

“Marcadores moleculares en ganadería de carne: No más ficción”

Dr. Henry Berger, DVM, MSc, PhD, Gerente IGENITY Latino América
e-mail: henry.berger@merial.com

Introducción

A lo largo de las últimas décadas, la ganadería ha acumulado notables ganancias en productividad. Para mantener y aumentar la productividad de los rodeos, los ganaderos buscan continuamente nuevas tecnologías que los ayuden a encontrar mejores resultados a corto, medio y largo plazo. En este escenario, la asistencia técnica en todas las etapas de la cadena productiva ganadera es fundamental. Desde los técnicos, hasta las empresas, todos buscan innovaciones que contribuyan en la obtención constante de mejores resultados alcanzando más productividad, calidad y rentabilidad.

No hay duda que la ciencia sigue avanzando y nos sorprende día a día. El mapeo genético o el estudio del genoma humano dio un gran impulso a la biología molecular y esta experiencia fue aplicada para el conocimiento de genomas de otras especies, así el genoma bovino fue secuenciado en su totalidad, es decir que se conocen todas las cadenas de nucleótidos del ADN y en actualmente muchos investigadores están abocados a vincular genes o marcadores moleculares con diferentes vías metabólicas.

Esta tecnología se basa en estudios de ADN del ganado, el ADN se encuentra presente en los núcleos de todas las células empaquetado en los llamados cromosomas y es donde se encuentra toda la información genética de un individuo, está información está codificada en sitios específicos de la cadena de ADN en los llamados “genes”.

Los marcadores moleculares son sitios conocidos en el

ADN que están relacionados con características fenotípicas determinadas, estos marcadores pueden analizarse en el laboratorio y generar información sobre el potencial genético del animal para características productivas, como: terneza, peso al destete, marmoleado de carne, fertilidad, longevidad productiva, docilidad, etc.

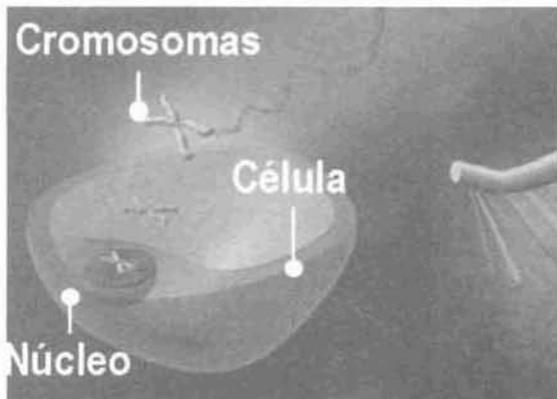
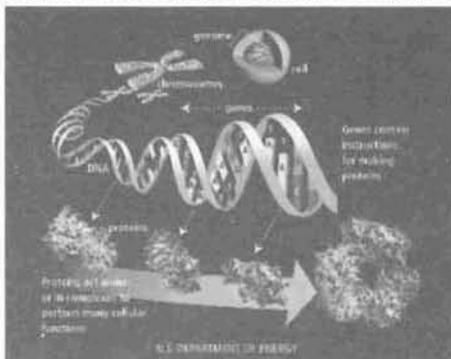
Tecnología para la Ganadería de Carne:

Las nuevas tecnologías genéticas y la biología molecular abren un nuevo horizonte de posibilidades para la ganadería. Los marcadores genéticos son extremadamente valiosos para la identificación, conocimiento y estimación del potencial genético del rodeo, principalmente para las características de baja heredabilidad, o cuando su determinación es muy difícil y onerosa. Por medio de la determinación de genes y polimorfismos responsables de la transmisión de características productivas deseables, es posible realizar en los establecimientos ganaderos la **Selección Asistida por Marcadores**; ésta última permite conocer en detalle, las características que la progenie de cada animal presentará. Y es más: permite incluso estimar su expresión. Las aplicaciones son múltiples, probablemente la que más visualizamos es el alto impacto que tendrá en la selección, ya que si bien no reemplaza a los métodos actuales de mejoramiento genético si es una herramienta complementaria fundamental para tomar decisiones de selección y direccionar apareamientos, acortando el tiempo necesario para alcanzar el objetivo deseado.

