



## Nutrición animal I

El incremento demográfico, el aumento de los ingresos y la urbanización inducen un notable crecimiento de la demanda mundial de alimentos, entre ellos los de origen animal, que aportan un alto contenido de proteínas a la dieta humana. A su vez, un incremento en el consumo de proteína animal requiere una constante mejora en la eficiencia de la alimentación animal, y un aumento en la producción de granos, lo que impone exigencias elevadas a los sistemas agrícolas.

Desde hace varios años se vienen realizando mejoras genéticas a través de cruzamientos selectivos en los animales. Esto ha conducido a un significativo incremento en los requerimientos nutritivos de esos animales, que no son cubiertos totalmente por los cultivos actuales, ya que la selección para mejorar la productividad de las plantas se ha focalizado primariamente sobre el rendimiento por superficie. Es decir, mayor productividad en menor superficie. Así, los criadores de plantas y de animales han ido aumentando, sin advertirlo, la brecha entre las necesidades animales de incremento nutricional y la capacidad de los cultivos alimentarios de cubrir esas necesidades. Se calcula que en 2020 los países no desarrollados dedicarán el 26% de la producción de cereales a la alimentación animal; mientras que este porcentaje alcanzará el 60% en los países desarrollados.

### Mejoramiento vegetal para la alimentación animal

A partir de los avances en genética y en biotecnología ha sido posible imaginar caminos alternativos de mejoramiento en alimentación animal dirigidos a que los vegetales en sí elaboren productos más nutritivos. De esta forma, la producción vegetal cambia el rumbo hacia cultivos con valor agregado, de *commodities* a *especialities* (ver Cuaderno N° 82).

En tal sentido, distintos institutos de investigación del mundo están trabajando en obtener mejoras en la calidad y contenido de los nutrientes producidos en las plantas (ácidos grasos, proteínas, carbohidratos, vitaminas, antioxidantes y minerales), así como también mejoras en la digestibilidad de los alimentos (especialmente de las fibras y almidón) y mayor energía metabolizable (contenido de aceites) con disminución de factores antinutricionales. De esta forma, los procesos de nutrición y sistemas de producción animal, buscan suplementar las raciones animales de manera que alcancen las mejoras introducidas en los cultivos a través de la biotecnología (ver Cuaderno N° 17, 27, 66).

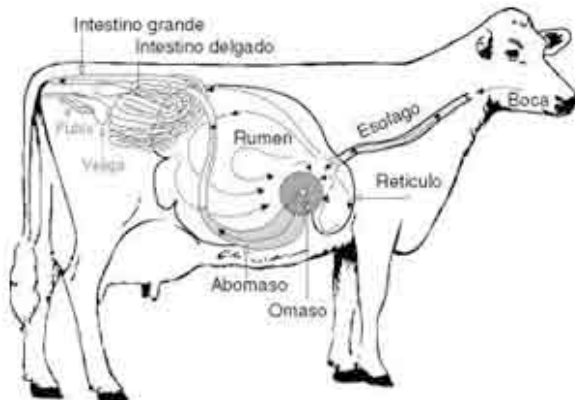
---

El Cuaderno de Por Qué Biotecnología es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso.



## Sistemas de producción animal

La ganadería aplicada a la producción de alimentos se limita principalmente a la cría de un pequeño número de especies de mamíferos rumiantes (bovinos, ovinos, caprinos) y monogástricos (porcinos, conejos y aves), y de peces, crustáceos y mariscos.



Los rumiantes son aquellos animales que poseen un estómago con varios compartimentos. Digieren los alimentos en dos etapas, primero los consumen y luego realizan la rumia, la cual consiste en regurgitar el material semidigerido y volverlo a masticar para deshacerlo y agregarle saliva. Por el contrario los monogástricos poseen un estómago con un único compartimento.

Los sistemas pastoriles constituyen el principal sistema de producción animal extensivo y se basan en la capacidad de los rumiantes para aprovechar los forrajes fibrosos y transformarlos en tejido (carne). De esta forma el ser humano puede conseguir un alimento de alta calidad biológica a partir de materiales que no puede consumir directamente.

Sin embargo, la cría y engorde del ganado en sistemas pastoriles es una opción posible en países con grandes extensiones territoriales, como Brasil, Argentina, Australia o Nueva Zelanda. Actualmente muchos productores mantienen sistemas pastoriles de producción y realizan adición de suplementos dietarios para completar la nutrición y favorecer el engorde de los animales.

En el otro extremo, se encuentra el sistema de producción animal intensivo o *Feedlot* donde el total del alimento consumido es suministrado diariamente por el ser humano. Es una tecnología de producción basada en el confinamiento de los animales y dietas de alta concentración energética (generalmente basadas en maíz) y alta digestibilidad. Se busca que la alimentación sea la más ajustada posible para producir la mayor cantidad de carne en el menor tiempo y al menor costo posible, maximizando la ganancia diaria. Por otro lado, de esta manera también se está dando valor agregado a cultivos como el maíz, convirtiendo proteína vegetal en proteína animal, la cual es de mayor valor

---

El Cuaderno de Por Qué Biotecnología es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso.



biológico. La tecnología de *feedlot* puede adaptarse y acoplarse a un sistema pastoril, y constituir así un sistema semi-intensivo de engorde o *terminación a corral*.

### Fuentes de alimento para animales

El tipo de alimentación proporcionado al ganado depende del animal (rumiante o monogástrico), del sistema de producción adoptado por el productor (intensivo, extensivo, semi-intensivo) pero además del objetivo de producción del animal: carne, leche, lana.

