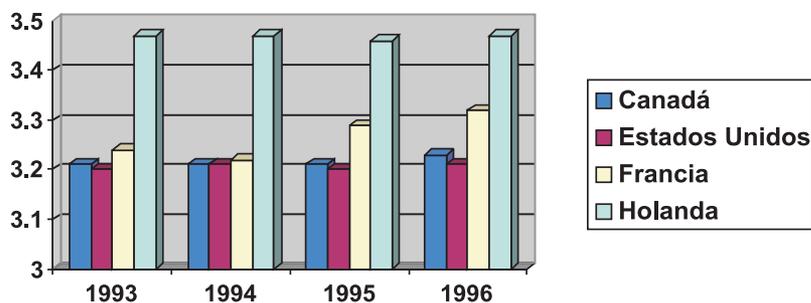
**Cuadro No. 2**  
**Respuesta esperada a la selección de una característica**

Característica	Leche, Kg	Grasa, Kg	Proteína, Kg	Grasa, %	Proteína, %
Leche, Kg	723	14	16	<b>-0.074</b>	<b>-0.031</b>
Grasa, Kg	377	17	12	0.017	0.01
Proteína, Kg	520	15	17	<b>-0.001</b>	<b>0.008</b>
Grasa, %	-661	6	0	0.183	0.264
Proteína, %	-427	5	4	0.118	0.088

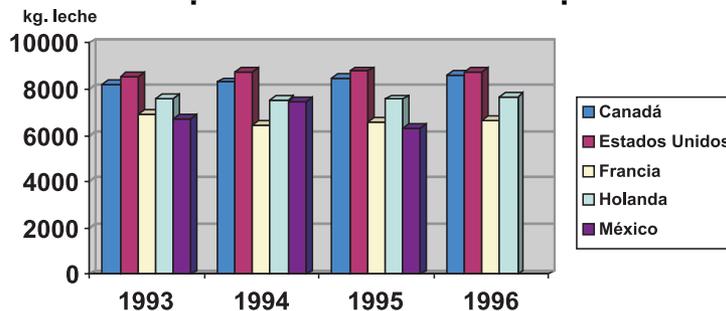
*Adaptado de Espine PW. Breeding Programs for traits other than milk production. NDD, 1992.*

De esta manera puede apreciarse que, al seleccionar para producción de leche, los porcentajes de grasa y proteína tienden a disminuir. De igual manera, al seleccionar para proteína, aunque la mejora en producción de leche es menor en 203 Kg, la grasa y la proteína presentan mejores respuestas. Los resultados de los programas de mejoramiento genético realizados en diferentes países, han llevado a la generación de vacas, cuyo potencial de producción de leche es alto y creciente, como se observa en las siguientes gráficas:

### Tendencias de producción de proteína vaca/año



### Tendencias de producción de de leche por vaca/año



Fuente: ICAR, 1997 Yearly inquiry of situation of milk recording





## II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



### Índices de selección en diferentes países

La dificultad de criar animales aptos para la producción lechera moderna, sólo con un rasgo productivo de selección, ha llevado a la mayoría de los países que realizan mejoramiento genético, a desarrollar índices de selección para múltiples características.

Estos índices de selección incluyen las particularidades de mayor importancia económica, otorgándoles un valor específico de acuerdo con las metas de selección específicas. Algunos ejemplos de éstos existen en países con ganaderías lecheras importantes, que han determinado incluir a la proteína en esos índices, por las razones examinadas anteriormente.

En Estados Unidos, el TPI (*Type-Production Index*) incluye una relación de 2 a 1 para producción y tipo. En la parte de producción, se le da un énfasis de 3 a 1 a la importancia de proteína y grasa. Existen, además, índices que toman en cuenta otras características como el *mérito neto* (contiene características de vida productiva, entre otras) y *rendimiento en queso* (incluye factores como la diferencia de precios al procesar la leche en queso).

En el caso de Canadá, el LPI (*Lifetime Profit Index*) contempla una relación de 1.5 a 1 para producción y tipo. El énfasis otorgado a proteína y grasa es de 4.5 a 2. En Francia, el INEL (*Índice Económico Lechero*) incluye principalmente la producción y el porcentaje de proteína. En España, el ICO (*Índice Combinado de Producción y Tipo*) incluye la proteína con el 51% del énfasis dado, y el resto es para grasa y tipo.

### Manipulación genética de la composición de la leche

Desde hace algunos años, grupos de investigadores trabajan en la búsqueda de animales con propiedades genéticas para mejorar los niveles de producción en la actualidad. Sobre el particular, existen líneas de investigación que buscan modificar la composición de la leche, y obtener dicho alimento que permita, a través de un proceso de manufactura de alimentos, la mejor calidad nutricional. Estas investigaciones son limitadas y escasamente exploradas, sin embargo, las posibilidades en el futuro se incrementarán y se podrá contar con una herramienta adicional de mejoramiento.

Con la ingeniería genética es posible alterar la composición de la leche, y pueden mejorarse las propiedades nutricionales de la misma. La manera como se dan estos cambios en la composición de la leche, es:

1. Incrementando la concentración de componentes importantes (caseína).
2. Removiendo componentes no deseados (lactosa).
3. Otras alteraciones para mejorar la leche de acuerdo con la necesidad del consumidor.





## II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



Otros trabajos han combinado la información de genética molecular y las herramientas tradicionales de mejoramiento genético. Por ejemplo, se ha estudiado la asociación de genes unida a la producción de leche, como es el caso de los alelos A y B de la  $\beta$ -lactoglobulina. El alelo A se ha asociado con la producción de proteína, en tanto que el B con el contenido de grasa, y como consecuencia con la producción de queso (Aggerly SE, *et. al.*, 1998). Con los análisis de segregación familiar se ha buscado determinar la existencia de alelos favorables en algunos individuos dentro de familias, como en los sementales; lo que favorecería el mejoramiento de las características productivas asociadas con la utilización del germoplasma que posean esos alelos. Otro componente manipulado a través de la ingeniería genética ha sido la  $\kappa$ -caseína que ha presentado también polimorfismo genético, y con esto la posibilidad de incrementar el valor de la leche.

En general, se reconoce la necesidad de implementar programas de mejoramiento genético que conduzcan a la producción de una leche de mayor calidad, tanto para el procesador como para el consumidor final. La selección es hoy en día la herramienta disponible más fácil de utilizar en éstos programas. La selección asistida por marcadores (es decir la incorporación de la ingeniería genética y la biotecnología) en nuestros programas de mejoramiento permitirá alcanzar nuestros objetivos de selección mas rápidamente y con mayor confiabilidad.

\*Documento producido por:

Felipe de J. Ruiz L.

José Moro Méndez

Eurídice Castañeda Gutiérrez

Centro Nacional de Investigación en

Fisiología y Mejoramiento Animal. INIFAP.

Holstein de México A.C.

