



## CONFERENCIA N° 07

# LA BIOTECNOLOGÍA EN LA NUTRICIÓN DEL RUMIANTE Y SUS IMPLICACIONES PARA LA SOBERANÍA ALIMENTARIA

Néstor E. Obispo

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.  
Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias  
Laboratorio de Biotecnología del Rumen

[nobispo@inia.gob.ve](mailto:nobispo@inia.gob.ve)

Maracaibo, septiembre de 2008

Biotecnología es un término de desarrollo científico moderno, difícil de conceptualizar por el arreglo multidisciplinario que tiene. Pero lo que más entusiasma, es el saber que es una tecnología de avanzada, no sólo para las ciencias médicas, sino para el desarrollo agrícola, que nos va a permitir por ejemplo aumentar, a pasos más rápidos, el rendimiento y la calidad nutricional de los productos biológicos. Con estas herramientas, los cambios científicos y tecnológicos se hacen con menor grado de incertidumbre y con lo que se podrá incrementar la cantidad y calidad de los alimentos que requieren los pueblos.

La biotecnología animal involucra esfuerzos de todos los actores en la cadena agrícola. La producción masiva de proteína animal es un proceso complejo que afecta el planeta. Cuando tenemos una siembra de pocas plantas de maíz en nuestras casas, esa actividad la desarrollamos sin mucha dificultad, pero cuando intentamos masificar esta producción de maíz, ocurre que empezamos a afectar los ecosistemas naturales y aparecen diversos problemas que dificultan el proceso productivo y con efectos locales al ambiente que a la larga afectan todo el planeta.

Diferentes grados de biotecnología se han venido descubriendo y desarrollando a través de los años, muchas veces por eventos fortuitos, al observarse los procesos y fenómenos que ocurren en la naturaleza. Desde la antigüedad, el hombre ha utilizado a seres vivos (levaduras) y a sus subproductos, para la transformación y obtención de productos y alimentos fermentados. La utilización de organismos vivos como las levaduras y bacterias amigas para la fabricación de pan, pastas y yogurt, entre otros son ejemplos sencillos de la aplicabilidad de la biotecnología.

Ahora, estamos manipulando el ácido desoxirribonucleico (ADN), donde está la información genética de los seres vivos. Esto implica que la biotecnología ha avanzado sobre aspectos que no conocíamos hasta el desarrolló la biología molecular y que han facilitado el estudio y desarrollo de nuevos procesos. Por ejemplo, en México, se desarrolló una especie de gallina modificada genéticamente para producir unos pollitos en cuyas células se aloja un virus que



transforma esas células y las capacita para producir insulina. La insulina, de alguna manera, la hemos producido a través de la modificación bacterias. Otras veces, desarrollamos experimentos y técnicas de biología molecular donde obtenemos animales genéticamente modificados que nos permiten utilizarlo como modelos para el estudio de determinadas enfermedades que afectan a la salud de los seres humanos, por ejemplo, en el caso de niños que sufren del Síndrome de Down, utilizamos ratones para hacer estudios sobre el uso de algunos aminoácidos. Otro caso se observa en lo que ha ocurrido con la manipulación genética del pollo parrillero, antes tardaba entre 3 y 4 meses para el beneficio y, hoy en día, en menos de seis semanas esta puesto en el mercado.

Como vemos, el ámbito de la biotecnología es extenso, abarcando desde las técnicas tradicionales muy conocidas como el caso al de la fermentación de alimentos hasta las técnicas modernas de manejo y manipulación del ADN, la ingeniería genética, la producción de anticuerpos monoclonales o las nuevas vacunas, nuevos medios de cultivos de células y tejidos, los cuales son importantes para realizar diferentes tipos de estudios en la industria farmacéutica, de la fermentación, técnicas de inseminación artificial y trasplante de embriones.

## **APLICABILIDAD DE LA BIOTECNOLOGÍA ANIMAL**

Mucho de las aplicaciones en biotecnología son prometedoras y, muchas, surgen del proceso productivo en el intento de garantizar la salud animal. Un ejemplo de ello lo tenemos en la reproducción asistida o técnica de inseminación artificial o en el caso de la nanotecnología que nos permiten hacer diagnósticos y tratamientos inteligentes. La producción de vacunas mejoradas y técnicas de diagnóstico mucho más sofisticadas nos permite detectar enfermedades en humanos y animales de una manera mucho más rápida y precisa. Un campo de



gran proyección es el de las aplicaciones en la microbiología, específicamente, en las transformaciones que ocurren en la digestión de la fibra por los rumiantes.

