

Artículo reseña

PRODUCCIÓN ANIMAL Y BIOTECNOLOGÍAS PECUARIAS: NUEVOS RETOS

Odalys Uffo

*Laboratorio de Genética Molecular, CENLAC, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA),
Apartado 10, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Correo electrónico: uffo@censa.edu.cu*

RESUMEN: La «revolución ganadera» a través del rápido crecimiento de la demanda de productos pecuarios, ha creado oportunidades para aumentar el bienestar de una parte de los casi 1 000 millones de personas pobres del mundo, cuyos medios de vida dependen de la ganadería. Las innovaciones tecnológicas han conducido a cambios sociales y económicos y han desempeñado una función fundamental en el aumento de la calidad de vida y de la seguridad de animales y de seres humanos. En las cuatro décadas pasadas ha habido una oleada sin precedente en el desarrollo de la biotecnología en la producción animal y la salud. Una gran mayoría de estas tecnologías se han desarrollado y utilizado en países desarrollados; sin embargo tienen el potencial para aliviar la pobreza y hambre, reducir las amenazas de enfermedades y asegurar continuidad ambiental en países en vías de desarrollo. En este artículo intentaremos abordar una serie de interrogantes sobre el uso de las biotecnologías ganaderas en los países en desarrollo, relacionadas con cuán extendido está el uso de las mismas en estos países, cuáles son las principales razones para el éxito o el fracaso de su aplicación en esas condiciones, qué opciones tienen los países en desarrollo para tomar decisiones sobre la implementación de las tecnologías apropiadas que permitan el incremento de seguridad alimentaria, entre otras.

(Palabras clave: producción animal; biotecnología)

ANIMAL PRODUCTION AND AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGIES: NEW CHALLENGES

ABSTRACT: The «livestock revolution» through the fast growth of the cattle products demand, has created opportunities for increasing the well-fare of part of almost 1 000 million poor people in the world, whose livelihood depend on livestock. Technological innovations have led to social and economic change. They have played a pivotal role in enhancing the quality of life and safety of animals and humans. In the last four decades there has been an unprecedented surge in the development of biotechnology in animal production and health. Although vast majority of these technologies has been developed and used in developed countries, they have the potential to alleviate poverty and hunger, to reduce the threats of diseases and ensure environmental sustainability in developing countries. In this article we will try to approach a series of questions about the use of the livestock biotechnologies in the developing countries, related to how extended is the use of them in these countries, which are the main reasons for the success or failure of their application in those conditions, which options have the developing countries to make decisions on the implementation from the appropriate technologies that allow the increase of nourishing security, among others.

(Key words: Animal Production, biotechnology)

INTRODUCCIÓN

La producción ganadera contribuye directamente a la obtención de los medios de vida de las personas al proporcionar no solo alimentos sino también otros productos derivados, fuerza de tiro y seguridad financiera. La producción animal representa ya más de un tercio del producto interno bruto (PIB) agrícola en los países en desarrollo y se prevé que seguirá aumentando (1). La «revolución ganadera», ha creado oportunidades para aumentar el bienestar de una parte de los casi mil millones de personas pobres del mundo, cuyos medios de vida dependen de la ganadería. Sin embargo, se presentan una serie de obstáculos como la degradación de las tierras, la contaminación ambiental, el calentamiento global, la erosión de los recursos zogenéticos, la escasez de agua y las nuevas enfermedades, que atentan contra el crecimiento del sector pecuario mundial (2, 3). Estos obstáculos pueden ser sorteados con la aplicación de las tecnologías convencionales y las biotecnologías ganaderas, que han provocado cambios económicos y sociales, con una importante función en el incremento de la calidad de vida y la seguridad de animales y hombres. Esto ha contribuido al aumento de la productividad, particularmente en los países desarrollados y a su vez, pueden ayudar a mitigar la pobreza y aliviar el hambre, reducir las amenazas que representan las enfermedades y a conseguir la sostenibilidad ambiental en los países en desarrollo. El principal reto que enfrentamos hoy es poder garantizar la creciente demanda en la producción de alimentos de origen animal, sin afectar la protección del medioambiente (4).

Existen muchas interrogantes sobre el uso de las biotecnologías ganaderas en los países en desarrollo, relacionadas con cuán extendido está el uso de las mismas en estos países, cuáles son las principales razones para el éxito o el fracaso de su aplicación en esas condiciones o qué opciones tienen los países en desarrollo para tomar decisiones sobre la implementación de las tecnologías apropiadas que permitan el incremento de seguridad alimentaria; aspectos que intentaremos abordar en este artículo.