El grano de maíz es la fuente preferida de energía para sistemas de producción de ganado. Se calcula que, del total de maíz producido a nivel mundial, un 75% es usado para dietas de monogástricos y el resto para rumiantes. La soja domina la producción mundial de oleaginosas y es a menudo el suplemento proteico preferido en la producción de ganado. Un 97% de los coproducidos (expeler, pellet) son usados para alimento animal tanto para rumiantes como para monogástricos.

Alimentación de rumiantes: las dietas contienen cantidades variables tanto de forraje fresco (pasturas) como de forraje conservado (*heno* o *silaje*) en combinación con granos, o concentrados y residuos agroindustriales. Durante las estaciones seca o fría, los recursos forrajeros son preservados en forma de heno o silaje, lo que asegura la alimentación regular continuada del ganado, ya sea para sostener el crecimiento, el engorde o la producción de leche, como para continuar la producción en períodos difíciles cuando los precios del mercado son más altos. Simultáneamente mediante estas técnicas se permite liberar tierras aptas para la agricultura, mejorando de esta manera la rentabilidad de los sistemas productivos.

La diferencia fundamental entre un sistema de conservación de forraje y otro, radica en que en el silaje se realiza la conservación por vía húmeda a diferencia de la henificación (fardo o rollo) donde la conservación del material se produce a partir de una deshidratación previa. El henolaje es un sistema de conservación de forraje húmedo, intermedio entre la henificación y el silaje. Su utilización en Argentina creció considerablemente en los últimos tiempos.

El silaje da origen, a partir de la presencia de ciertos microorganismos y en ausencia de oxígeno, a una sucesión de procesos químicos y biológicos a partir de los cuales se obtiene un alimento de calidad semejante a la del forraje en estado verde. El ensilado

---

El Cuaderno de Por Qué Biotecnología es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso.



puede ser de planta entera o granos. Permite conservar forrajes que serían difíciles de henificar, tales como el maíz o el sorgo.

Con la henificación (formación de heno) se trabaja con la hierba seca. Se corta la hierba y se deja secar varios días al sol y se almacena en fardos, pilas o en hoyos hasta que se necesite. Las plantas que se utilizan comúnmente para el heno incluyen el *Lolium multiflorum* y el *L. perenne*, con mezclas de otras hierbas y tréboles (rojo, blanco). Cereales como avena, trigo y cebada también suelen formar parte del heno. En muchos países, se prepara un heno de calidad superior con alfalfa para el ganado bovino y equino. El heno se utiliza normalmente para alimentar a animales domésticos como las ovejas, cabras, vacas y caballos cuando no hay suficiente hierba fresca, o cuando la hierba fresca es poco digerible por los animales. Los cerdos pueden ser alimentados con heno, pero no digieren la fibra de las plantas muy eficientemente.

Alimentación de animales monogástricos: se suelen suministrar en forma de piensos compuestos que contienen materias primas concentradas, ingredientes complementarios y aditivos, aunque en algunos casos se incluyen cantidades más o menos importantes de concentrados fibrosos (salvado de trigo, alfalfa deshidratada, pulpa de remolacha).

Cualquier suplemento que le aporte al animal los nutrientes que necesita y que la dieta a base de pasturas no le aporte, puede dar un buen resultado productivo. Los principales componentes dietarios que aportan energía y proteínas son generalmente los cereales como maíz, cebada y trigo, y coproductos de la industria harinera o de la industria aceitera como expelers o pellets de soja, canola y algodón. Tanto los granos como los coproductos son procesados antes de ser incorporados a las dietas de ganado. Los granos de cereal son usualmente molidos por medios físicos para aumentar la digestibilidad de los mismos. Las semillas de oleaginosas son sujetas a métodos químicos o físicos para extraer los aceites y obtener un coproducto rico en proteínas. El residuo remanente de leguminosas como la soja, es también tratado con calor para destruir los factores antinutricionales como inhibidores de tripsina o lectinas. También se utiliza el grano húmedo de maíz y el silaje de planta entera de maíz picada. En algunos casos se suele suplementar el forraje con grasas tales como sebo animal y grasas de grado alimentario de origen vegetal y animal.

### **Cultivos modificados genéticamente que se usan en alimentación animal**

---

El Cuaderno de Por Qué Biotecnología es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso.



Los principales cultivos genéticamente modificados que se cultivan actualmente en el mundo son la soja tolerante a herbicidas, maíz resistente a insectos y/o tolerante a herbicidas y algodón resistente a insectos o tolerante a herbicidas (ver Cuadernos N° 43, 44). Estos cultivos son usados ampliamente en la alimentación de ganado tanto como fuente de energía como de proteínas. Estos cultivos OGM utilizados en producción animal, han sido analizados exhaustivamente en lo que respecta a bioseguridad ambiental e inocuidad alimentaria y se han aprobado como seguros para cultivo, comercialización y consumo humano o animal. No presentan diferencias (conversión, crecimiento, reproducción) cuando son utilizados en alimentación animal en comparación con maíces convencionales. Tampoco es posible detectar ADN o proteínas provenientes de la modificación genética en los productos derivados de estos y otros animales, ya sea carne, leche o huevos (ver Cuaderno N° 11, 12, 62). El maíz Bt (resistente a insectos) obtenido por ingeniería genética no solo tiene la característica de resistir ante el ataque de insectos sino que la planta contiene menores niveles de micotoxinas ya que hay menos lesiones de insectos que permiten la infección y el crecimiento de hongos tóxicos. Esto constituye un importante beneficio para los animales alimentados con maíz, ya que las micotoxinas son muy peligrosas para los animales que ingieren los granos contaminados.

### **Mejoramiento nutricional del maíz**

Al igual que otros granos de cereales, el maíz ha sido mejorado con la intención de modificar distintas características nutricionales (proporción de endospermas, cantidad de almidón, proteína y aceite) dando origen a una gran variedad. Se han generado nuevos híbridos de maíz denominados "de alto valor", especialmente para la alimentación de aves y cerdos. Estas líneas especiales, fueron producidas por ingeniería genética o por programas genéticos tradicionales.

