

# MARCADORES MOLECULARES, SU RELACIÓN CON LA CARNE

Mariano Fernández Alt. 2005. Rev. Angus, Bs.As., 229:20-26.

[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

Volver a: [Genética bovinos de carne](#)

## INTRODUCCIÓN

La importancia de la terneza, el papel de los marcadores moleculares y de las enzimas calpaína y calpastatina, el test disponible para identificar si un reproductor producirá carne tierna o dura, y su influencia en el rodeo.

A nivel consumidor, la inconsistencia en la terneza de la carne vacuna ha sido identificada como uno de los problemas más importantes para toda la cadena de producción ganadera. Aunque su satisfacción está basada en la palatabilidad, es decir en la combinación ideal de sabor, jugosidad y terneza, el énfasis en las investigaciones internacionales está puesto en esta última característica, porque:

- 1) Los consumidores consideran a la terneza como el componente más importante de la carne.
- 2) Los consumidores pueden diferenciar la terneza y están dispuestos a pagar por ella.
- 3) El coeficiente de variación de la terneza duplica al de la jugosidad y triplica al del sabor.
- 4) Hay evidencias que los cortes son pagados de acuerdo a su expectativa de terneza.

Sobre esto último, por ejemplo, la alta palatabilidad del lomo con relación a los bifés, por ejemplo, está dada por su gran terneza y no por su sabor y jugosidad. De hecho, entre los diez cortes principales, el lomo es el de mayor valor, aunque uno de los de menor jugosidad y sabor. Por lo tanto, la falta de consistencia en la terneza de la carne es la causa más importante de insatisfacción por parte del consumidor, resultando, en consecuencia, un aspecto para investigar y mejorar.

De acuerdo con especialistas, la inconsistencia en la terneza de la carne es una combinación entre la inhabilidad en los procesos para producirla y quizá, más importante todavía, la incapacidad para identificar las reses con carne dura y tipificarlas como tales.

El sistema de tipificación de carne de algunos países está basado en clasificar las reses de acuerdo a su expectativa de palatabilidad. Sin embargo, numerosos trabajos de investigación han demostrado que la relación entre el veteado (grasa intramuscular) y la palatabilidad es prácticamente inexistente; para algunos autores, el veteado explica sólo el 5 % de la variación en las características que hacen a la palatabilidad.

## LAS CAUSAS DE LA TERNEZA

Si se identifican las causas -biológicas y ambientales- de la variación en la terneza, será más fácil trabajar sobre ellas.

Durante largo tiempo se estudiaron diversos parámetros, como cantidad y solubilidad del tejido conectivo y cantidad de veteado, que han sido asociados con la terneza. Sin embargo, los resultados han determinado que la suma entre dicho tejido y el veteado sólo explican un 20 % de la variación en la terneza.

En otro orden de cosas, científicos de todo el mundo han estudiado los mecanismos que mejoran la terneza de la carne luego de la faena. En este sentido, los resultados indican que ocurren cambios de significativa importancia en los músculos, que inciden en su dureza. Los siguientes aspectos hacen a este proceso durante la maduración de la carne:

- 1) La tiernización ocurre por la degradación de unas pocas proteínas estructurales por acción de enzimas, proceso llamado proteólisis. Estas proteínas son responsables de mantener la integridad estructural del músculo.
- 2) Las diferencias en la tasa y extensión de esta proteólisis son la mayor fuente de variación en la terneza de la carne en maduración.
- 3) La enzima que activa el proceso de proteólisis, que conduce a la tiernización, se llama calpaína.
- 4) El sistema calpaína tiene dos componentes principales: una enzima con requerimientos y dependencia del calcio para su activación (calpaína) y un inhibidor (calpastatina).
- 5) La mejora de la terneza requiere una maduración en frío de al menos 14 días, a 4° C.

Por otro lado, algunos científicos han sugerido que controlando la genética de los animales se podría resolver el problema de la terneza, la que varía entre razas y dentro de una raza. Sin embargo, los análisis realizados indican que los factores ambientales también tienen una contribución igual a la variación de la terneza. Los mejores indicadores sugieren que, dentro de una raza, la genética controla el 30 % de la variación de la terneza.

Este 30 % representa la heredabilidad (efecto de genes aditivos) de esta característica. En consecuencia, dentro de una raza, el 70 % de la variación se explica por factores ambientales y efectos de genes no aditivos.

Entre razas, la variación es igual o menor que dentro de una raza. Sin embargo, entre los vacunos de todas las razas, aproximadamente el 46 % de la variación de la terneza es de origen genético y el 54 % ambiental. Esto significa que, entre razas o dentro de una raza, puede ser controlada por factores ambientales, como el tiempo de engorde, la energía de la dieta, el estrés, la maduración de la res y el método de cocción, por ejemplo.

La mejora genética por selección es muy lenta, ya que el intervalo generacional en los bovinos es muy largo. Por ello, la atención apunta a otros trabajos, como conocer los genes que afectan la terneza que, aunque es un proceso muy lento y complejo ya ha sido iniciado, y la identificación, a través del uso de marcadores moleculares, de las mencionadas enzimas calpaína y calpastatina, como veremos a continuación.

