

La biología molecular aplicada a la ganadería

Ximena Cardona L.
Bióloga
Universidad de Antioquia
Asistente Técnico COLANTA
ximenacl@colanta.com.co
Colombia

Abstract

The research in the area of molecular biology, on farms of various livestock production systems, have led to dramatic increases in efficiency, gain and genetic progress of some animals of economic interest. In recent years there have been international projects aimed at knowing and understanding the genome of animal production, focusing on the search for genes that produce proteins which, by its biological function, are involved in the expression of a trait of interest productive.

Currently the complete genomes of many wild and domestic animals are known, for example *Bos taurus* (cattle), *Gallus domesticus* (cock) and the family *Canis familiaris* (domestic dog). Also, have been manifested in numerous studies around the world, the direct relationship between genes and characteristics of major economic impact for the meat and dairy chains, such as the volume and total solids in milk, growth and performance in channels or genes related with reproduction, behavior, and pathologies.

Resumen

Las investigaciones en el área de la biología molecular, en las granjas de los diversos sistemas de producción pecuaria, han permitido lograr incrementos dramáticos en la eficiencia, la ganancia y el progreso genético de algunos animales de interés económico. En los últimos años se han realizado proyectos internacionales dirigidos a conocer y entender el genoma de especies de animales de producción, que se enfocan hacia la búsqueda de genes que producen proteínas que, por su función biológica, participan en la expresión de una característica de interés productivo.

Actualmente se conocen los genomas completos de muchos animales silvestres y domésticos, como por ejemplo el del *Bos taurus* (bovino), el del *Gallus domesticus* (gallo) y del *Canis familiares* (perro doméstico). También, se han puesto de manifiesto en numerosos estudios realizados alrededor del mundo, la relación directa entre los genes y las características de mayor impacto económico para la cadena láctea y cárnica, como son el volumen y los sólidos totales en la leche, el crecimiento y rendimiento en las canales, o genes relacionados con características reproductivas, de comportamiento y patologías.



▲ Foto: Juan F. Vázquez C.

Las investigaciones en el área de la biología molecular han permitido lograr incrementos muy significativos en la productividad.

Las investigaciones realizadas en el área de la biología molecular han permitido incrementos significativos en la productividad de algunas especies animales de interés económico. Por ejemplo, las vacas han duplicado la cantidad de leche que producen en una lactancia, las cerdas paren 50% más de lechones y estos, a su vez, comen 30% menos para producir 30% más de carne magra, y los pollos ya ganan tres veces más de peso a la misma edad (Cañón, 2006).

Los estudios en esta rama de la biología, y su transferencia al campo, han incrementado la eficiencia, la ganancia y el progreso genético dentro de una población en menos tiempo. Si estos también se combinan con las técnicas de biotecnología reproductiva animal como la inseminación artificial (IA), la transferencia de embriones (TE) y la fertilización *in vitro* (FIV), los avances son grandes y muy rápidos.

Conocer y entender el genoma humano sirvió para despertar el interés hacia los genomas animales. El proyecto del genoma bovino comenzó en el año 2003. Fue realizado y financiado por el Instituto Nacional para la Investigación del Genoma Humano (NHGRI), el Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos, el Estado de Texas, el consorcio Genome Canadá a través del Genome British Columbia, diversas organizaciones de investigación de Australia y Nueva Zelanda, así como fundaciones ubicadas principalmente en Estados Unidos (Cañón, 2006). El proyecto inició con muestras de ejemplares de la raza Hereford, y luego con individuos de otras razas bovinas como Holstein, Angus, Jersey, Limousin, Rojo Noruego y Brahman.

En octubre de 2004, se publicó el primer borrador del genoma del *Bos taurus* (bovino). Además, hoy se han publicado borradores del genoma completo del *Gallus domesticus* (gallo) y del *Canis familiares* (perro doméstico).

En el bovino, durante los últimos años, el enfoque se ha trasladado hacia la búsqueda en el genoma de genes que den como resultado proteínas que participen en la expresión de una característica de interés económico. Sin embargo, la expresión de las características también está influenciada por el ambiente. En consecuencia, los genes solo pueden explicar una parte de la característica productiva en cuestión.



▲ Foto: Juan F. Vásquez C.

Genes asociados al ganado lechero

Numerosos estudios realizados han puesto de manifiesto una relación directa entre los genes, las proteínas y las características de interés en la producción lechera (Haley, 1995; Andersson-Eklund & Rendel, 1993).