El "Maíz de Alto Valor" (MAV), es una nueva especialidad que viene produciéndose desde hace varios años en la Argentina. Consiste en una asociación varietal que produce un grano con mayor valor nutritivo determinado por una mayor concentración de aceite (duplica el valor del maíz común) y en consecuencia mayor aporte de energía y un incremento del 20% en la concentración de proteína, incrementando así el contenido de aminoácidos esenciales especialmente de lisina, en comparación con las variedades convencionales. Evaluaciones realizadas por INTA, han demostrado que estas variedades superan a los maíces comunes en el crecimiento y la conversión de pollos, y presentan características beneficiosas para el consumidor, como menor

---

El Cuaderno de Por Qué Biotecnología es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso.



cantidad de grasa y ácidos grasos poliinsaturados, y mayor proporción de ácidos grasos monoinsaturados. Actualmente, la Argentina es el primer exportador mundial de maíces MAV con 500.000 toneladas anuales.

En Argentina, están ensayándose a campo, maíces con alto contenido del aminoácido esencial lisina. Comúnmente todas las variedades de maíz con alta lisina obtenidas por mejoramiento tradicional, provienen de los maíces mutantes con incrementada acumulación de proteínas de reserva con alto contenido de lisina en el endosperma. La ingeniería genética ha permitido el desarrollo de variedades de maíz "Alta Lisina-Alto Aceite" que contienen 36% más de lisina que el maíz convencional dentado amarillo. Otros desarrollos, también dirigidos a la alimentación animal, incluyen maíces más digeribles, con mayor cantidad de proteína, con mayor contenido de aceite y cuyos aceites contienen más vitamina E.

### **Mejoramiento nutricional de leguminosas**

La soja juega un rol prominente en la dieta animal por su contenido en proteínas, aunque el porcentaje de algunos aminoácidos como lisina y metionina no alcanza a cubrir las necesidades animales. Con el fin de mejorar su valor nutricional se ha alterado la composición de aminoácidos e hidratos de carbono en la semilla. Por ejemplo, se ha obtenido una variedad con alteración de los oligosacáridos para reducir los componentes no digeribles. Con el propósito de incrementar el contenido en metionina, se han introducido genes que codifican para la síntesis de proteínas ricas en metionina en diferentes leguminosas con óptimos resultados.

El cerdo es un buen ejemplo de cría intensiva que utiliza alimentos de origen vegetal. Para un crecimiento óptimo, este animal requiere que el 3,5% de la proteína dietaria esté compuesta de aminoácidos sulfurados, de los que por lo menos el 1,6% debe ser metionina. Ensayos realizados con variedades transgénicas de canola, soja, haba y lupino, en las que se expresaron genes de proteínas ricas en metionina, muestran que la modificación genética permite satisfacer el nivel óptimo de crecimiento sin el agregado de suplementos externos.

Por otro lado, el gen *dapA* (de dihidrodipicolinato sintetasa) de *Corynebacterium glutamicum* fue insertado en soja y canola para incrementar el contenido de lisina y se obtuvieron resultados alentadores.

### **Biotecnología y suplementos dietarios**

---

El Cuaderno de Por Qué Biotecnología es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso.



Actualmente hay muchos suplementos alimentarios y aditivos (ver Cuaderno N° 75) usados en nutrición animal con eficacias variables. La mayoría están dirigidos a mejorar la calidad de la carcasa mientras se mantiene o mejora la eficiencia de alimentación. Las dietas pueden ser suplementadas con vitaminas, antioxidantes, aminoácidos, ácidos grasos, enzimas, antibióticos, prebióticos y probióticos para mejorar la flora intestinal, y hormonas de crecimiento (ver Cuaderno N° 7). Estos aditivos alimentarios pueden ser producidos por una amplia gama de técnicas que involucran desde fermentación hasta síntesis química, y algunos se basan en la aplicación de la ingeniería genética. Diferentes **antibióticos** han sido utilizados ampliamente como promotores de crecimiento. Actualmente se trabaja en el uso de promotores de crecimiento alternativos como los probióticos, levaduras, oligosacáridos específicos y ácidos orgánicos.

Los **probióticos** (ver Cuaderno N° 7), cultivos microbianos vivos, supuestamente se establecen en el tracto digestivo donde pueden impedir la proliferación de microorganismos patógenos, al impedir que se adhieran a la pared intestinal. Los oligosacáridos y las levaduras tienen probablemente el mismo modo de acción. Los probióticos son una de las grandes contribuciones de la biotecnología que ha permitido crear alimentos funcionales para el consumo humano. Pero sus beneficios pueden incorporarse igualmente a la dieta de los animales de granja. Científicos de los Estados Unidos han desarrollado métodos económicos para elaborar sustancias probióticas que se incorporan a la dieta de pollos y pavos, para prevenir que infecciones patógenas pasen a la cadena alimentaria, perjudicando la salud de los consumidores. Seleccionaron varias bacterias intestinales que podrían proteger a los pollos vivos contra *salmonelas*, *Campylobacter* y otros patógenos.

Los alimentos probióticos estimulan el metabolismo de las sustancias **prebióticas** que alimentan a las bacterias beneficiosas y modifican la composición de la microflora intestinal impidiendo que los patógenos conquisten la flora intestinal. Científicos de la Universidad de Arkansas trabajan en la búsqueda de nuevas bacterias saludables para utilizar como probióticos.