EXPERIENCIAS TOMADAS DE LAS TECNOLOGÍAS TRADICIONALES

Después de la segunda guerra mundial, los tres grandes sectores de la zootecnia (la nutrición animal, la genética y reproducción y la salud animal) resultaron muy beneficiados a partir de las aplicaciones de varias tecnologías, que han sido usadas ampliamente en los países en desarrollo. Los aportes de estas en el

área de la ciencia animal no deben ser subestimados pues han producido grandes beneficios económicos, inducidos en sus inicios por la inseminación artificial (IA), el diagnóstico de enfermedades, el desarrollo de vacunas y los avances en la nutrición animal (5).

Una buena nutrición es indispensable para un funcionamiento adecuado del sistema inmune, y como consecuencia para el mantenimiento de animales saludables y productivos. Las tecnologías usadas en nutrición animal han sido diversas. El conocimiento creciente sobre el metabolismo de los minerales, proteínas y energía, conceptos en los que se basa la alimentación animal, revolucionaron la temática y aceleraron el desarrollo de nuevas tecnologías, con la consecuente preocupación por la utilización eficiente de los residuos de cosechas, la optimización de la fermentación ruminal para el mejoramiento de nutrientes deficientes y de baja calidad, así como la utilización de dietas balanceadas que no solo influyen en la productividad animal sino en el equilibrio ambiental. El resultado de dietas no balanceadas implica exceso de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes que se acumulan en el medioambiente, causando la contaminación, que se incrementa en granjas manejadas de forma intensiva (1).

Con respecto a la reproducción animal, la genética y el mejoramiento, la introducción de la inseminación artificial en la década del 30 del siglo pasado, representó el inicio de una revolución en la mejora animal tradicional. Más tarde, el descubrimiento de la viabilidad del glicerol como crioprotector del semen eliminó las barreras prácticas de la IA y expandió sus fronteras. A esto le siguió la sincronización del estro, la inducción de la ovulación múltiple, la transferencia de embriones y el sexado del semen (4). En esta área, la citogenética ha desempeñado una función importante para el monitoreo de aberraciones cromosómicas en animales de granja con problemas de subfertilidad e infertilidad.

El campo de la sanidad, objetivo fundamental de los programas de salud animal en los países en desarrollo, se ha centrado en la erradicación de enfermedades infecciosas, a través del sacrificio de los animales infectados. También se utilizan los programas de vacunación, además de los conceptos y técnicas analíticas de epidemiología como factores importantes en la prevención de enfermedades. La disponibilidad de métodos estadísticos, programas informáticos y poderosos ordenadores ha resultado en un mejor entendimiento y la toma adecuada de decisiones en determinadas enfermedades, sobre todo las reemergentes. Otras técnicas convencionales, como la patología clínica y el diagnóstico serológico de agentes infecciosos han

contribuido significativamente al desarrollo de programas de monitoreo y control de enfermedades transfronterizas. No obstante, los métodos de diagnóstico tradicionales o «gold standards» para diagnóstico serológico tienen una larga historia de aplicaciones y actualmente se mantiene su utilización además de otros métodos de diagnóstico ampliamente utilizados como los ensayos de inmunoabsorción enzimática (ELISA) y los radioinmunoensayos (RIA), que aunque tienen desventajas (ej. en ocasiones no permiten distinguir los animales vacunados de los infectados), han sido invaluable herramientas para el diagnóstico veterinario (4, 5).

BIOTECNOLOGÍAS GANADERAS

La evaluación y selección de diferentes rebaños y razas comenzó con la domesticación de las especies alrededor de 12 000 años atrás, guiado por los deseos de obtener caracteres dictados por las necesidades sociales, ambientales y nutricionales, sin que se tuviera ningún conocimiento de los procesos moleculares que pueden estar involucrados, por lo que las biotecnologías se practican en la ganadería desde inicios de la historia de la humanidad. Durante la Convención de Diversidad Biológica (6) se definió la biotecnología como «cualquier aplicación tecnológica que utiliza sistemas biológicos, organismos vivos o derivados para hacer o modificar productos o procesos para un uso específico».