En el ganado lechero, las proteínas detectadas en la leche que tienen impacto económico son: las caseínas (kappa-caseína, beta-caseína, alfa-S1-caseína y alfa-S2-caseína) y la beta-lactoglobulina.



▲ Foto: Archivo COLANTA

• Kappa-caseína - kcaseína (CASk)

Proteína que constituye aproximadamente el 13% de las caseínas totales de la leche. Se han descrito dos variantes: A y B (Aschaffenburg, 1965; Eigel et al., 1984; Levéziel et al., 1988; Denicourt, Sabour & McAllister, 1990; Medrano & Aguilar-Cordoba, 1990).

La leche producida por hembras bovinas con la variante B (CASk BB) contiene mayores niveles de proteína, grasa y sólidos totales (Ng-Kwai-Hang, Mayes, Moxley & Monardes, 1984; McLean, Graham, Ponzoni & Mckenzie, 1984; Geldermann, Piepper & Roth, 1985; Gonyon, et al., 1987; Aleandri, Buttazoni, Schneider, Caroli & Davoll, 1990). Se calcula que estas hembras pueden ofrecer un promedio de 2.000 kilos más de leche durante toda su vida. Esto ha sido confirmado en diferentes razas como Holstein, Jersey, Ayrshire, Guernsey y otras.

Además, la leche procedente de estas vacas se ha relacionado con un mayor rendimiento quesero en cuanto a litros de leche (el rendimiento quesero se refiere a que se necesitan menos litros de leche para obtener los mismos kilos de queso) y cuajo más firme y con una mayor retención de sólidos, comparada con la leche producida por animales con la variable A CASk (AA) (Schaar, 1981). Las diferencias en el contenido proteico de la leche, entre los animales CASk AA y CASk BB, se estimó en aproximadamente un 3%. La proporción de kappa-caseína en la leche dependerá de la variable genética del animal, así: CASk BB mayor proteína en leche que CASk AB y CASk AB mayor contenido de proteína que CASk AA (McLean et al., 1984).



▲ Foto: Juan F. Vásquez C.

Las caseínas y la beta-lactoglobulina tienen una relación directa con los genes de interés en la industria lechera.

• Alfa-S1-caseína (CAS_{αS1})

Proteína que constituye el 38% de las caseínas totales presentes en la leche bovina. Se han identificado por técnicas de biología molecular dos variantes principales denominadas B y C (Aschaffenburg, 1965). Estudios realizados mostraron que los individuos CAS_{αS1} BB producían significativamente más litros de leche que los animales CAS_{αS1} CC (Ng-Kwai-Hang et al., 1984).

• Beta-lactoglobulina (β-LG)

Es la principal proteína del suero en la leche bovina, ya que constituye el 50% de este. Aunque todavía no está clara su función fisiológica, se especula que podría participar en el transporte y metabolismo del retinol y los ácidos grasos (Frapin, Dufour & Haertle, 1993).

Al igual que en el caso de la k-caseína, se han descrito dos variantes alélicas: A y B (Aschaffenburg, 1965). La diferencia entre las variantes de β - LG ha sido observada por numerosos investigadores y en diferentes poblaciones de ganado bovino lechero (McLean et al., 1984). Se ha reportado que la variante de la beta-lactoglobulina tiene efectos sobre la composición de la leche (Bech & Kristiansen, 1990), así como en la producción de queso (Schaar, 1985). Los animales con genotipo β - LG BB tienen un menor contenido de beta-lactoglobulina y un mayor contenido de caseínas, proteínas totales y grasa en la leche, lo que resulta en mejores propiedades para la producción de queso (Tong, Vink, Farkye & Medrano, 1993). En otras palabras, menos suero. La variante A está asociada con un mayor nivel de β - LG y proteínas totales del suero de la leche, y con un menor contenido de caseínas y grasa (Boland, Hill & Creamer, 1992).

De igual manera, se han investigado los genes que dan lugar a las hormonas implicadas principalmente en la producción de leche como son la prolactina (PRL), la hormona del crecimiento (GH) y, últimamente, se tiene la hipótesis de la influencia de la hormona leptina en la calidad de la leche.

- **Prolactina (PRL)**

Es una hormona producida en la glándula pituitaria en el cerebro animal y se le han atribuido más de cien efectos diferentes. La PRL es esencial para la iniciación y mantenimiento de la lactancia y la síntesis de proteínas de la leche, lactosa, lípidos y todos los otros grandes componentes de la leche (Le Provost, Leroux, Martin, Gafe & Dijane, 1994). Además, actúa en la ubre estimulando la secreción de la leche luego del parto (Tucker, 1981).