La biotecnología no es fácil de realizar o de poner en práctica, particularmente en agricultura. Sin embargo, en el desarrollo de las nuevas técnicas biológicas, hay que tener la seguridad de que estas hayan sido completamente evaluadas, y de que se van a usar con responsabilidad. Es decir, hay que considerar aspectos que se enmarcan en el campo de la ética, a fin de evitar daños que pudieran ser irreversibles o catastróficos.

### **¿CÓMO SE HAN VENIDO HACIENDO SIN LA BIOTECNOLOGÍA Y CÓMO VAMOS A HACERLO?**

Desde la antigüedad, en la reproducción de rebaños los productores, han sido capaces de detectar aquellos animales que sobresalen de alguna manera dentro del proceso productivo, es decir es capaz de apreciar las características fenotípicas o rasgos particulares. Estos animales así identificados han sido utilizados para los apareamientos. Cruzan estos animales, y cuando aparecen los signos de deterioro en la condición que se trata de mantener, entonces se recurre al mestizaje. Intuitivamente el hombre ha sabido que hay factores genéticos que afectan el proceso de mejoramiento.

Con la biotecnología, los productores, conjuntamente con los técnicos y, a través de los registros e información de producción de la finca, planifican y dirigen el proceso de reproducción, al igual como lo hacían antes, pero de una manera mucho más organizada. Ahora la biotecnología se concentra en los rasgos deseados y acelera la mejora genética. Con las herramientas biotecnológicas se puede identificar la(s) porción genómica deseada y entonces realizar fecundaciones *in vitro* y multiplicaciones de una manera mucho más rápida. Esto permite acortar el intervalo generacional. Con la inseminación artificial y la transferencia de embriones, podemos dirigir nuestros procesos de cruzamiento hacia adonde queramos, con el fin de producir más y de mejor calidad en menor



tiempo. Sin embargo, debemos considerar las consecuencias que puede tener el manipular material genético. Tenemos que ser cuidadosos en este tipo de investigaciones porque puede darse el caso de que en el intento de manipular el genoma cometamos errores los cuales no se observan con frecuencia el proceso natural. Como estamos interviniendo y acelerando los procesos, puede ocurrir que estemos creando situaciones o productos que no son los más idóneos para la naturaleza. Nuestro sentido común y criterio ético-humanístico debe estar por delante cuando hacemos este tipo de cosas.

Hasta el momento se producen en el mundo aproximadamente unos 500.000 embriones, quiere decir que todavía no hemos llegado a la masificación demandada, a pesar de que se produce esta cantidad. Aproximadamente 15 millones de bovinos son generados en el mundo a través de técnicas *in vitro*.

Las técnicas moleculares nos han permitido sexar y orientar ese sexaje hacia la producción de leche o carne. El futuro de estas técnicas es muy halagador y, hoy en día, aunque estas técnicas parecen simples, han costado muchos estudios de ciencia y esfuerzo humano.

## LA NANOTECNOLOGÍA

Por otro lado, con la nanotecnología ahora podemos ir dentro de los organismos para entender y manejar mejor el diagnóstico y la terapéutica. Se preparan partículas en la escala ultramicroscópica ( $10^{-9}$  metros) y se colocan en el interior de los organismos o en células específicas, y así se estudian las características físicas, químicas y biológicas de la materia. Anteriormente, sólo podíamos observar mediante un microscopio las células, sus partes y algunos microorganismos. La nanotecnología nos está permitiendo el desarrollo de una cantidad herramientas que han revolucionado la producción agropecuaria del mundo entero. En verdad, son técnicas que se están desarrollando más en el



estudio para los seres humanos, pero a través de estudios que hacemos en animales los cuales son utilizados como conejillos de indias. A través de ésta tecnología podemos dirigir estudios para detectar células cancerígenas y destruirlas, sin los efectos secundarios que producen la radioterapia y la quimioterapia. Para el tratamiento y detección de enfermedades, creación de nuevas herramientas en biotecnología molecular, seguridad de sistemas de producción agrícola, nuevos instrumentos para detectar patógenos y protección al medio ambiente.

Es posible hoy día la introducción en el torrente sanguíneo de nanocápsulas e ir a los tejidos de los animales para localizar y destruir células específicas. Evidentemente, estamos a unos años de que estas tecnologías sean completamente seguras para su uso en humanos, pero los comienzos y los avances son bien promisorios. Igualmente, se han utilizado nanopartículas en la producción de fármacos. Es razonable pensar que en los próximos años la nanotecnología aportará novedades sin precedentes en la revolución de la sanidad humana y animal.