Las herramientas moleculares basadas en el análisis del ADN de diferentes organismos, son útiles en gran variedad de estudios y aplicaciones, sobre todo para el seguimiento de características únicas que son utilizadas como marcadores. Su exactitud, sensibilidad y especificidad, el alto porcentaje de información que aportan sobre la variabilidad genética de una población, la gran capacidad de procesamiento de muestras, el hecho de poder utilizar cualquier tipo de muestras siempre que contenga núcleo celular y la factibilidad de automatización e informatización de los análisis son algunas de las ventajas que de estas que se pueden enumerar sobre las tecnología convencionales (7).

Nutrición y producción animal

La mayoría de las biotecnologías utilizadas en el área de la nutrición y producción animal se basan en el uso de microorganismos, tanto naturales como obtenidos por vía recombinante, para modificar los patrones de digestión y procesamiento de los alimentos, fundamentalmente de los rumiantes. Por otra parte, un elevado número de productos procesados a través de

biotecnologías, se adicionan con frecuencia al alimento para incrementar la eficiencia de la producción animal.

Se utilizan nutrientes obtenidos a través de procesos de fermentación, tales como L-aminoácidos para corregir el balance de estas moléculas en las dietas (8), que son capaces de mejorar la digestibilidad de los pastos; cultivos microbianos para incrementar la calidad de los ensilados o de la propia digestión (alimentos probióticos y prebióticos)(9, 10), así como bacterias recombinantes que producen hormonas o enzimas específicas para mejorar el aprovechamiento de los diversos nutrientes (11); esto incrementa la disponibilidad de los mismos, mejora la digestibilidad de las macromoléculas y disminuye los factores antinutricionales, con la propiedad adicional de contribuir a la reducción de la contaminación ambiental.

Como suplemento en la alimentación animal, se usan también proteínas celulares simples que constituyen la biomasa de los microorganismos, que han sido obtenidas por procesos de cultivo *in vitro* a gran escala; también se utilizan ionóforos, compuestos con la propiedad de traslocar iones a través de membranas biológicas, que provocan un gradiente de iones transmembrana y ayudan a los procesos digestivos; productos de procesos de fermentación en estado sólido (tratamiento de materiales lignocelulósicos) para incrementar la digestibilidad y facilitar su hidrólisis enzimática (12), así como modificadores metabólicos recombinantes, ej. somatotropina, que estimula el crecimiento de los tejidos y la producción de leche. Todo esto permite el uso de dichos productos en dietas de monogástricos y rumiantes, particularmente en ganado bovino, por su efecto antimicrobiano.

Pero no todo es favorable en el uso de las biotecnologías en nutrición animal, mayormente por desconocimiento sobre los beneficios que estas pueden conllevar para las economías y ganaderías de los países en desarrollo. Así, no han sido suficientemente explotadas la fermentación en estado sólido, ni el uso de las hormonas, el cual ha sido limitado y tiene poca aceptación pública, a lo que se suma la carencia de concentrados adecuados y de buena calidad así como el bajo potencial genético de los rebaños locales (4). Este es un aspecto en que pudieran centrarse las estrategias de desarrollo de nuevos alimentos para la ganadería de países en desarrollo.

Otro aspecto en que el proceso de digestión de nutrientes en los rumiantes resulta muy interesante es la producción de metano en el rumen y su emisión al medio ambiente. Se conoce que aproximadamente el 23% de las emisiones globales se deben al metano, el cual tiene una gran contribución en la ocurrencia del

efecto invernadero. El 73% de estas emisiones tiene su origen en los gases producidos por la fermentación de los rumiantes, donde el 50% de la producción ganadera se encuentra en los países en desarrollo, cuyos forrajes son de baja calidad, lo que contribuye aun más a la liberación de metano por unidad de producción de leche o carne (13). Se sabe que la excreción de metano en el rumen representa del 8-10% de la energía consumida, según el tipo de dieta.

Para contrarrestar estos efectos existen una serie de opciones o alternativas como la inducción de procesos para la inhibición de la metanogénesis, el uso de dietas con ácidos grasos poli-insaturados, la vacunación contra metanogenes y el aumento de la síntesis microbiana usando purina como marcador. También a través del empleo de las biotecnologías se puede realizar la clasificación filogenética de los microorganismos del rumen, el análisis de las comunidades microbianas en diferentes ambientes, determinar la secuencia de genes en los mismos que son importantes para el metabolismo ruminal, así como la comparación y diferenciación de microorganismos muy similares (13).