Las **enzimas** son ampliamente usadas para aumentar la digestibilidad de los forrajes (ver Cuadernos 30, 54). Un grupo de investigadores de la Academia China de Ciencias Agrícolas consiguió producir la xilanas, en papas transgénicas (tubérculos y hojas), a través de la introducción del gen *xynB* de la bacteria *Streptomyces*. La xilanas es una enzima que se obtiene por fermentación microbiana y que se agrega al alimento balanceado para ayudar a las aves y a los animales monogástricos, como cerdos y



caballos, a que puedan digerir al xilano, un polisacárido abundante en las plantas y que a veces impide la absorción de otros nutrientes.

Como suplemento proteico además de harina de carne, se ha usado leche descremada en polvo y harina de pescado. También se tienen buenos resultados usando biomasa microbiana seca como fuente alternativa de proteínas.

Los animales, incluyendo al hombre, son incapaces de sintetizar 10 de los 20 aminoácidos requeridos para la síntesis de proteínas, por lo que estos aminoácidos “esenciales” deben ser obtenidos de la dieta. Las plantas son una importante fuente de proteínas tanto para animales como para el hombre. Mientras que cereales como el maíz, arroz, y trigo contienen entre 7 y 14 % de proteínas en su composición, las leguminosas contienen más del 50 %. Sin embargo, muchas de las proteínas vegetales son deficientes en al menos un aminoácido esencial. Por tal motivo, la **suplementación de aminoácidos** específicos producidos por fermentación es común para evitar deficiencias en la dieta de no rumiantes. Con biotecnología moderna es posible mejorar no solo el contenido sino el perfil de aminoácidos en los cultivos.

### **Mejora en la alimentación animal y control de la contaminación ambiental**

El fosfato es almacenado como fitato por las plantas, el cual es muy estable y poco digerible por animales no rumiantes. Desde hace más de veinte años, se utiliza la enzima fitasa, aislada de un hongo, en la dieta de pollos y cerdos que ayuda a digerir y aprovechar más el fósforo presente en sus dietas basadas en plantas. Diferentes grupos de investigación trabajan en el diseño de nuevas enzimas fitasas más eficientes que las actuales, que mejoren la nutrición y reduzcan la cantidad de fósforo potencialmente perjudicial que se escapa al ambiente. Por otro lado, los cultivos han sido modificados genéticamente tanto para incrementar la actividad de la fitasa o para disminuir la producción de fitato. Ambos emprendimientos, mejoran la utilización del fósforo en la dieta, disminuyen la necesidad de suplementar con fósforo, disminuyen la excreta de fósforo y reducen la contaminación con el mismo.

Un desarrollo de biotecnología tradicional incluye la reducción del contenido de fitatos del grano. Además, por biotecnología moderna se ha incorporado el gen de la fitasa de *Aspergillus niger* a la canola, la alfalfa y el arroz, para su expresión en la semilla, produciendo niveles altos de la enzima. Los granos de estas plantas transformadas genéticamente podrán usarse directamente en la ración, ya que no presentan efectos adversos y no requieren del agregado de fitasa.

---

El Cuaderno de Por Qué Biotecnología es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso.





## Desarrollo de animales transgénicos

Una alternativa al mejoramiento de plantas consiste en un desarrollo en biotecnología animal (ver Cuaderno N° 9): los cerdos transgénicos. Los cerdos son incapaces de digerir fitatos, la forma en que naturalmente se encuentra el fósforo en el forraje. En cambio, los cerdos genéticamente modificados pueden fabricar cantidades suficientes de la enzima “fitasa” en la saliva (por la introducción del gen de la fitasa a través de ingeniería genética), la que descompone el fitato liberando el fósforo para que pueda ser absorbido en el intestino y disminuyendo el 60% de la concentración de fósforo en el estiércol con respecto a los cerdos convencionales. Así, los productores no necesitarán agregarle fósforo o fitasa al alimento de los cerdos. Esto disminuiría los costos. Además, disminuirá el contenido de fósforo en el estiércol, generando un abono para la agricultura de mejor calidad. Sin embargo, ninguno de estos beneficios podrán ser aprovechados por los productores hasta que los animales transgénicos, como es el caso de los cerdos, sean evaluados y autorizados por el gobierno (ver Cuaderno N° 62). En la universidad de Guelph (Canadá) se vienen ensayando desde 1999 estos cerdos genéticamente modificados, que tienen la misma capacidad reproductiva, el mismo estado de salud general y la misma tasa de crecimiento que sus pares no transgénicos que reciben una dieta suplementada con fosfato.

## CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

Para comenzar a comprender las modificaciones en los componentes de los alimentos y los beneficios que esto puede traer a la nutrición animal, y a su productividad, es necesario trabajar con los alumnos algunos aspectos vinculados con la nutrición y la composición de los alimentos y su función. La nutrición, como proceso de obtención de materia y energía, que involucra, entre otras funciones, a la alimentación. Se sugiere analizar cuáles son los principales grupos de biomoléculas, su estructura y función. Esto se puede hacer en el ámbito de la biología y en colaboración con docentes de química que trabajen el aspecto estructural de las moléculas.

La similitud en la composición de los seres vivos explica un aspecto importante de la nutrición: los animales (incluidos los humanos) se alimentan a partir de otros seres vivos, vegetales y animales, ya que le aportan los mismos materiales de construcción que requiere su organismo. Además, la metabolización de estas sustancias es posible ya que tienen las enzimas específicas que pueden acelerar su transformación. Esto permite obtener las sustancias y la energía que el organismo requiere (proceso de nutrición).

---

El Cuaderno de Por Qué Biotecnología es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso.