## LA PRODUCCIÓN DE VACUNAS Y EN EL DIAGNÓSTICO VETERINARIO

Sabemos que en la actividad veterinaria, la prevención de las enfermedades infecciosas, control y erradicación, mucho se logra a través de la aplicación de vacunas, las cuales desarrollamos, manipulando los organismos o agentes patógenos. Estos agentes, los manipulamos a través de técnicas convencionales de cultivos en el laboratorio, producción de extractos microbianos, inoculación de animales vectores, entre otras técnicas. Con la aparición de la biotecnología y todos los conocimientos que ella cobija, se ha logrado que el enfoque de la producción de vacunas sea ahora de una manera diferente. Como vimos, en lo convencional tomamos los materiales antigénicos o sus toxinas para producir determinados sueros y desarrollar la capacidad inmunitaria activa o



pasiva — pero siempre existen riesgos. En la línea de procesamiento de estos productos por ejemplo se compromete la salud y la vida de los individuos que manipulan estos elementos.

Con la nanotecnología se cambia ese riesgo, ¿cómo lo hace la biotecnología? Ahora hay muchas maneras de tratar un material antigénico, en este caso, con las vacunas recombinantes se aíslan los elementos patógenos a través de un proceso de extracción de sus elementos moleculares, se colocan en un transportador o plásmido, el cual es colocado en otra célula para producir y generar proteínas y es lo que inoculamos como una vacuna. En este caso no hay la presencia del ente patógeno como tal, sino que una parte de ese organismo fue tomada y colocada en otro organismo al igual como se hace con las vacunas, pero ahora se genera suficiente cantidad de proteínas que actúan como vacuna para desarrollar esa inmunidad que buscamos. De esta forma, evitamos el riesgo de manipular y estar en contacto con los organismos altamente patógenos y evitar accidentes y, por otro lado, estamos mucho más seguros de que lo aplicamos da la capacidad antihigiénica deseada.

La producción de kits para el diagnóstico de enfermedades y de organismos patógenos es otra actividad donde la biotecnología es usada y que brinda oportunidades importantes para el desarrollo de ganaderías seguras y saludables. Actualmente, en el caso de la brucelosis, utilizamos, entre otras, la técnica de fijación de complemento, utilizando la sangre de los animales. Con el uso de un Kit de diagnóstico específico se sobreponen las fallas de la prueba convencional y existe menos posibilidad de obtener falsos positivos. A través de la técnica y el desarrollo de estas herramientas para diagnósticos podemos ser mucho más específicos y detectar los problemas que tenemos en una unidad de explotación. Con el uso de la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y las técnicas de inmunofluorescencia, podemos dar un diagnóstico mucho más rápido de un problema o un cuadro que esté ocurriendo en una unidad de explotación.

Es importante destacar el desarrollo de tecnologías y herramientas para la detección de organismos genéticamente modificados que, en un momento dado, pueden causar algún problema en los rebaños. Los organismos que han sido modificados, que sabemos son manipulables de alguna manera u otra, hay que hacerle trazabilidad, lo que significa ubicarlo hacia dónde se va moviendo, dónde está ese genoma que hemos modificado para que desde un momento dado podamos decir dónde estamos y a qué atenernos con la responsabilidad que corresponda.

## LA ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN DE LOS RUMIANTES

Cuando consideramos los aspectos que tocan al campo de la nutrición de los rumiantes, entendemos la importancia de este grupo de animales de interés zootécnico, los cuales son capaces de procesar componentes vegetales que no son consumidos por otros mamíferos, los carbohidratos estructurales (fibra). Los rumiantes, a través de los procesos evolutivos, desarrollaron relaciones de vida con microorganismos los cuales los capacitaron para utilizar la fibra como alimento, es decir desarrollaron de alguna manera su “fabrica de alimento”. Ellos comen el forraje para ser transformado por la microbiota del rumen en sustancias que son la fuente de energía para el animal y para la síntesis microbiana, las células microbianas son una excelente fuente de proteínas para el animal. Sin embargo, los procesos que realizan la microbiota ruminal son, en cierta manera, ineficientes. En la degradación del pasto se producen los ácidos grasos volátiles, proteína microbiana y gases. Dentro de estos gases, algunos son contaminantes del ambiente tales como el CO<sub>2</sub>, el metano y el óxido nitroso.