Dos variantes se han descrito: A y B. Al evaluar lactancias en vacas de la raza Holstein en Colombia, se mostró que la variante más frecuente es la PRL A y la menos frecuente la PRL B; y las hembras bovinas con PRL BB producían más porcentaje de grasa y de proteína, y mayor número de kilos de leche por lactancia (Echeverri, 2010a).

- **Hormona del crecimiento (GH)**

Estimula el crecimiento celular y participa en la absorción de lípidos, aminoácidos y carbohidratos. Está involucrada en procesos fisiológicos de interés como el crecimiento (Zakizadeh, 2006), la lactancia (Yao, Aggrey, Zadworny, Hayes & Kuhnlein, 1996) y características reproductivas (Unanian, Chaves, Torres, Ribeiro & Josahkian, 2002), así como también en la respuesta inmune (Blalock, 1994).

Echeverri (2010b) mostró una relación entre la producción y composición de la leche en vacas de la raza Holstein con las variantes GH+ y GH-, donde la variante GH+ se presentaba con mayor frecuencia y existía una asociación entre dicha variante y mayor porcentaje de proteína.

En otros estudios realizados igualmente en la raza Holstein se detectaron otras dos variantes de la hormona del crecimiento (GH): GH4.1C y GH4.1T (Yao et al., 1996). Estas variantes se asociaron con producción, ya que las hijas de los toros GH4.1C producían mayor cantidad de leche, grasa y proteínas, con respecto a las hijas de los toros con genotipos GH4.1T. Los investigadores también detectaron otras dos variables en la misma proteína: GH6.2A y GH6.2B y encontraron efectos similares sobre los caracteres de producción lechera, observando que la variable GH6.2A era la más favorable.

Brum, Rausch, Hines y Ludwick (1967) hallaron, en la raza Holstein, asociación entre las variantes de las transferrinas (Tf) y el rendimiento de leche y grasa. Geldermann, Piepper y Roth (1985), al estudiar familias de la raza Friesian, observaron asociación entre las variantes de la amilasa-1 (Am-1) con porcentaje de grasa.

Genes asociados a ganado de carne

Al igual que en la ganadería de leche, en los bovinos destinados a la producción de carne también se han identificado genes relacionados directamente con algunas de las características de mayor impacto económico para este tipo de vacunos, como son el crecimiento y rendimiento de la canal, y los genes relacionados con sus características reproductivas, comportamiento y patologías.



▲ Foto: Juan F. Vásquez C.

Calpaínas, calpastatina, miostatina y leptina son algunos de los genes de interés que tienen impacto en los bovinos para la producción de carne.

Algunos de estos genes son calpaínas (CAPN1), calpastatina (CAST), miostatina (GDF8) y leptina (LEP) (Page et al., 2002; Barendse, 2002).