Para lograr una visión integrada de los contenidos, se sugiere complementar el estudio de este tema con temas referidos a la estructura y cambios de la materia, y las transformaciones químicas. También es posible relacionar este tema con contenidos de Salud a partir de un análisis de los requerimientos del organismo, de la calidad y cantidad de alimentos que cubren esas necesidades, y de los alimentos probióticos y prebióticos y su función en las defensas inespecíficas del organismo.

Otro tema fundamental que se relaciona con el tema de nutrición animal es la relación entre seres vivos en el ecosistema. Se sugiere abordar el concepto de sistema como una organización integrada por componentes que cumplen una función específica y dependen unos de otros para el funcionamiento del sistema en su totalidad. En este sentido, cobra especial importancia las relaciones que se establecen entre los componentes del ecosistema, y en particular las relaciones tróficas (cadenas y redes alimentarias) y las funciones de consumidores y productores, en las cuales todos dependen de todos para que el ecosistema siga existiendo. Es interesante en este punto analizar el rol del ser humano en su lugar de consumidor así como su lugar en la elaboración y transformación de los alimentos. Como se manifiesta en el comienzo del texto, los cambios en el consumo han llevado a cambios en la alimentación animal y esto afecta el sistema agrícola productivo, y esto se vincula con el desarrollo económico.

Es importante incluir la biotecnología para comprender su influencia en el desarrollo económico. La biotecnología es una efectiva herramienta para impulsar el desarrollo económico. Su capacidad para multiplicar las cosechas por mejoras en los rendimientos de los cultivos, permite incrementar la cantidad y calidad de la producción de alimentos, posibilitando una baja en los costos, siempre que se la acompañe con reformas y políticas económicas acordes. Por otra parte, es generadora de mano de obra, tanto en el campo de la industria agropecuaria como en sus diversas áreas relacionadas. La biotecnología tiene un alto potencial para ayudar a combatir problemas sociales vinculados con la salud, la producción y la economía. La biotecnología juega un rol importante y sus productos expresarán mayor potencial cuanto mayor sea la planificación y el uso de prácticas agrícolas más conservacionistas que aseguren una producción sustentable en el tiempo. El incremento de la productividad agrícola impulsaría el crecimiento económico y abriría nuevas oportunidades de comercio, lo que daría como resultado más y mejores trabajos, mejor atención de la salud y educación.

## CONCEPTOS RELACIONADOS

---

El Cuaderno de Por Qué Biotecnología es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso.



*El Cuaderno*  
de Por Qué Biotecnología

**EDICIÓN N° 95**

Nutrición. Alimentación. Biomoléculas. Aditivos alimentarios. Enzimas. Transformaciones de los alimentos. Estructura química y función de los alimentos. Ingeniería genética. Mejoramiento genético de plantas. Actividad agropecuaria.

---

**El Cuaderno de Por Qué Biotecnología es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso.**



## Actividades

### Actividad 1. Repaso de conceptos

Indicar cuál/cuáles de las afirmaciones son correctas

1- La producción de animales en confinamiento constituye:

- a) Un sistema de producción intensivo pastoril
- b) Un sistema de producción extensivo pastoril
- c) Un sistema de producción intensivo conocido como feedlot

2- Los rumiantes se caracterizan por

- a) Regurgitar el alimento semidigerido
- b) Poseer un estómago con un compartimento
- c) Poseer un estómago con varios compartimentos

3- Los siguientes animales son monogástricos

- a) aves
- b) vacas
- c) porcinos
- d) cabras

4- El maíz es el forraje más utilizado en alimentación animal especialmente por:

- a) Su alto contenido en proteínas
- b) Su alto valor energético
- c) Su bajo costo

5- Los maíces MAV constituyen:

- a) Variedades de maíz de lato rendimiento
- b) Variedades de maíz con alto contenido en aceite
- c) Variedades de maíz con mayor contenido de proteínas
- d) Variedades de maíz con mayor contenido de aceite y de proteínas
- e) Variedades de maíz con embrión de mayor tamaño

6- El maíz alta lisina obtenido por ingeniería genética es :

- a) Un desarrollo para mejorar la alimentación animal
- b) Un desarrollo de mayor rendimiento

---

El Cuaderno de Por Qué Biotecnología es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso.



c) Un desarrollo para mejorar la alimentación humana.

7- La enzima fitasa se incorpora a la dieta animal para:

- a) Ayudar a digerir y aprovechar más el fósforo de los cultivos y reducir su excreta al ambiente
- b) Ayudar a excretar el fósforo

8-Los maíces WAXY y los MAV son nuevas variedades de maíz obtenidas por:

- a) ingeniería genética
- b) técnicas tradicionales de mejoramiento

### Respuestas

- 1. c)
- 2. a) y c)
- 3. a) y c)
- 4. b)
- 5. d) y e)
- 6. a)
- 7. a)
- 8. b)

## Actividad 2. Análisis del texto

### Particularidades nutricionales del grano de maíz en la alimentación de aves

Fuente: ILSI – Internacional Life Science Institute - [http://www.ilsa.org.ar/biblioteca/Maiz\\_y\\_Nutricion.pdf](http://www.ilsa.org.ar/biblioteca/Maiz_y_Nutricion.pdf).

...."El maíz ha sido consumido por miles de años de distintas maneras. Recientes publicaciones han mencionado el hecho de que más de 600 productos son elaborados utilizando, total o parcialmente, el maíz como materia prima. Además de la expansión de este cultivo en sus usos, la producción mundial ha crecido sostenidamente en el último siglo, transformándolo hoy día en el principal cultivo en volumen a nivel mundial. Al observar estos hechos, cabe reflexionar sobre el motivo de tal expansión. Sin lugar a dudas la composición del grano ha favorecido enormemente su expansión y es allí donde radica el éxito del cultivo.