En el campo del estudio de la nutrición de estos animales, estamos interesados que el proceso de degradación sea lo más eficiente posible desde el punto de vista de su transformación en producto. ¿Cómo vemos este proceso? La actividad de producción con animales se basa en que mientras más comen, y en





la medida que mejora la calidad del alimento, se produce más carne, leche y otros subproductos aprovechables. Nos enfocamos en la idea de estudiar el ecosistema ruminal para mejorar la degradación de la fibra consumida a fin de que el animal sea capaz de producir más y en menor tiempo y con menor daño al ambiente (con menos desperdicio).

## ¿QUÉ SE HA HECHO?

Hasta ahora hemos realizado muchos experimentos basados “prueba y error”, hasta mediados del siglo pasado habíamos evaluado la alimentación del ganado sin abordar mucho de lo que estaba pasando en el rumen. Por experimentos *in vitro* conocimos de los microorganismos que podíamos cultivar por las técnicas anaeróbicas conocidas, o *in vivo* a través de animales preparados para tales fines, lo que nos permite abordar el interior de este órgano, tomar muestras de su contenido y colocar materiales dentro del mismo para evaluar la dinámica de los procesos que allí ocurren. Igualmente, nos permite, a través de técnicas convencionales, tomar bacterias o microorganismos de este órgano y estudiarlos *in vitro*. Las llevamos al laboratorio, preparamos medios de cultivo anaeróbicos, con los que tratamos de imitar al ambiente ruminal, desarrollamos estos organismos y los estudiamos. Así, de manera directa e indirecta, hemos venido entendiendo de los procesos que ocurren en este ecosistema, aunque en la realidad es muy difícil poder imitar todo el tiempo las condiciones variantes de este órgano.

Las técnicas convencionales para estudiar el rumen, son por lo tanto limitadas en su alcance, surgiendo interrogantes de si el desarrollo de la microbiología anaeróbica es suficiente para hacer una interpretación concisa de los complejos procesos fermentativos. Hasta hoy, se han aislado centenares de organismos, sobre los cuales tenemos dudas de si son las más activos



representantes, capaces de que sobrevivir en estas condiciones tan particulares; no obstante, con los conocimientos que han surgido del estudio de estas representaciones se han desarrollado nuevas técnicas de alimentación, incorporado fuentes alternas de nitrógeno y energía a la dieta y logrado una mayor comprensión de los más destacados procesos fermentativos, dinámica microbiana y otros procesos metabólicos que ocurren en este órgano y en el animal como un todo.

### ¿CUÁL ES EL FUTURO?

Ahora la biotecnología y la bioinformática nos abren oportunidades diferentes con la cual podremos ubicar y entender con mayor claridad lo que pasa en el rumen, con su microbiota y con los procesos desde el punto de vista molecular. Ahora es posible, entre otras, con la técnica del PCR y del uso de marcadores moleculares, caracterizar y cuantificar la diversidad existente en el ecosistema de una manera más precisa y mucho más rápida. Con el uso de marcadores podemos entender aún más sobre los procesos fermentativos y la dinámica de los nutrientes; cosa que hacíamos antes con muchas pruebas de ensayo y error. Tomábamos el animal, le dábamos un alimento, este hacia su tránsito por todo el tracto digestivo y al final recogíamos las excretas y luego determinábamos cuántos nutrientes eran utilizados por el animal. Hoy en día simplemente ponemos un marcador, un trazador, usamos algunas técnicas más sofisticadas. Podemos monitorear y hacer un seguimiento hacia dónde va una molécula en particular. Por otro lado, sin dejar las técnicas convencionales, podemos identificar los organismos más activos y manipularlos genéticamente. En algunos países se han desarrollado vacunas para manipular las poblaciones microbianas en el rumen. En Australia se desarrolló una vacuna para actuar contra las archaeobacterias del rumen, con lo cual se intenta disminuir la población de este grupo formador de metano en este órgano.



Estamos en una época de alerta ante los cambios climáticos y de la naturaleza como un todo, donde debemos considerar que la actividad humana como tal es de hecho contaminante. La emisión de gases invernaderos en las actividades productivas con ganado de carne y leche la podemos destacar con el caso de Nueva Zelanda, en este país hay cerca de 16 millones de ovejas, imaginemos que tenemos 16 millones de ovejas eructando, y esos eructos liberan gas metano. Igualmente ocurre con los 300 millones de vacunos de la India. Hay que acotar que el metano no es el único gas de tipo invernadero en el mundo, pero es el que requiere de mucho más tiempo en degradarse en el ambiente. Estos gases por efectos de la actividad humana se están produciendo a una tasa mucho más alta. Es así, como a través de la microbiología y la biotecnología del rumen, también intentamos proteger el ambiente.