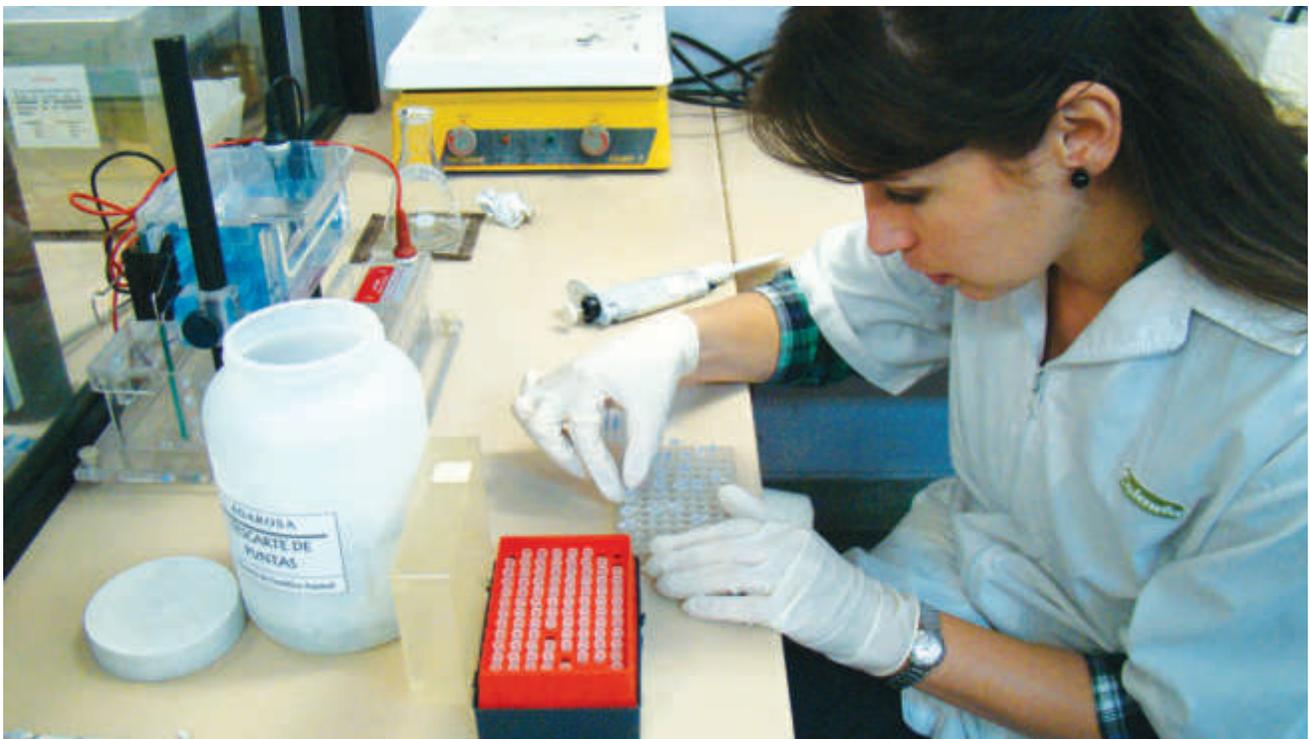
La calpaína es una proteína presente en los miocitos o células musculares y participa activamente durante el proceso de maduración de la carne bajo refrigeración. Su actividad está relacionada con la ternura de la carne (Huff-Lonergan, et. al., 1996). Dos variables han sido descritas, calpaína 1 (CAPN1) y calpaína 2 (CAPN2).

Se ha reportado que las canales de los bovinos que presentan la variable calpaína 1 (CAPN1) tienen mayor ternura (Cheong et al., 2008) y cortes más magros y valiosos (Juszczuk, Wyszynska, Wicinska & Rosochacki, 2008).

La calpastatina (CAST) es otra proteína presente en las células musculares, que se ha asociado con la ternura de la carne, reportándose algunas variantes de CAST, dos de ellas CAST-G y CAST-A, donde la variable CAST-A está más favorablemente asociada a la ternura (Casas et al., 2006).

Por su parte, la miostatina bovina es una proteína que participa en la regulación del crecimiento y desarrollo muscular. Sin embargo, se han identificado errores o mutaciones en dicha proteína, lo que resulta en una proteína que no cumple su función o que no se produce de manera suficiente. Esto causa lo que se conoce como “doble musculatura” debido al incremento en el desarrollo del músculo esquelético. Estas mutaciones son características de las razas Blanco-Azul Belga, Asturiana de los Valles, Maine-Anjou, Charolais, Piamontés, Gascona y Limousin (Royo, 2002).

La hormona leptina es producida por los adipocitos o células adiposas y es secretada a la sangre para ser transportada al cerebro, donde actúa estimulando el consumo de alimento. También participa en la condición corporal, el gasto energético, el aumento de la actividad física y la regulación del peso corporal, entre otras funciones. Se han descrito algunas variables para esta proteína. Unas de estas variaciones son LEP-C y LEP-T, donde la variación LEP-T está asociada a mayor contenido de grasa en la canal. Los animales con la variante LEP-C son más lentos para engordar y los animales con LEP-T producen canales con mayor marmoreo (Cerón, Montoya, Trujillo, Ramírez & Monsalve, 2009).



▲ Foto: Archivo COLANTA

Los conocimientos de la biología junto con las posibilidades brindadas por la biotecnología reproductiva han incrementado el progreso genético.

Glosario

• ADN

Siglas de ácido desoxirribonucleico. Es una molécula guardada en el núcleo de la célula que contiene las instrucciones usadas para el desarrollo y funcionamiento de todos los organismos vivos conocidos. Es la encargada del almacenamiento de la información hereditaria. Es comparada con un plano o una receta, o un código, ya que contiene las instrucciones necesarias para construir otros componentes de las células, como las proteínas y las moléculas de ARN. Los segmentos de ADN que llevan esta información genética son llamados genes.

Para que la información que contiene el ADN pueda ser utilizada, debe copiarse en primer lugar en ARN. Las moléculas de ARN contienen la información específica para generar una secuencia de los aminoácidos, y estas secuencias de aminoácidos al unirse entre sí, formarán las proteínas.