El grano de maíz está constituido fundamentalmente por tres tejidos, el endosperma, el embrión y el pericarpio. El 10-11% del grano está representado por el embrión, que es donde el aceite y las proteínas con mayor valor biológico se encuentran depositados. El maíz tiene como característica principal ser una excelente fuente de energía, y es por esto que es un ingrediente mayor en nutrición animal. Pero, además de aportar energía, el maíz es fuente de proteínas, lípidos, pigmentos, vitaminas y minerales. La energía es el principal valor nutricional dentro del grano de maíz y tiene dos principales orígenes: el almidón y el aceite. El almidón tiene alta digestibilidad en aves (90 a 95%) y representa el 90% de la energía del maíz, mientras que el aceite contribuye con el restante 10%. La

**El Cuaderno de Por Qué Biotecnología es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso.**



utilización de los carbohidratos tiene como objetivo mantener las actividades metabólicas y el almacenamiento de energía en forma de glucógeno y grasas.

Las grasas son utilizadas en las dietas de aves como fuente de energía y de ácidos grasos. El perfil de los ácidos grasos del aceite utilizado en las dietas de aves determina características importantes en la composición final de los productos para consumo humano. El incremento de ácidos grasos poliinsaturados en la dieta de ponedoras, como el ácido linoleico, determina un aumento en el tamaño de los huevos, al igual que una mayor concentración de ácidos grasos poliinsaturados Omega 6 y Omega 3.

La proteína es utilizada por las aves en diversos procesos metabólicos, siendo los más importantes, desde el punto de vista productivo, la producción de carne y huevos. Existen proteínas de origen vegetal (cereales y oleaginosas) y animal (harina de carne y huesos, harina de pescado, harina de plumas, etc.) que pueden ser utilizadas en nutrición animal. Sin embargo, hay que tener en cuenta que las fuentes de proteína de origen animal constituyen potenciales riesgos de enfermedades como salmonelosis y encefalopatía espongiiforme o "mal de la vaca loca", en bovinos. Por lo tanto, la utilización de proteínas de origen vegetal tiene una gran ventaja en lo que se refiere a seguridad alimentaria.

Otro nutriente de importancia en el maíz es la xantofila. La presencia de este pigmento en las dietas de aves tiene como objetivo aumentar la pigmentación de la carne y principalmente de la yema de los huevos. En determinados mercados, por característica cultural, el consumidor tiene preferencia por carne de pollo y yema pigmentada, aun a pesar de que esto no traiga ningún beneficio nutricional.

El maíz de alto valor (comercializado dentro de un programa denominado MAVERA™) constituye un tipo de maíz especial presente en gran superficie en la Argentina. La diferenciación de estos maíces surge de la modificación en su composición, que presenta un incremento en el contenido de aceite, acompañado por un incremento en el contenido de proteína de alta calidad.

El objetivo de mejoramiento genético en este tipo de maíces fue el de aumentar el tamaño del embrión en relación con el endosperma en el grano. El aceite y las proteínas de mayor valor biológico son naturalmente acumuladas en el embrión del grano de maíz, y por lo tanto el incremento en la relación embrión/endosperma genera un aumento en el contenido de aceite y de proteínas de alta calidad.

Este aumento alcanza hasta un 100% más de aceite que en el maíz común y hasta un 20% en el caso de las proteínas. El incremento en la relación embrión/endosperma es logrado a través de la polinización de híbridos androesteriles (o macho-estériles) con polinizadores fértiles de alto contenido de aceite. Este sistema de producción se denomina asociación varietal.

El valor nutricional generado en los maíces de alto valor motiva que productores de pavos, pollos y cerdos alrededor del mundo adquieran este maíz con un sobreprecio o "premio", respondiendo al valor agregado derivado de estas características. “

#### Guía de preguntas para analizar el texto:

- a) ¿Por qué el maíz tiene alto valor como alimento para los animales?
- b) ¿Qué nutrientes aporta el maíz?
- c) ¿Dónde proviene la energía aportada por el maíz en la dieta de aves?
- d) ¿Qué importancia tiene la incorporación de ácidos grasos a las dietas de aves?
- e) ¿Por qué se recomienda el uso de proteína vegetal en la dieta de los animales?



- f) ¿Cuál es el uso que se le da a los pigmentos del maíz como la xantófila en la alimentación animal?
- g) ¿Qué es el Maíz Alto Valor? ¿Qué características tiene y cómo fue obtenido?
- h) ¿Qué diferencias habrá entre un grano de maíz convencional y un grano de un maíz MAV?

**Respuestas:**

- a) Es una excelente fuente de energía.
- b) Proteínas, lípidos, pigmentos, vitaminas y minerales.
- c) 90% del almidón y 10 % del aceite.
- d) El perfil de ácidos grasos del alimento determina las características en la composición final de los productos avícolas para consumo humano. Tal es el caso del incremento de ácidos grasos poliinsaturados en la dieta de ponedoras, como el ácido linoleico, que determina un aumento en el tamaño de los huevos, al igual que una mayor concentración de ácidos grasos poliinsaturados Omega 6 y Omega 3.
- e) Las fuentes de proteína de origen animal constituyen potenciales riesgos de enfermedades como salmonelosis y encefalopatía espongiforme o "mal de la vaca loca", en bovinos. Por lo tanto, la utilización de proteínas de origen vegetal tiene una gran ventaja en lo que se refiere a seguridad alimentaria.
- f) La presencia del pigmento xantófila en las dietas de aves tiene como objetivo aumentar la pigmentación de la carne y principalmente de la yema de los huevos.
- g) El maíz de alto valor constituye un tipo de maíz especial presente en gran superficie en la Argentina. La diferenciación de estos maíces surge de la modificación en su composición, que presenta un incremento en el contenido de aceite y de proteína de alta calidad. El objetivo de mejoramiento genético en este tipo de maíces fue el de aumentar el tamaño del embrión en relación con el endosperma en el grano. El aceite y las proteínas de mayor valor biológico son naturalmente acumuladas en el embrión del grano de maíz, y por lo tanto el incremento en la relación embrión/endosperma genera un aumento en el contenido de aceite y de proteínas de alta calidad. Este aumento alcanza hasta un 100% más de aceite que en el maíz común y hasta un 20% en el caso de las proteínas. El incremento en la relación embrión/endosperma es logrado a través de la polinización de híbridos androesteriles (o macho-estériles) con polinizadores fértiles de alto contenido de aceite. Este sistema de producción se denomina asociación varietal.
- h) En los maíces MAV el embrión tiene mayor tamaño, lo que determina un mayor contenido de aceite.