Otra alternativa que permite el uso de marcadores genéticos, es el **Manejo Asistido por Marcadores**. Por ejemplo, cuando se realiza un muestreo de las vaquillonas en un establecimiento, es posible identificar de manera clara, rápida y precisa animales con potencial genético superior para características deseables como terneza de la carne, terminación, peso de de carcasa, facilidad de parto materna, fertilidad, etc. También es posible certificar la paternidad de cada ternero y además obtener cálculos de evaluaciones genéticas del rodeo. Se puede utilizar esa información para planear el manejo nutricional, zootécnico y reproductivo, además de otras decisiones de gestión del establecimiento, de modo de obtener un grado de eficiencia y precisión nunca antes imaginadas. Sin mencionar la notable ganancia derivada del **Marketing Asistido por Marcadores**, que le permite al productor dirigir su actividad a diferentes propósitos, como por ejemplo, priorizar animales con terminación de carcasa superior para mercados de exportación, o producir carne con terneza garantizada.

Lo que hay disponible

Tras mucha investigación y desarrollo hoy se ofrece al mercado una poderosa herramienta para identificar el perfil genético y potencial de producción de cada animal, basado en la tecnología de marcadores moleculares.





Hay empresas que vienen trabajando hace algunos años sobre marcadores moleculares y perfiles genéticos. Exigentes ensayos de validación fueron llevados adelante en distintos países e incluso en países de Latinoamérica y comercialmente hace dos años que está disponible a Estados Unidos, Canadá y Gran Bretaña; ahora también disponibles comercialmente a Argentina, Uruguay y Brasil.

La forma de obtener un perfil genético es muy sencillo, se extrae una muestra de 20-30 pelos de cada animal se envían al laboratorio y unas semanas después el productor recibe un informe del perfil de sus animales.

PUNTAJES

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

-

+

Para generar el informe, se vale de la bioinformática que transforma los genotipos de los marcadores en una escala numérica de puntajes que va del 1 al 10 y que en general expresa como #10 la combinación de marcadores más favorables para esa característica.

Esta tecnología es de rápida aplicación y brinda resultados más ciertos y como dijimos anteriormente el productor podrá anticiparse contando con información de gran valor que lo ayudará a tomar decisiones, por ejemplo aceptando o rechazando animales de acuerdo a sus criterios de selección.

Desde el primer día de vida de una vaquillona o ternero, para ganado de carne se ofrece el perfil productivo para las características que se describen a continuación:

BOVINOS DE CARNE

Son disponibles diversos análisis de marcadores

Característica	Genes identificados	Utilidades
Peso al destete	Genes que codifican para la mayor producción de leche materna	Progenies más pesadas al destete por efecto de la leche materna
Fertilidad	Genes que codifican para receptores de hormonas reproductivas	Mayores porcentajes de preñez
Facilidad de parto materna	Genes que codifican para una estructura del canal del parto más apta	Menor proporción de animales que requieren asistencia al parto
Longevidad	Genes que codifican para características que tienen que ver con la permanencia de animales en el rodeo	Mayor porcentaje de vacas con permanencia en el rodeo. Reducción de la tasa de reemplazo
Color de pelaje	Genes que codifican para la coloración del pelaje	Permite la selección de toros homocigotas para el color deseado Prueba de ADN que identifica los genes para pelaje negro.
Presencia de cuernos (astado/mocho)	Genes que codifican para la presencia o ausencia de cuernos	Permite seleccionar reproductores que transmitan a sus descendencias las características de ausencia de cuernos
Termeza	Genes de las enzimas Calpaína y Calpastatina, responsables de la degradación proteica <i>post mortem</i> y la consecuente termeza de la carne	Ayuda en la selección de animales con características superiores para termeza de la carne dentro del rodeo.
Características de la Carcasa	Marcadores múltiples para características de carcasa.	Ayuda en la identificación del perfil de cada animal para características de carcasa indicativas del momento ideal de terminación, como área de ojo de bife, peso de la carcasa, espesor de grasa, marmoreo, <i>Yield Grade*</i> y <i>Quality Grade**</i>
Paternidad	Marcadores para confirmación de paternidad y cálculos de evaluaciones genéticas.	Poderosa herramienta para dirigir apareamientos. Además de identificar los toros responsables de las mejores progenies, realiza cálculos de evaluación del rodeo, ofreciendo informaciones que permite acelerar el progreso genético del plantel.

*Yield Grade: es un índice que se utiliza en USA para clasificar la carne y es determinado por la cantidad de grasa renal, pélvica y de corazón, espesor de grasa de cobertura, el área de ojo de bife y el peso de la carcasa.