Dentro de las células, el ADN está organizado en estructuras llamadas cromosomas. El material genético completo se denomina genoma y es característico de cada especie.

• Amilasa-1 (Am-1)

Denominada también sacarasa. Enzima o proteína que tiene la función de digerir el glucógeno y el almidón para formar azúcares simples. Se produce principalmente en las glándulas salivales y en el páncreas.

• Aminoácidos

Moléculas orgánicas que forman las proteínas. Existen 22 aminoácidos diferentes (los dos últimos fueron descubiertos en 2002). La unión de varios aminoácidos da lugar a cadenas llamadas péptidos o polipéptidos, que se denominan proteínas cuando la cadena polipeptídica supera una cierta longitud (entre 50 y 100 aminoácidos).

• ARN

Ácido ribonucleico (ARN o RNA) presente en las células. Son producto de traducción del ADN que desempeñan diversas funciones que dirigen la formación de las proteínas.

• Biología

Ciencia que tiene como objetivo estudiar a los seres vivos: su origen, evolución y propiedades (nutrición, reproducción, entre otros). Se ocupa tanto de la descripción de las características y comportamientos de los organismos de forma individual, como de las especies en su conjunto, y de las interacciones entre ellos y el medio ambiente que los rodea.

• Biología molecular

Rama de la biología que tiene como objetivo el estudio de la estructura, función y composición de las moléculas biológicamente importantes. La biología molecular busca principalmente el entendimiento de las de los diferentes sistemas de la célula, lo que incluye el conocimiento y entendimiento del ADN, el ARN, las proteínas, el metabolismo y la forma en que todas esas interacciones son reguladas para conseguir un correcto funcionamiento de la célula.

- **Carbohidratos**

También denominados glúcidos, hidratos de carbono o sacáridos. Son los que tienen la función en los seres vivos de convertirse en energía inmediata y estructural. La glucosa y el glucógeno son las formas biológicas primarias de almacenamiento y consumo de energía.

- **Fertilización *in vitro* (FIV)**

Técnica que hace posible que la fecundación de los ovocitos por los espermatozoides se realice fuera del cuerpo de la madre. El proceso implica la extracción de varios ovocitos de los ovarios maternos, para permitir que sean fecundados por espermatozoides en un medio líquido, en un laboratorio, que se asemeja al útero materno en todas sus condiciones de oxígeno, pH y temperatura, entre otros. El ovocito fecundado (embrión) puede entonces ser transferido al útero de receptoras, con el objetivo de que anide, genere una preñez y continúe su desarrollo hasta el parto.

- **Genética**

Rama de la biología que estudia la estructura y el funcionamiento del ADN, de los genes y la regulación de la producción de proteínas.

- **Gen**

Secuencia de ADN que contiene la información necesaria para la síntesis de una macromolécula con función celular específica, habitualmente proteínas. Esta función puede estar vinculada con el desarrollo o funcionamiento de una función fisiológica. El gen es considerado la unidad de almacenamiento de información genética y unidad de la herencia, pues transmite esa información a la descendencia. El conjunto de genes de una especie se denomina genoma. Los genes están localizados en los cromosomas, específicamente en el núcleo celular.



- **Genoma bovino**

El genoma de *Bos taurus* fue publicado en 2009, como resultado de la investigación denominada "Proyecto internacional de secuenciación del genoma bovino", realizada por diferentes centros de investigación estadounidenses, que contó con fondos principalmente norteamericanos, aunque también participaron otros países como Australia, Nueva Zelanda y Noruega. El proyecto requirió seis años de trabajo y la participación de más de 300 científicos de 25 países. El genoma bovino cuenta con más de 27.000 genes, un tamaño similar al del genoma humano. Los conocimientos adquiridos a través de esta investigación han tenido importantes implicaciones en la ganadería bovina, tanto en el sector cárnico como en el lechero, y también en lo que se refiere a la reproducción, la adaptación de las especies, las técnicas ganaderas y su impacto medioambiental.



▲ Foto: Archivo COLANTA

- **Hormona**

Sustancias secretada por células especializadas, localizadas en glándulas de secreción interna o glándulas endocrinas, o también por células epiteliales e intersticiales cuyo fin es el de afectar la función de otras células.

- **Inseminación artificial (IA)**

Método de reproducción asistida que consiste en el depósito de espermatozoides de manera no natural en el útero, en el cérvix o en los oviductos de la hembra con el fin de obtener una gestación. Se realiza mediante instrumental especializado y la utilización de técnicas que reemplazan la copulación. La inseminación artificial se utiliza en bovinos desde los años 40.