Reproducción, genética y mejoramiento animal

El objetivo de utilizar biotecnologías ganaderas en el área de la reproducción animal está dirigido a intensificar el mejoramiento y la multiplicación de razas e individuos de calidad genética superiores, que conlleve a un incremento en el progreso genético de la especie o raza en cuestión. El empleo de técnicas moleculares permite la selección temprana y específica de individuos superiores, la introducción rápida de genes beneficiosos en una población particular y el mejoramiento genético basado en la selección de genes. La identificación del sexo de los embriones permite además, la preselección de individuos de uno u otro sexo según los objetivos de los programas de selección. Con el uso de estas herramientas se puede comprobar la eficiencia de las técnicas de reproducción, pues permiten verificar la efectividad de las pruebas de progenie y así como la identificación de los individuos según su huella genética (7). Pueden utilizarse marcadores moleculares del ADN para el mejoramiento genético, por medio de la selección con ayuda de marcadores situados junto a los genes de interés, así como para caracterizar y conservar los recursos zoogenéticos, con mucho éxito a través de la fertilización o producción de embriones *in vitro*, y la clonación por transferencia nuclear. Además, el desarrollo relativamente reciente de marcadores moleculares combinados con la bioinformática, ha abierto la posibilidad de la identificación de la variación genómica así

como de genes mayores para el mejoramiento genético del ganado (4).

La tecnología de ADN recombinante también ha tenido su influencia en el área de la reproducción, pues un simple cambio en la secuencia de ADN de un organismo puede causar grandes efectos en su fenotipo. Cuando se inserta un fragmento de ADN foráneo por técnicas de recombinación en la línea germinal de un organismo animal, se obtiene como resultado un animal transgénico que es capaz de transferir esos genes a su descendencia y permiten ser monitoreados a través de marcadores moleculares (14).

No obstante todas las ventajas que brinda el uso de estas herramientas, no se debe absolutizar sus aplicaciones pues por ejemplo, se ha utilizado con mayor énfasis la IA para el cruzamiento de razas locales con germoplasmas importados, que para potenciar los caracteres genéticos locales superiores, como pueden ser la adaptabilidad o resistencia a enfermedades, debido al escaso número de programas de identificación, registro y evaluación de los animales en países en desarrollo (4), lo que ha impedido en cierta medida la consolidación de los genotipos locales, que en muchas ocasiones poseen genes únicos y que no se reproducen adecuadamente. La generalización de animales transgénicos (o genéticamente modificados) o la propia clonación, además de ser sumamente caras para los países en desarrollo, implica que se pierda variabilidad genética en la población y por consiguiente, se crea una situación de riesgo sanitario frente a la imposibilidad de una respuesta adecuada ante una epidemia (15).

El mejoramiento genético implica la obtención de individuos más productivos que sus progenitores, más resistentes a enfermedades o más tolerantes a condiciones ambientales extremas, todo lo cual depende del objetivo trazado. Aquí los marcadores moleculares constituyen una herramienta moderna y poderosa, que aportan información valiosa sobre la estructura genómica de las diferentes especies y permiten conocer con exactitud la localización de genes controladores de caracteres de interés para la selección, por lo que se convierten en una herramienta fundamental para el análisis de genotipos y la selección de los mejores individuos (7). A través de la biotecnología se pueden caracterizar las poblaciones ganaderas y determinar los indicadores poblacionales de interés (ej. estructura genética, índices de consanguinidad, distancias genéticas, etc.), que constituyen la base para la realización de estudios de manejo y conservación de recursos zoogenéticos (16). Esta es una de las aplicaciones de las herramientas moleculares de mayor uti-

lización actualmente, que aunque aun está poco extendida entre los países en desarrollo, debe ser potenciada para contribuir al conocimiento y mantenimiento de nuestra biodiversidad (17, 18).

Biotechnologías en salud animal

La reacción en cadena de la polimerasa (PCR), la detección del polimorfismo de longitud de los fragmentos de restricción (RFLP: restriction fragment length polymorphism), basado en el uso de enzimas de restricción y la combinación de ambas técnicas (PCR-RFLP), se han convertido en herramientas casi indispensables en el diagnóstico de enfermedades. Estas metodologías ofrecen una elevada sensibilidad en la identificación de patógenos y se usan esencialmente cuando se trata de muestras con muy baja concentración de patógenos, o que son difíciles de reproducir en medios de cultivo (7).