## QUÉ SON LOS MARCADORES MOLECULARES

El ADN (ácido desoxirribonucleico) es el ácido nucleico que porta toda la información genética que pasa de una generación a la siguiente y todas las instrucciones necesarias para la formación de un organismo nuevo y para controlar sus actividades. Está presente en todos los seres vivos: virus, bacterias, plantas y animales.

En los ejemplares de organismos superiores, como en los bovinos, el ADN es único e invariable a lo largo de toda la vida. Esto es lo que se conoce como "huella genética", y es la base de los estudios de identificación de individuos. Salvo unas pocas excepciones, todas las células de un organismo vivo tienen ADN. Gracias a ello es posible extraerlo a partir de cualquier muestra biológica.

Si dos organismos son distintos, sus ADN también lo son, ya que este ácido nucleico lleva todos los determinantes, es decir los genes, responsables de tales diferencias.

Si el objetivo es diferenciar reproductores, primero tenemos que identificarlos, buscando las diferencias entre ellos por medio de la comparación de sus ADN. Pero como las características productivas están codificadas por innumerables genes, es aquí donde aparecen los marcadores moleculares: una herramienta que permite magnificar las diferencias existentes entre organismos a escala molecular para hacerlas perceptibles por nuestros sentidos.

Para explicarlo, podemos utilizar el siguiente ejemplo. En un supermercado, el consumidor elige el producto por su marca, precio, etc., pasando desapercibido el código de barras impreso en el mismo. Pero en la caja, el producto es identificado por un lector de códigos de barras. Cada vacuno (ternero, toro, vientre, etc.) también tiene un código de barras, el que está grabado de origen en su información genética, en su ADN.

Los marcadores moleculares funcionan como un lector de código de barras, es decir, permiten comprobar que esa secuencia de barras más gruesas o más finas designan, identifican y pertenecen a un determinado animal.

En otras palabras, los marcadores moleculares son segmentos de ADN cuya herencia se puede rastrear y sirven como indicador de las diferencias genéticas, en nuestro caso en la terneza. Animales con distinto grado de terneza diferirán en una porción de ADN o marcador molecular.

## LA UTILIDAD DE LOS MARCADORES MOLECULARES

Los avances tecnológicos es una constante en la ganadería. Inseminación artificial, transferencia embrionaria, fertilización in-vitro, DEP (Diferencia Esperada entre Progenies), por nombrar unos pocos, han hecho contribuciones muy significativas.

Y los marcadores moleculares es de las técnicas más novedosas en este campo, ya que su mayor beneficio es permitirnos detectar genes para algunas características valiosas para el mejoramiento bovino, como la terneza. Es decir que, conociendo la composición genética de los animales, éstos tienen más probabilidad de ser portadores de la característica deseada, en nuestro caso, carne más tierna. Si bien los marcadores moleculares no pueden todavía precisar el genotipo de los bovinos, es decir su constitución y potencial genético completo, contribuyen para detectar los ejemplares superiores.

De más a menos importantes, estos son los beneficios que los marcadores genéticos pueden producir en las siguientes categorías de características:

- 1) Color de pelaje y defectos genéticos.
- 2) Resistencia a las enfermedades.
- 3) Calidad de la res y atributos de palatabilidad.
- 4) Fertilidad y eficiencia reproductiva.
- 5) Rendimiento carnicero.
- 6) Producción lechera y aptitud materna.
- 7) Desarrollo.

Este ranking fue elaborado considerando:

- 1) La relativa dificultad de obtener datos de performance.
- 2) La magnitud relativa de la heredabilidad y la variación fenotípica observada en las características.
- 3) La actual cantidad de información de performance disponible.

4) Momento del ciclo de la vida en que los datos de performance están disponibles.

## LA CALPAÍNA Y LA CALPASTATINA

Como vimos, la inconsistencia en la terneza de la carne es uno de los principales problemas que actualmente afronta toda la cadena de la carne: desde el criador hasta el consumidor. Hay, sin embargo, esperanzas en llegar a buen puerto, es decir, obtener carne siempre tierna, gracias al papel de la calpaína y calpastatina y de sus correspondientes marcadores moleculares.

Las calpaínas son enzimas que se producen naturalmente en los músculos y tienen un papel protagónico en el grado de terneza, porque ablandan las fibras musculares después de la muerte del animal. Sin embargo, las calpaínas son inhibidas o bloqueadas por otro grupo de enzimas, las calpastatinas, y con esto se detiene la función de aquellas sobre la tiernización o maduración post-mortem.

Como la calpaína y calpastatina están determinadas genéticamente, pudieron identificarse marcadores moleculares para los genes que transmiten ambas enzimas. Y estas pruebas de terneza están disponibles comercialmente.

## TEST DE TERNEZA

Esta prueba, que está disponible comercialmente en Australia -lugar donde tuvo origen-, Estados Unidos y Uruguay, por ejemplo, consiste en un análisis de ADN del reproductor que se desea identificar. Es decir, en el que se quiere determinar si existen, en el gen de calpastatina, las distintas formas: una asociada con el incremento de la terneza y la otra con el de la dureza, en el proceso post-mortem.