El inseminador reemplaza al toro introduciendo una pipeta con semen, vía vaginal. El espermatozoides se conserva en distintos recipientes como ampollas o pajuelas y se congela antes de ser empleado. Esta técnica permite obtener un número mucho más importante de descendientes de un toro que por reproducción natural. Los donantes de semen utilizados para la inseminación son toros seleccionados que tienen cualidades particularmente interesantes para el ganadero. La utilización de la inseminación artificial permite un mayor aprovechamiento del macho, mejoras genéticas, aumento de la fertilidad y evita la transmisión de enfermedades venéreas a la vaca.

- **Lactosa**

Disacárido formado por la unión de una molécula de glucosa y otra de galactosa. Se le llama también azúcar de la leche, ya que aparece en la leche de las hembras de los mamíferos en una proporción del 4 al 5%. El metabolismo de la lactosa ha sido ampliamente estudiado en las bacterias lácticas dada la relevancia económica de los productos como queso y yogur que se producen por fermentación de la lactosa presente en la leche.

- **Lípidos**

Conjunto de moléculas orgánicas compuestas principalmente por carbono, hidrógeno y oxígeno. A los lípidos normalmente se les llama grasas. Los lípidos cumplen funciones diversas en los organismos vivos, entre ellas la de actuar como reserva energética y estructural.



▲ Foto: Archivo COLANTA

● Mutación

Alteración o cambio en la información genética de un ser vivo que, por lo tanto, va a producir un cambio en sus características. Se presenta súbita y espontáneamente, y se puede heredar o transmitir a la descendencia. La unidad genética capaz de mutar es el gen. Sin mutación no habría cambio y sin cambio la vida no podría evolucionar.

● Proteína

Molécula formada por cadenas lineales de aminoácidos. Las proteínas son necesarias para la vida, sobre todo por sus funciones biorreguladoras y de defensa del organismo contra bacterias o virus. Son las biomoléculas más versátiles y diversas. Son imprescindibles para el crecimiento del organismo y realizan una enorme cantidad de funciones diferentes.

● Proyecto genoma humano

Proyecto de investigación científica que tuvo como objetivo fundamental determinar la secuencia del ADN del genoma humano. El proyecto, dotado con 3.000 millones de dólares, fue fundado en 1990 en el Departamento de Energía y los Institutos Nacionales de la Salud de los Estados Unidos y conformado por múltiples científicos de diferentes países, con un plazo de realización de 15 años. Debido a la amplia colaboración internacional, a los avances en el campo de la genética y biología molecular, así como los avances en la tecnología computacional, un borrador inicial del genoma fue terminado en el año 2000. Finalmente el genoma completo fue presentado en abril de 2003, dos años antes de lo esperado, compuesto por, aproximadamente, 22.500 y 25.000 genes distintos. Cada uno de estos genes contiene la información necesaria para la síntesis de una o varias proteínas. El genoma de cualquier persona (a excepción de los gemelos idénticos y los organismos clonados) es único.

• Respuesta inmune

Se refiere a la respuesta del sistema inmunitario o sistema inmune, que es un conjunto de proteínas, células, órganos y tejidos, los cuales se relacionan en una red elaborada y dinámica en el interior de un organismo y lo protegen contra las enfermedades, identificando y eliminando virus, bacterias, parásitos, células patógenas y cancerosas.

• Retinol

También llamada vitamina A. Interviene en la formación y mantenimiento de las células epiteliales, en el crecimiento óseo, el desarrollo, protección y regulación de la piel y de las mucosas. Desempeña un papel importante en el desarrollo de una buena visión, especialmente ante la luz tenue. También se puede requerir para la reproducción y la lactancia.

• Transferencia de embriones (TE)

Técnica que consiste en producir un número importante de embriones (óvulos fertilizados) de la misma hembra, mediante tratamientos hormonales, extraerlos del cuerno uterino antes de la nidación, y luego transferirlos al útero de otras vacas para que continúen su desarrollo. Con esta técnica se busca conseguir una mejora genética del ganado. Este sistema implica la utilización de tratamientos hormonales para sincronizar los ciclos sexuales de las donantes y las receptoras, ya que el aparato reproductivo debe estar en una fase en particular cuando se realiza la extracción, a los 7 días del ciclo estral.

• Transferrina

Proteína transportadora específica del hierro en el plasma de la sangre.



▲ Foto: Archivo COLANTA

La biología molecular estudia la estructura, función y composición de las moléculas biológicamente relevantes.