Al referirnos a enfermedades de origen genético y por lo tanto heredables, las técnicas moleculares son sumamente útiles pues permiten la identificación de genes asociados a este tipo de patologías desde edades muy tempranas de desarrollo de los individuos, tanto como el estado embrionario, lo que propicia la selección de aquellos animales que sean verdaderamente sanos o trazar estrategias adecuadas para mantener bajo control las frecuencias de determinado alelo en una población o raza. En este caso se encuentran enfermedades tales como Deficiencia de Adhesión de Leucocitos en Bovinos (BLAD) y Malformación Vertebral Compleja (CVM), además del gen LIMBIN en bovinos, o el síndrome de estrés porcino (SSP) entre otras, las cuales no se presentan de forma aparatosa pues están determinadas por rasgos recesivos, pero que afectan tanto el desarrollo de los animales (la mayoría de los animales enfermos mueren a edades tempranas del desarrollo) como la producción, al permanecer individuos portadores en la población (19). Esto igualmente es válido para las enfermedades infectocontagiosas, pero en este caso, además del diagnóstico precoz, es posible identificar genes de resistencia a las mismas y manipular su segregación en la población dada. Podemos citar aquí, la obtención de vacas transgénicas que producen lysostafina en la leche, enzima capaz de romper la pared celular de *S. aureus*, proporcionando así resistencia a la infección causada por este microorganismo y por consiguiente, a la ocurrencia de mastitis (20).

Se han desarrollado metodologías para llevar a cabo estudios epidemiológicos a nivel molecular. Por ejemplo, al realizar el diagnóstico molecular de varios

microorganismos causantes de la mastitis bovina (*S. aureus*, *S. agalactiae* y *C. bovis*) se pueden determinar las relaciones epidemiológicas existentes entre los diferentes aislamientos de cada microorganismo, su posible origen incluso geográfico, así como las vías de diseminación en la población. Además, al conocer las características de resistencia o susceptibilidad a determinados antibióticos se puede sugerir una antibioterapia específica, incluso por animal (21), e inclusive dirigir los estudios de obtención de una vacuna altamente específica.

También, para la prevención de enfermedades, los veterinarios e investigadores se han auxiliado de las biotecnologías con el desarrollo de vacunas recombinantes, las cuales son producidas a partir de genes clonados por vías recombinantes (22, 23). Esta es una metodología que cada vez es más utilizada dadas las grandes ventajas que proporciona al control de enfermedades por su especificidad y con aplicaciones novedosas como el ADN desnudo, pero con accesibilidad limitada a los productores de escasos recursos; es una práctica adecuada para la prevención de innumerables enfermedades pero en estos países es reducida la producción de vacunas recombinantes, por lo tanto su uso es insignificante en los países en desarrollo.

Una técnica utilizada para el control de enfermedades transmitidas por insectos es la «técnica del insecto estéril» (TIE), que se basa en la introducción de insectos hembras estériles en la población salvaje. La esterilidad se produce realizando el cruzamiento de hembras con machos portadores de mutaciones dominantes letales inducidas por radiaciones ionizantes. Esta es una metodología amigable con el ambiente para el control de insectos y se utiliza usualmente como parte de los programas de manejo y control integrado de plagas (24, 25).

No obstante estos avances, en los países en desarrollo no se explotan adecuadamente estas tecnologías, debido fundamentalmente a que solo están disponibles en los grandes laboratorios de investigación y diagnóstico público más importantes. Las ventajas de incorporar elementos genéticos al manejo de enfermedades implican bajos costos iniciales y de mantenimiento además de la permanencia y consistencia del efecto una vez que la estrategia ha sido establecida, disminuyendo la contaminación ambiental al disminuir el uso de fármacos (26), lo que constituye un elemento imprescindible al considerar la estrategia de financiamiento relativa a las políticas sanitarias de los países en desarrollo.