### Actividad 3. Novedades de Biotecnología

---

El Cuaderno de Por Qué Biotecnología es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso.



Esta actividad tiene por objetivo analizar una de las novedades recientes de biotecnología vinculadas con la producción de plantas transgénicas destinadas al consumo, y a la salud animal.

### Producción de inulina en maíz y papas GM

Publicado el 12/07/2007 en [www.porquebiotecnologia.com.ar](http://www.porquebiotecnologia.com.ar)

La inulina es un tipo de fructano usado en la fabricación de alimentos como edulcorante de bajas calorías o fuente de fibra soluble. Este compuesto está siendo cada vez más usado como prebiótico en alimentos (también en alimentos balanceados para animales), ya que promueve el crecimiento de microorganismos beneficiosos para la salud intestinal de las personas y los animales. Las raíces de chicoria y los tubérculos de topinambur (*Helianthus tuberosus*, papa de Jerusalén) son las fuentes industriales de inulina. En un artículo publicado en la revista Plant Science, científicos de Estados Unidos demostraron por ingeniería genética que los genes relacionados con la síntesis de inulina (inulin 1-sst y 1-fft) de la dicotiledónea *Helianthus tuberosus* eran funcionales en el maíz (una monocotiledónea). Obtuvieron entre 1,5 y 5 mg de inulina por gramo del peso fresco en granos de maíz de cuatro generaciones de maíz transgénico. Por otro lado, y usando los mismos genes, lograron papas transgénicas con 2,6 mg de inulina por gramo de tubérculo. Según los investigadores, estas concentraciones se encuentran en el rango de los valores recomendados para los prebióticos en la alimentación animal, que requieren menos del 1% para mejorar la “ecología” del sistema digestivo.

**Fuente:** ISAAA CropBiotech Update

#### Preguntas guía para el análisis del texto:

1. ¿Dentro de qué grupo de sustancias orgánicas incluirían a la inulina?
2. ¿Cuál es el beneficio de la inulina para la salud animal?
3. ¿Cómo fueron obtenidos los granos de maíz transgénicos y las papas mejoradas genéticamente?

#### Respuestas

1. La inulina es un tipo de carbohidrato (o glúcido).
2. Se lo considera un prebiótico; promueve el crecimiento de microorganismos beneficiosos en el intestino animal.
3. Se transfirieron los genes que codifican para la síntesis de inulina (inulin 1-sst y 1-fft) de la dicotiledónea *Helianthus tuberosus* (papa de Jerusalem).

### Actividad 4. Composición química de los seres vivos

La enorme diversidad de seres vivos que se conocen presenta una asombrosa uniformidad. Esta unidad es una de las evidencias que sustenta la teoría de la evolución, según la cual todos los seres vivos se originaron a partir de un ancestro común que habría surgido hace 3500 millones de años. En esta actividad podrán analizar, a partir

---

El Cuaderno de Por Qué Biotecnología es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso.





de la lectura de un texto, uno de los factores que pone de manifiesto la uniformidad de los seres vivos: su composición química, las principales moléculas orgánicas que comparten y sus funciones en los diferentes organismos.

La frase fue extraída del libro "Cosmos" de Carl Sagan:

"... Hay decenas de miles de millones de tipos conocidos de moléculas orgánicas. Sin embargo en las actividades esenciales de la vida sólo se utiliza una cincuentena. Las mismas estructuras se utilizan una y otra vez de modo conservador e ingenioso, para llevar a cabo funciones diferentes. Y en el núcleo mismo de la vida en la Tierra - las proteínas que controlan la química de la célula y los ácidos nucleicos que transportan las instrucciones hereditarias- descubrimos que estas moléculas son esencialmente las mismas en todas las plantas y animales. Una encina y yo estamos hechos de las mismas sustancias ..."

#### Algunas preguntas para la interpretación del texto

1. Mencionar algunos tipos de moléculas orgánicas que, según el párrafo, se utilizan en las actividades esenciales de la vida.
2. ¿Qué otras moléculas orgánicas componen a los seres vivos?.
3. Diseñar una tabla en la cual se incluyan los diferentes tipos de sustancias orgánicas que componen el cuerpo de los seres vivos, los elementos que las componen, su principal función en el organismo y algunos ejemplos de cada tipo.
4. ¿Qué relación se puede establecer entre este párrafo y el fenómeno de la evolución.
5. Investigar cuáles son los aminoácidos esenciales En humanos se han descrito estos aminoácidos esenciales.
6. Investigar si en Argentina se cultiva el maíz alta lisina transgénico. Qué ventaja práctica tendría el uso de maíz fortificado transgénico?

1. proteínas, ácidos nucleicos.
2. lípidos, carbohidratos
- 3.