Referencias

- Aleandri, R., Buttazzoni, G., Schneider, J.C., Caroli, A. & Davoll, R. (1990). The effects of milk protein polymorphism on milk components and cheese-producing ability. *J. Dairy Sci.*, 73, 241.
- Andersson-Eklund, L., & Rendel, J. (1993). Linkage between amylase-1 locus and a major gene for milk fat content in cattle. *Animal Genetics*, 24, 101-103.
- Aschaffenburg, R. (1965). Variants of milk proteins and their pattern of inheritance. *J. Dairy Sci.*, 128-132.
- Barendse, W.J. (2002). *DNA markers for meat tenderness: bibliographic data*: WO02064820. Recuperado de: <http://ep.espacenet.com>
- Bech, A.M. & Kristiansen, K.R. (1990). Milk protein polymorphisms in Danish dairy cattle and the influence of genetic variants on milk yield. *T. Dairy Res.*, 57: 53.
- Blalock, J. (1994). The syntax of immunoneuro endocrine communication. *Immunology Today*, 15(11), 504-511.

Boland, M.J., Hill, J.P. & Creamer, L.K. (1992). Genetic manipulation of milk proteins and its consequences for the dairy industry. *Australian Biotechnology*, 2(6), 355-360.

Brum, E.W., Rausch W.H., Hines, H.C. & Ludwick, T.M. (1967). Association between milk and blood polymorphism types and lactation traits of Holstein cattle. *J. Dairy Sci.*, 51(7), 1031-1038.

Cañón, J. (2006). Utilización de información molecular en programas de mejoramiento animal. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 7(1), 5-15.

Casas, E., White, S.N., Wheeler, T.L., Shackelford, S.D., Koohmaraie, M., Riley D.G., Chase Jr, C.C., Johnson, D.D., & Smith, T.P.L. (2006). Effects of calpastatin and μ -calpain markers in beef cattle on tenderness traits. *J. Animal Sci.*, 84, 520-525.

Cerón, M.F., Montoya, A.E., Trujillo, E.R., Ramirez, E.J. & Monsalve, Z.I. (2009). Marcadores del gen leptina en bovinos cruzados con angus, cebú, romosinuano y blanco orejinegro. *FCV-LUZ*, 19(4), 371-381.

Cheong, H.S., Yoon, D., Byung, L.P., Kim, L.H., Bae, J.S., Namgoong, S., Lee, H.W., Han, C.S., Kim, J.O. & Shin, H.D. (2008). A single nucleotide polymorphism in CAPN1 associated with marbling score in Korean cattle. *BMC Genetics*, 9, 33.

Denicourt, D., Sabour, M.P. & McAllister, A.L. (1990). Detection of bovine k-casein genomic variants by the polymerase chain reaction method. *Animal Genetics*, 21, 215-216.

Echeverri, J. (2010a). Efecto de la transición adenina/guanina del gen de la prolactina bovina sobre características de importancia en producción lechera. *Rev. Lasallista de Investigación*, 7(2), 16-23.

Echeverri, J. (2010b). Polimorfismo del gen de la Somatotropina Bovina y su asociación con características de importancia en la producción lechera. *Rev. Lasallista de Investigación*, 7(1), 12-23.

Eigel, W.N., Butler, J.E., Ernstrom, C.A., Farrel, H.M., Harwalkar, V.R., Jennes, R. & Whitney, R. (1984). Nomenclature of proteins of cow's milk: Fifth revision. *J. Dairy Sci.*, 67, 1599-1631.

Frapin, D., Dufour, E. & Haertle, T. (1993). Probing the fatty acid binding site of β -lactoglobulins. *J. Protein Chem.*, 12, 443.

Geldermann Piepper, H.U. & Roth, B. (1985). Effects of marked chromosome sections on milk performance in cattle. *Theor. Appl. Genet.*, 70, 138-146.

Gonyon, D.S., Mather, R.E., Hines, H.C., Haenlein, G.F.W., Arave, C.W. & Grant, S.N. (1987). Associations of bovine blood and milk polymorphisms with lactation traits: Holstein. *J. Dairy Sci.*, 70, 2585-2598.

Haley, C.S. (1995). Livestock QTLs-bringing home the bacon? *TIG*, 11(12), 488-492.

Huff-Lonergan E., Mitsuashi, T., Beekman, D.D., Parrish, F.C., Olson, D.G. & Robson, R.M. (1996). Proteolysis of specific muscle structural proteins by m-calpain at low pH and temperature is similar to degradation in postmortem bovine muscle. *J. Animal Sci.*, 74, 993-1008.