BIOTECNOLOGÍAS PECUARIAS Y EL FUTURO DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL EN PAÍSES EN DESARROLLO

Mirando al futuro, la producción animal de los países en desarrollo aun hoy tiene problemas no resueltos en los cuales pudiera ser determinante la introducción de las biotecnologías ganaderas. Con el movimiento de animales vivos, de productos de origen animal y piensos, así como la creciente interacción hombre-animal, han surgido nuevas situaciones de riesgo para las producciones pecuarias y para el mantenimiento de la salud animal. Esta es un área donde la biotecnología representa una herramienta fundamental por las posibilidades que brinda en el diagnóstico, la epidemiología y el desarrollo de vacunas, donde se deben tener en cuenta enfoques novedosos, como la interacción huésped-hospedero. Así, existen cuestiones de vital importancia en el sector ganadero, como aquellas relacionadas con el cambio climático y la adaptación a los nuevos ambientes, sobre las cuales la biotecnología ganadera puede incidir para contribuir a la mitigación del impacto ambiental (27, 28).

Existen opciones para la implementación en mayor medida de estas tecnologías en los países en desarrollo, que pueden servir de base a la toma de decisiones en este sentido. Deben basarse en las tecnologías convencionales que ya se explotan en cada territorio, lo que garantiza un nivel básico de capacidad técnica e infraestructura. Debe existir la integración entre los diversos componentes que gerencian la producción pecuaria y la comercialización, lo cual contribuirá al establecimiento de programas nacionales de fomento ganadero, que sin dudas serán la garantía de la seguridad alimentaria para el usuario final de estas tecnologías: los propios ganaderos y agricultores de pocos recursos económicos y poder adquisitivo limitado, lo que implica el diseño de modelos apropiados que garantizar que puedan acceder a estas tecnologías (4). Por supuesto, esta estrategia nunca será exitosa si no se combinan los servicios veterinarios nacionales con una gestión adecuada y con los mercados organizados, con la consiguiente cooperación entre organismos públicos e intergubernamentales, todo sobre la base de una capacitación adecuada y la extensión oportuna de las técnicas.

A pesar de que la implementación de estas tecnologías requiere de recursos, esfuerzos y personal calificado, es innegable que el uso de las biotecnologías ganaderas en los países en desarrollo puede contribuir al incremento de la productividad animal y a mejorar la gestión de la salud animal, lo que permitirá realzar los

medios de vida de los ganaderos y agricultores y a garantizar la seguridad alimentaria.

REFERENCIAS

1. FAO. Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options, 2006, edited by H. Steinfeld, P. Gerber, T. Wassenaar, V. Castel, M. Rosales & C. de Haan.
2. OIE. OIE Bulletin [en línea] 2007 [fecha de acceso septiembre 2010], number 4. URL disponible en www.oie.int/eng/publicat/BULLETINpercent20PDF/Bullpercent202007-4-ENG.pdf.
3. World Bank. Minding the stock: Bringing public policy to bear on livestock sector development, Report No. 44010-GLB, 2009.
4. FAO. Agricultural biotechnologies in developing countries: Options and opportunities in crops, forestry, livestock, fisheries and agro-industry to face the challenges of food insecurity and climate change (ABDC-10). FAO International Technical Conference, Guadalajara, Mexico, 1-4 March 2010.
5. FAO. World Agriculture: Towards 2015/2030. [en línea] 2002. [fecha de acceso 2 de septiembre de 2010]. URL disponible en [ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/004/y3557e/y3557e.pdf](http://ftp.fao.org/docrep/fao/004/y3557e/y3557e.pdf)
6. CDB (Convenio sobre Diversidad Biológica). United Nations Treaty Series. [en línea] 1993 [fecha de acceso 30 Marzo 2010] Col 1760. I-30619, 226-253. URL disponible en <http://www.cbd.int/doc/legal/cdb-un-es.pdf>
7. Uffo O, Sanz A, Martínez S. Aplicación de marcadores moleculares en ganadería, [en línea] 2000 [fecha de acceso 15 de julio de 2010]. URL disponible en <http://www.monografias.com/trabajos37/marcadores-moleculares/marcadores-moleculares.shtml>.
8. Leuchtenberger W, Huthmacher K, Drauz K. Biotechnological production of amino acids and derivatives: current status and prospects. Appl. Microbiol. Biotechnol. 2005;69:1-8.
9. Patterson JA. Prebiotic Feed Additives: Rationale and Use in Pigs. Adv. Pork Prod. 2005;16:149.
10. Krehbiel CR, Rust SR, Zhang G, Gilliland SE. Bacterial direct-fed microbials in ruminant diets:

- Performance response and mode of action. *J. Anim. Sci.* 81(E. Suppl. 2) 2003: E120-E132.
11. Deng D, Chen YJ, Deng YL. Exploitation and utilization of enzyme and microecological products. *Jiangxi Feed* 2008;1: 15–26.
 12. Maerz U. World Markets for Fermentation Ingredients. [en línea] 2005 [fecha de acceso 30 de marzo de 2010] BCC Research Report. URL disponible en www.bccresearch.com/report/FOD020B.html).
 13. Forero C. Biotecnología animal: Estado del arte, riesgos y beneficios. Taller de Bioseguridad Agropecuaria, CIAT, 4-6 octubre de 2004, Colombia.
 14. Mapletoft RJ, Hasler JF. Assisted reproductive technologies in cattle: a review. *Rev. Sci. Tech. Off. int. Epiz.* 2005;24:393-403.
 15. Niemann H, Kues WA. Transgenic farm animals: an update. *Reprod. Fertility Dev.* 2007;19:762-770.
 16. Uffo O. Aplicación de los marcadores moleculares al estudio de la biodiversidad del ganado bovino cubano. (Tesis doctoral). CENSA, La Habana, Cuba. 2003.
 17. MacKenzie AA. Applications of genetic engineering for livestock and biotechnology products [en línea] 2005 [fecha de acceso 20 de Julio de 2010] Technical Item II, 73rd General Session, Paris, International Committee, OIE. URL disponible en <ftp://ftp.fao.org/codex/ccfbt5/bt0503ae.pdf>.
 18. Perera BMAO, Makkar HPS. Gene-based technologies applied to livestock genetics and breeding. In H.P.S. Makkar & G.J. Viljoen, eds, *Applications of gene-based technologies for improving animal production and health in developing countries*, 2005. pp. 3-6. The Netherlands, Springer Publishing Company.
 19. Uffo O, Acosta A. Molecular diagnosis and control strategies for the relevant genetic diseases of cattle. *Review. Biotecnología Aplicada*, 2009;26:204-208.
 20. Wall RA, Powell AM, Paape DE, Kerr DD, Bannerman VG, Pursel, et al. Genetically enhanced cow resistant intramammary *S. aureus* infection. *Nature Biotechnology*, 2005;23:4:445-451.
 21. Peña J, Uffo O. Primer reporte en Cuba de variación genotípica de *Staphylococcus aureus* aislado de leche bovina. Short Communication. *Rev. Salud Animal*, 2010. en prensa.
 22. Pasick J. Application of DIVA vaccines and their companion diagnostic tests to foreign animal disease eradication. *Anim Health Res Rev.* 2004;5:257-262.
 23. Willadsen P. Vaccination against ticks and the control of ticks and tick-borne disease. En *Applications of gene-based technologies for improving animal production and health in developing countries*, H.P.S. Makkar & G.J. Viljoen, eds. 2005. pp. 313-321. The Netherlands, Springer Publishing Company.
 24. Robinson AS. Genetic basis of the sterile insect technique. En *Sterile Insect Technique. Principles and Practices in Area-Wide Integrated Pest Management*, V.A. Dyck, J. Hendrichs & A.S. Robinson, eds, 2005. pp. 95–114. Dordrecht, The Netherlands, Springer Publishing Company.
 25. Vargas-Terán M, Hofmann HC, Tweddle NE. Impact of screwworm eradication programs using the sterile insect technique. En *Sterile Insect Technique. Principles and Practices in Area-Wide Integrated Pest Management*, V.A. Dyck, J. Hendrichs and A.S. Robinson, eds, 2005. pp. 629-650. Dordrecht, the Netherlands, Springer Publishing Company.
 26. Miquel MC. Reflexiones sobre enfoques de la investigación en mejoramiento animal en un nuevo escenario mundial. *Rev. Argentina Producción Animal.* 2005;25:153-165.
 27. Madan ML. Animal biotechnology: applications and economic implications in developing countries. *Rev Sci Tech Off Int Epiz.* 2005;24(1):127-139.
 28. Hodges J. Role of international organizations and funding agencies in promoting gene-based technologies in developing countries. En *Applications of gene-based technologies for improving animal production and health in developing countries*, H.P.S. Makkar & G.J. Viljoen, eds, 2005. pp. 18-21. The Netherlands, Springer Publishing Company.

(Recibido 20-6-2010; Aceptado 15-12-2010)