Al respecto, recordemos que los bovinos tienen unos 200.000 pares de genes en 30 pares de cromosomas. En ellos, como en cualquier otro organismo, cada célula posee un juego duplicado de genes; uno proveniente del padre y otro de la madre. Por lo tanto tienen dos copias del mismo gen, las que pueden contener la misma información o no, en nuestro caso, dos variantes del gen para calpastatina.

Este test está basado, con la ayuda de los marcadores moleculares, en rastrear las variaciones en dicho gen y utiliza la siguiente clasificación (Estrellas):

- a) La presencia de dos copias de la variante tierna (2 Estrellas).
- b) La presencia de una copia de la variante tierna y otra de la dura (1 Estrella).
- c) La ausencia de copia de la variante tierna, o lo que es lo mismo, dos copias de la variante dura (0 Estrella).

A través de este método, los laboratorios, analizando sangre o pelos, son capaces de identificar los animales con alta, media o nula predisposición para terneza.

## APLICACIONES DEL TEST DE TERNEZA

El primer paso fue dado: Identificar los animales con alto, medio o nulo mérito genético para transmitir a su descendencia carne tierna. Por tal motivo, en la etapa siguiente corresponde determinar el comportamiento de los reproductores identificados a nivel de rodeo, es decir cómo serán las crías resultantes cuando ellos son apareados con ejemplares de diferente genotipo para esta cualidad.

En este sentido, el siguiente cuadro es de importante ayuda.

Si el toro es	Si la vaca es	La progenie será		
		0 Estrella	1 Estrella	2 Estrellas
0 Estrella	0 Estrella	100 %		
0 Estrella	1 Estrella	50 %	50 %	
0 Estrella	2 Estrellas		100 %	
1 Estrella	0 Estrella	50 %	50 %	
1 Estrella	1 Estrella	25 %	50 %	25 %
1 Estrella	2 Estrellas		50 %	50 %
2 Estrellas	0 Estrella		100 %	
2 Estrellas	1 Estrella		50 %	50 %
2 Estrellas	2 Estrellas			100 %

## EN LA ARGENTINA

Más allá de la combinación de variantes genéticas, la terneza, como describimos, también depende de otros factores (no genéticos), los que podrían modificar la asociación entre el marcador y ella. En otras palabras: Un marcador molecular hallado en determinadas condiciones de producción no es necesariamente eficaz en otras.

Por tal motivo, en nuestro país se comenzó a ejecutar un proyecto que se propone determinar e identificar nuevos marcadores moleculares asociados con terneza y veteados en cortes comerciales, y comprobar si bajo nuestras condiciones ambientales se repiten los resultados encontrados en Australia y Estados Unidos.

### **OTRAS INVESTIGACIONES**

Como vimos, la calpastatina determina la actividad de la calpaína, de modo que la carne es más tierna cuanto más calpaína activa tenga. Como para la activación de esta última enzima se necesita calcio, un grupo de científicos del Servicio de Investigación Agropecuaria (Agricultural Research Service - ARS), con sede en Nebraska, Estados Unidos, desarrolló un proceso que consiste en inyectarlo en la carne, el que ya está listo para ser incorporado por la industria.

En el ARS, dependiente del Centro de Investigación de Animales de Carne (Meat Animal Research Center - MARC), el fisiólogo animal Mohammad Koohmarale y su grupo descubrieron que la carne es tierna inmediatamente luego de la faena, después se endurece y finalmente comienza a tiernizarse o madurarse. Por tal motivo, el Dr. Koohmarale recomienda que la carne debería venderse después de los 14 días de maduración para mejorar la terneza, recordando que aquella ocurre independientemente del tamaño del corte y es nula en la carne congelada (sólo es efectiva a 4° C).

Por otro lado, actualmente se están llevando a cabo numerosas investigaciones sobre marcadores moleculares para fertilidad y eficiencia de conversión de alimento, por lo que se estima que en los próximos años habrá una importante cantidad de evaluaciones genéticas que permitirán seleccionar novillos de acuerdo a la terminación y a los mercados a abastecer.

### **CONCLUSIONES**

A lo largo del tiempo se han identificado los numerosos factores que influyen sobre la terneza de la carne, como raza, genética, sexo y condición, edad, tiempo de engorde, manejo prefaena, faena, despostado y maduración, entre otros. Es sabido, no obstante, que aunque se controlen estos aspectos puede resultar carne dura, aun dentro de una raza.

Por tal motivo, la técnica descrita, basada en la presencia de calpaína y calpastatina en los reproductores, parece ser, al menos por el momento, el camino más rápido, fácil y económico para predecir terneza con bastante precisión, observando que la misma debe ser utilizada como una herramienta más de selección y no para reemplazar a las actuales (apreciación visual, DEP, etc.). Sin duda, el equilibrio en el uso de toda la información disponible permitirá alcanzar el objetivo final: producir carne tierna en forma consistente para garantizar la satisfacción del consumidor.

Volver a: [Genética bovinos de carne](#)