**Quality Grade: Tipificación americana sobre la que se basa la remuneración al productor (*Prime, Choice, Select y Standard*)



	Toros (homocigotas dominantes) EDED	Toros portadores del gen para pelaje colorado (heterocigota) EDe
Vacas (homocigotas dominantes) EDED	100% de terneros negros	100% de terneros negros
Vacas portadoras del gen para pelaje colorado (heterocigotas). EDe	100% de terneros negros	75% de terneros negros
Vaca colorada. Ee	100% de terneros negros	50% de terneros negros

moleculares para diferentes características, como:

Perfil para Color de Pelaje

El perfil molecular para Color de Pelaje identifica los genes de los animales para pelaje negro. Hoy es posible identificar con precisión los animales homocigotas (dos alelos iguales) para esta característica. Su importancia está en el hecho de que incluso los toros o vacas con pelaje totalmente negro pueden ser portadores de un gen para el color colorado y transmitirlo a su progenie. El color negro es dominante sobre el colorado. Por ello, cuando se identifican los animales homocigotas, es posible aparear esos animales con cualquier otro y tener seguridad de que se obtendrán hijos con pelaje negro.

Seguidamente se presenta el porcentaje de presencia de ese tipo de animal en el rodeo, considerándose diferentes posibilidades de apareamiento.

Perfil Molecular para TERNEZA

En mercados cada vez más dominados por la diferenciación de productos, agregar valor es una necesidad creciente. Para los productores y consumidores de carne, la terneza, es sin duda, la calidad individual más valorada en el producto final. Investigaciones de mercado comprobaron que la mayoría de los consumidores están dispuestos a pagar más caro por productos que garantizan mayor grado de terneza.

Los perfiles genéticos identifican también el potencial

genético para terneza. Los marcadores moleculares identificados están relacionados con dos importantes enzimas: la calpaína y la calpastatina.

La calpaína es la enzima responsable del relajamiento de las fibras del músculo en la degradación proteica *post mortem*.

La calpastatina; es la enzima que regula la actividad de la calpaína.

La tabla anterior se muestra que animales con genotipos favorables presentan mayor nivel de terneza, pues la fuerza necesaria para romper las fibras del músculo en esos animales puede ser hasta 2,3 libras (1 kg.) inferior a la utilizada para fibras de animales con genotipos desfavorables para esa característica. Eso trae consecuencias directas sobre la terneza de la carne para el consumidor final del producto.

Los productores que perciben el potencial de una estrategia de marketing basada en el valor agregado del producto, estarán listos para beneficiarse con esta nueva realidad de mercado, en un futuro muy próximo. ¿El programa de mejoramiento genético considera la terneza de la carne como producto final? ¿Sabe cuál es la contribución de los reproductores en la búsqueda de esa calidad? Con los datos se puede participar efectivamente en esa nueva realidad tecnológica y direccionará la estrategia productiva según las más modernas tendencias y exigencias del mercado.

Marcador	Desarrollado por	WBSF*(lb) Resistencia al Corte	Porcentaje del total
CAPN316 y CAPN4751	U.S. Meat Animal Research Center (MARC). El primero fue comercializado en 2003 y el segundo en 2005	-1.44lb	63%
UoGCAST	Universidad de Guelph (Canadá). Comercializado en 2005	- 0.83 lb	37%
Total	100% terneros negros	-2.27 lb	

* Warner-Bratzler Shear Force – Método para evaluar la terneza, que consiste en medir la fuerza necesaria para romper las fibras del músculo (Resistencia al Corte)



Cómo utilizar los datos moleculares

A causa del gran intervalo de generaciones existente en la ganadería, la fijación de determinadas características puede ser lenta. Pero con la información molecular se puede ganar tiempo y eficiencia en ese proceso:

- 1) Utilizar toros probados y que presenten puntajes elevados para terneza.
- 2) Al introducir vaquillonas de reposición, utilizar también animales probados y que presenten el mayor puntaje posible.

Marcadores Moleculares para Características de Carcasa

Los perfiles moleculares analizan marcadores múltiples para características de carcasa de importancia económica, tales como: espesor de grasa, área de ojo de bife, peso de carcasa y *yield grade*. Es una excelente herramienta para uso en el Manejo Asistido por Marcadores (MAM). Al basarse en la información presentada por los perfiles genéticos, es posible agrupar animales según su potencial en lotes distintos de terminación, con alimentación adecuada y mayor atención a los que presentan mayor potencial genético para la directriz económica deseada. En general, animales con puntajes menores de espesor de grasa y *yield grade* presentan puntajes elevados para peso de la carcasa y área de ojo de bife.

Paternalidad

Los toros son responsables de la mayor parte del mejoramiento genético de los rodeos. Del 80% al 90% de la mejora sobre la calidad y uniformidad de los terneros se asocian directamente a la genética que los reproductores ofrecen al rodeo.