La biotecnología animal abre nuevos caminos para mejorar las condiciones zoonosológicas de las fincas, elevar la cantidad y calidad de producción de los alimentos, garantizar desarrollos agrícolas sostenibles en armonía con el medio ambiente. El progreso en la lucha contra las enfermedades y la posibilidad de diagnóstico traen consigo la esperanza de que se den cambios positivos en todos los niveles, desde las etapas de desarrollo hasta el plato del consumidor, pasando por el proceso de producción agrícola.

## BIOTECNOLOGÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

Muchos son los avances que han ocurrido a nivel global en los últimos 20 años, los cuales han sido constantes y trascendentales. Los avances han sido, obviamente, mayormente hacia las ciencias de la salud, donde se ha abocado la mayor inversión económica. Sin embargo, aunque de una forma colateral, estos avances en la biotecnología de la salud han encontrado aplicación en los ámbitos de lo medioambiental o en la alimentación. La seguridad agroalimentaria no



escapa de esta tendencia, de manera que la investigación y las empresas biotecnológicas están dedicando cada día más inversión a esto. Cuando entendemos que la seguridad alimentaria involucra tener alimento para todos en todo momento y que ese alimento debe ser inocuo y con calidad nutritiva para satisfacer las necesidades nutritivas de los pueblos en todo momento para llevar una vida sana y activa, es cuando entendemos la importancia que tienen los rumiantes en el contexto de este concepto. La misma posibilidad de que podemos producir proteínas y otros productos con estos animales que pueden manejarse económicamente en base a la conversión de forrajes en forma armónica con el ambiente, es una posibilidad de futuro. Por otro lado, al dejar mucho de las fuentes energéticas como los cereales para los seres humanos es una carta aval para que se incremente la explotación de estas especies.

A través de los años hemos entendido mucho de la cría de estas especies, las cuales nos han acompañado desde el inicio de las actividades humanas. Ahora con los grandes adelantos de la época, el futuro se avizora más prometedor, sobre todo por las posibilidades de aparear los recursos disponibles con eficiencia y por ende con menor daño ambiental, de manera tal que los recursos puedan perdurar en el tiempo.

Finalmente, es importante recordar que el uso de las herramientas biotecnológicas en el desarrollo de nuestras ganaderías ha de contemplar siempre los principios de la ética y sentido humanista. Las consecuencias de cometer errores podrían ser catastróficas. Ahora podemos mejorar desde el punto de vista de la productividad de manera más rápida la calidad de los animales por manipular su ADN, introducir organismos modificados en el rumen o desarrollar productos específicos para manipular el ecosistema ruminal en la búsqueda de aliviar la emisión de gases contaminantes al ambiente. Todo eso se está logrando a una velocidad que se escapa de nuestra capacidad de asimilación. Con la biotecnología se abre una avenida más para lograr niveles aceptables de

seguridad y soberanía alimentaria, sin embargo, para lograrlo se requieren cambios en los paradigmas. Hay que orientar y educar para que esto sea posible.

## REFERENCIAS

- FAO 2004. El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación. 2003-2004. Roma, 2004
- Gonzales-Rumayor V., O. Ruiz-Galan, E. García-Iglesias, y M. Vega-García. 2005. Aplicaciones de la Biotecnología en Seguridad Alimentaria. E. Silva (ed.), Genoma España, Sector Agroalimentario. 94 pp.
- Hobson P.N. y C.S. Stewart. 1998. The Rumen Microbial Ecosystem. Blackie Academic & Professional, New York. pp 719.
- Moss A. R., J.P. Jouany y J. Newbold. 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. *Ann. Zootech.* 49:231–253.
- Wright A.D.G., Kennedy P., O'Neill C.J., Toovey A.F., Popovski S., Rea S.M., Pimm C.L., Klein L. 2004. Reducing methane emissions in sheep by immunization against rumen methanogens. *Vaccine*, 22 (29-30), pp. 3976-3985.
- Wright Andre-Denis. 2005. Manipulating rumen protozoa to reduce greenhouse gasses and increase animal productivity. *En: Primer Curso Internacional Sobre Avances en la Nutrición de los Rumiantes 2005.* pp. 119-132.