Juszczuk, E., Wyszynska, J., Wicinska, K. & Rosochacki, S. (2008). A novel polymorphisms in intron 12 of the bovine calpastatin gene. *Mol. Biol. Rep.*, 35, 29-35.

Le Provost, E., Leroux, C., Martin, P., Gafe, P. & Dijane, P. (1994). Prolactin gene expression in ovine and caprine mammary gland. *Neuroendo*, 60, 305-313.

Levéziel, H., Méténier, L., Mahé, M.F., Choplain, J., Furet, J.P., Pabeuf, G., Mercier, J.C. & Grosclaude, F. (1988). Identification of the two common alleles of the bovine - casein locus by the RFLP technique using the enzyme HindIII. *Génét. Sél. Evol.*, 20(2), 247-254.

McLean, D.M., Graham, E.R.B., Ponzoni, R.W. & Mckenzie, H.A. (1984). Effects of milk protein genetic variants on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.*, 73, 2647-2656.

Medrano, J.F. & Aguilar-Cordoba, E. (1990). Genotyping of bovine Kappa-casein following DNA sequence amplification. *Biotechnology*, 8, 144-146.

Ng-Kwai-Hang, K.F., Mayes, L.F., Moxley, J.E. & Monardes, G. (1984). Association of genetic variants of casein and milk serum proteins with milk, fat and protein production by dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 67(4), 835-840.

Page, B.T., Casas, E., Heaton, M.P., Cullen, N.G., Hyndman, D.L., Morris, C.A., Crawford, A.M., Wheeler, T.L., Koohmaraie, M., Keele, J.W. & Smith, T.P.L. (2002). Evaluation of single-nucleotide polymorphisms in CAPN1 for association with meat tenderness in cattle. *J. Animal Sci.*, 80, 3077-3085.

Royo, L.J. (2002). *Secuenciación y análisis del gen de la miostatina bovina*. (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid.

Schaar, J. (1981). *Casein stability and cheese making. Properties of milk; effects of handling, mastitis and genetic variation Rep. 52*. Sweden: Univ. Agric. Sci.

Schaar, J. (1985). Effects of genetic variants of β -casein and β -lactoglobulin on cheese making. *J. Dairy Research*, 52, 429.

Tong, P.S., Vink, S., Farkye, N.Y., & Medrano, L.F. (1993). Effects of genetic variants of milk protein on the yield of Cheddar cheese. *In Cheese Yield and factors Affecting Its Control Int. Dairy* (pp 179). Ireland: Fed., Cork.

Tucker, H. (1981). Physiological control of mammary growth, lactogenesis and lactation. *J. Dairy Sci.* 64, 1403.

Unanian, M.M., Chaves, C., Torres, C.M., Ribeiro, A. & Josahkian, L.A. (2002). Possible associations between bGH gene polymorphism and reproductive traits. *Braz. Arch. Biol. Tech.*, 45 (3), 293-299.

Yao, J., Aggrey, S.E., Zadworny, D., Hayes, J.F. & Kuhnlein, U. (1996). Sequence variations in the bovine growth hormone gene characterized by single-strand conformation polymorphism (SSCP) analysis and their association with milk production traits in holsteins. *Genetics*, 144, 1809 -1816.

Zakizadeh, S. (2006). Analysis of bovine growth gene polymorphism in three iranian native breeds and holstein cattle by RFLPPCR. *Biotech*, 5(3), 385-390. ■

Calfosvit[®] Se
Solución Inyectable

FOSFORO - ZINC - YODO - SELENIO
Eficiencia reproductiva asegurada

¡Asegure sus hembras como futuras madres!
En terneras: Asegure su madurez sexual y preñez al primer servicio con el peso a la edad ideal con **Calfosvit Se**, aplicando 2 cc en los primeros 8 días de nacida y luego cada 40 días; 1 cc por cada 20 kg de peso.

¡Asegure un nuevo parto al año!
En vacas: Con **Calfosvit Se**, aplicando 25 cc en los primeros 8 días posparto y luego cada 40 días. Todos los tratamientos se aplican vía intramuscular profunda.

Sin residuos en leche.

Compañía California S.A. Tel.: (57 1) 744 78 78, Fax: (57 1) 744 78 89
mercadeo@ciacalifornia.com.co, Bogotá D.C., Colombia.
www.ciacalifornia.com.co - www.calfosvitse.com.co

COMPANIA CALIFORNIA S.A.
california
LO SEGURO EN PRODUCTOS VETERINARIOS