Pero en sistemas de producción con múltiples toros a pasto, la determinación real del desempeño individual de cada reproductor es muy difícil. Estimar cómo y cuándo, cada toro agrega valor genético a las progenies, aún es una realidad distante. También es dificultoso identificar en establecimientos ganaderos que utilizan inseminación artificial (IA), cuáles son los hijos de los toros de repaso. Los marcadores para paternidad permiten que se viva esta realidad en los establecimientos. Por medio de la identificación correcta de paternidad de la progenie en relación a los reproductores en servicio, se podrá conocer en detalle al animal y saber cuándo él podrá efectivamente contribuir al mejoramiento genético del rodeo. Existen dos posibilidades de utilización de la tecnología como verificación de de Paternalidad.

1) Realizar la prueba en todos los toros en servicio (sea a campo o en IA) y posteriormente en los posibles hijos, para certificar la paternidad (para finalidad de registro) por medio de comparación de datos, y establecer evaluaciones genéticas específicas para el rodeo. La cruce de datos de un toro con la información de desempeño productivo de sus hijos permite obtener inmediatamente datos del desempeño esperado para las generaciones futuras de los reproductores.

2) Practicar la reproducción dirigida. La realización de pruebas previas en toros y vacas resulta en el conocimiento de la información sobre el potencial genético de todo el rodeo y permite escoger los lotes ideales para aparear. Esta modalidad de Manejo Asistido por Marcadores permite la administración de todas las decisiones de apareamiento de acuerdo al resultado final, tanto para la genética que se desea fijar en el establecimiento, como para la calidad de los terneros.

Algunos usos comerciales de los testes para Paternalidad

- * Determinación del linaje paterno de cada ternero;
- * Identificación de toros con mayor o menor progenie en un establecimiento (dominantes y dominados);
- * Identificación de reproductores con los mejores y peores desempeños productivos;
- * Identificación de hijos de IA o de toros de repaso;
- * Permite calcular evaluaciones genéticas en el rodeo de toros y vacas.

Beneficios de manejo obtenidos por la tecnología de marcadores moleculares en paternidad

- 1) Identificación de terneros productos de IA o de toros de repaso;
- 2) Posibilidad de utilizar varios toros por potrero sin tener dificultades de identificar la paternidad, ni de obtener datos de desempeño productivo;
- 3) Posibilidad de disminuir el número de potreros utilizados durante la estación de servicio, generando economía de empleados, y reduciendo otros costos involucrados;
- 4) Facilidad para la implementación de sistemas de pastura rotativa, una vez que el número de potreros utilizados disminuye considerablemente;
- 5) La identificación de paternidad permite una fácil identificación de toros con buen potencial genético y también capacidad de servicio de los demás reproductores. Eso resulta en mayor facilidad para decidir qué animales se debe mantener o no en servicio y durante las próximas temporadas de servicio.

Interpretando resultados:

Los Perfiles Moleculares incluyen características tales como:

Maternas y Reproductivas:

El Peso al Destete se refiere a la capacidad de transmitir a la descendencia la habilidad para la producción de leche, que es una característica materna muy importante, ya que afecta directamente el peso del ternero al destete. Animales con puntaje 10 tenderán a destetar terneros 2,9 kg más pesados que animales con puntajes 1.

La reproducción es probablemente la característica económicamente más importante para la cría. La *Tasa de Preñez en Vaquillonas* es la posibilidad (%) que tiene una vaquillona de quedar preñada en relación a otras vaquillonas durante la época de servicio. La *Longevidad* es la posibilidad que una vaquillona permanezca en el rodeo en relación a otras vaquillonas, hasta que alcance al menos seis años de edad. *Facilidad de Parto Materna* es una medida del porcentaje de nacimientos sin asistencia; a mayor valor, mayor es la facilidad de parto. Estos perfiles pueden ser



utilizados para decidir el reemplazo de vaquillonas, así como también seleccionar las futuras madres del rodeo

Docilidad: La docilidad del animal no es sólo una ventaja para el manejo seguro del ganado. Es sabido que los animales tranquilos comen más, responden mejor a las vacunaciones y su carne es más tierna. El perfil para docilidad detecta el potencial genético de los animales para ser extremadamente tranquilos o tener descendientes tranquilos. Los puntajes más altos para esta característica indican un mayor porcentaje de terneros dóciles.

Composición de la Carcasa

Los puntajes del perfil para *Peso de Carcasa*, *Área de Ojo de Bife*, *Espesor de Grasa* y *Yield Grade* (índice americano) son calculados utilizando múltiples marcadores moleculares que reflejan el potencial genético (heredable) de los animales para estas características. Estos resultados proveen un cuadro más completo del potencial de composición de carcasa del animal.

Calidad de la Carcasa

Los puntajes del perfil de *Marmoreo* y *Quality Grade** (Grado de Calidad) son el resultado de los análisis de marcadores múltiples, los cuales son indicadores del potencial de un animal para depósito de grasa intramuscular y del *Quality Grade* "Choice" (Elegido) o mejor.

**Indicador de calidad utilizado en USA que tipifica los cortes de carne en 4 niveles de menor a mayor: Estándar, Seleccionado, Elegido y Preferencial y les adjudica un valor de venta de acuerdo a esta clasificación - importante para los exportadores de genética.*

El perfil *Quality Grade* refleja el porcentaje "Elegido" o mejor, de manera que por lo general, un corral con animales con un puntaje = 10 tendría 53,7% más animales de grado "Elegido" o mejor, que un grupo de animales con puntaje 1. Los puntajes de *Marmoreo* se representan en la escala de 100-999, dónde 400 representa un grado de calidad bajo.

El perfil para *Terneza* permite conocer el potencial genético de los animales para esta característica. La terneza se evalúa objetivamente con la técnica de Warner Bratzler, que mide la Resistencia al Corte, entendiendo que cuanto más tierna sea la carne, menor será la Resistencia al corte. Según el perfil molecular, se estima que en animales con puntajes 10, la Resistencia al Corte será 2,27 lb (1,04 Kg.) menor que un animal con puntaje 1.

El perfil de *Marmoreo* es una herramienta de gran utilidad en la decisión de selección entre animales con similares DEPs (Diferencias Esperadas en la Progenie) o datos de ultrasonido para marmoreo, ya que se podrá considerar otros aspectos, por ejemplo *Terneza*.

Presencia de cuernos Astado/Mocho

El análisis para astado/mocho utiliza múltiples marcadores para identificar los animales con presencia o no de cuernos. El alelo mocho (P) es dominante sobre el alelo cuernos

HH = Homocigota es astado;

HP = Heterocigota es mocho;

PP = Homocigota es mocho

I = Indeterminado (requiere análisis adicionales)

(H), pero hay animales que se manifiestan como mochos pero llevan un alelo de cuernos en el gen (HP). Este análisis es específico para la raza y cada raza tiene involucrados diferentes grupos de marcadores. Los resultados no revelan la presencia o ausencia de tocos blandos (tocos flotantes).

Conclusiones: No Más Ficción

Es importante apuntar que al tener control sobre la información del potencial genético, el productor accederá a información que nunca antes imaginó posible. Esa información es muy valiosa para planificar el negocio ganadero. En términos de selección y manejo, el conocimiento concreto de las directrices económicas del establecimiento es esencial para el correcto direccionamiento de los apareamientos que se implementarán.

Utilizando evaluaciones genéticas como las DEPs (Diferencia Esperada de Progenie) como criterios principales para elegir reproductores potenciales, la próxima etapa es la selección de animales con elevados puntajes en el genotipo del establecimiento ganadero. Así, la próxima generación presentará un potencial de producción significativamente superior. Las etapas siguientes incluyen un correcto esquema de reemplazo de animales con genotipo favorable conocido asociado a un adecuado criterio de eliminación de animales con genotipo (o puntajes) desfavorables.

Todo el proceso de utilización de los perfiles moleculares en un establecimiento, permite acelerar la fijación de las características buscadas en el rodeo, con un alto grado de direccionamiento de acuerdo a los objetivos deseados, nunca antes imaginados en la ganadería.

Los marcadores van a revolucionar la selección, el manejo y el marketing de la gestión de la ganadería. A continuación, describimos algunas etapas que se deben implementar en un establecimiento ganadero, para maximizar los resultados de esta nueva herramienta productiva pone a disposición:

- 1) Seleccionar reproductores con perfil genotípico conocido: ésta es la manera más rápida de promover el progreso genético de su rodeo.
- 2) Después, realizar los testes y seleccionar las vaquillonas y vacas que presenten mayor potencial genético;
- 3) Posteriormente, implementar un esquema reproductivo apareando animales de acuerdo a los puntajes moleculares, siempre siguiendo los objetivos económicos, de producción y de marketing del establecimiento;
- 4) Finalmente, considerar el impacto de realización de los perfiles en animales adultos para el mejoramiento genético y una mejor orientación de manejo.