Componente del alimento	átomos que lo forman	unidades que lo forman	función	ejemplo
hidratos de carbono	C, H, O	monosacáridos	fundamentalmente energética, también estructural y reserva	glucosa, sacarosa, almidón, celulosa, glucógeno
proteínas	C, H, O, N, S	aminoácidos	fundamentalmente estructural, catalizadores, transporte, regulación, defensa	colágeno (estructural) enzimas (catalizadores), hemoglobina (transporte), insulina (regulación hormonal), anticuerpos (defensa)
lípidos	C, H, O, N, P	ácidos grasos, glicerol	fundamentalmente energética	colesterol

El Cuaderno de Por Qué Biotecnología es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso.



			y estructural	
<b>ácidos nucleicos</b>	C, H, O, N, P	nucleótidos	determinación y expresión de características	ADN, ARN

4. El hecho de que todos los seres vivos estén formados por el mismo tipo de sustancias, y el hecho de que los seres vivos se alimenten unos de otros (aportan las sustancias que el organismo requiere y las puedan metabolizar) es una evidencia a favor de la teoría evolutiva de Darwin.

5. fenilalanina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptófano, valina.

6. Este maíz transgénico se está cultivando en ensayos de análisis de bioseguridad inspeccionados por los organismos reguladores.

### Actividad 5. La energía de una semilla de maní

Los alimentos almacenan energía. Cuando un animal come semillas de maní su cuerpo transforma la energía almacenada (energía química) en otras formas de energía, por ejemplo, la energía que usa para movernos (energía cinética). Además, parte de esa energía se convierte en calor (energía calórica) que mantiene la temperatura del cuerpo. El objetivo de esta experiencia es comprobar que los alimentos, como el maní en este caso, aportan a quien los consume la energía que tienen almacenada.

**Importante!** En este experimento, lo que ocurre es que se libera la energía química contenida dentro del maní y se transforma en calor y en luz. El calor eleva la temperatura del agua en el interior del tubo.

Aunque se realiza esta experiencia con el fin de demostrar la liberación de energía de un alimento, es importante trabajar con los alumnos la diferencia entre la combustión del maní y la obtención de energía en el organismo. Aunque en ambos casos se libera energía de los alimentos, en el cuerpo no se produce una llama, ni luz, ni se produce un aumento de temperatura tan pronunciado y repentino. El proceso de obtención de energía a partir de los nutrientes es más lento, la temperatura no aumenta mucho ya que dañaría el organismo, y la mayor parte de la energía se utiliza; sólo una parte se disipa como calor que sale del cuerpo. Se debe tener en cuenta que las semillas tienen un elevado contenido de aceites (lípidos) y que éstos son fácilmente combustibles. Por otra parte, dentro del cuerpo, cada gramo de grasa produce más del doble de energía que los demás nutrientes.

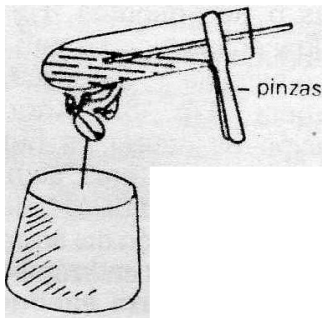
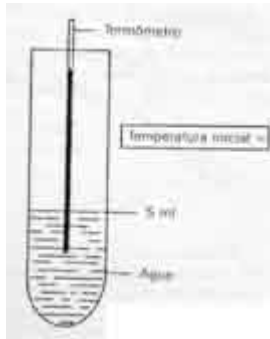
Se sugiere trabajar en grupos.

**Materiales:** maní, alfiler, tapón de corcho, tubo de ensayo, termómetro, pinza de madera, encendedor.

**Procedimiento:** Ver la página siguiente

---

El Cuaderno de Por Qué Biotecnología es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso.



1. Clavar un extremo del alfiler en el corcho, y en el otro extremo clavar el maní. Con cuidado para no lastimarse con el alfiler!
2. Poner en un tubo de ensayo 5 ml. de agua, introducir el termómetro y medir la temperatura del agua. Esta será la temperatura inicial.  
**Temperatura inicial = .....**
3. Encender el maní y con la llama que desprende calentar el tubo con agua. Sostener el tubo con la pinza de madera para no quemarse y agitarlo suavemente.
4. Después de 10 minutos, introducir el termómetro en el tubo con agua y medir la temperatura final. Anotarla:  
**Temperatura final = .....**
5. Calculen cuánto varió la temperatura calculando  
**Temperatura final – temperatura inicial = .....**
6. Otra alternativa es realizar la misma experiencia con almendras o avellanas y comparar cuál de ellos desprende más calor (tratar que las semillas que se usan tengan el mismo peso).

A partir de los resultados obtenidos responder a las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo varió la temperatura del agua? ¿Cómo lo explicarían?
2. Observen cómo quedó el maní, ¿habrá liberado toda la energía contenida o todavía tendrá más?

---

El Cuaderno de Por Qué Biotecnología es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso.



3. ¿Creen que toda la energía que desprendió el maní se usó para calentar el agua? Expliquen su respuesta.
4. ¿Qué conclusión sacarían a partir de esta experiencia respecto del aporte del maní al organismo humano?
5. ¿En qué se diferencia lo que ocurrió en el experimento de lo que ocurre en nuestro cuerpo? ¿O les parece que esta misma reacción es la que ocurre dentro de nuestras células?

### Respuestas:

1. la temperatura del agua aumentó ya que parte de la energía liberada al “quemar” el maní se empleó para calentar el agua.

2. si el maní quedó completamente carbonizado se habrá desprendido toda la energía que contenía.

3. Parte de la energía se utilizó para calentar el agua y el resto se disipó en forma de calor al entorno.

4. El maní contiene energía que es capaz de proporcionar energía al organismo.

5. dentro del organismo, la reacción por la cual se libera la energía del maní es diferente a la combustión que ocurre en el laboratorio. En el organismo no se libera una llama, ni luz, y la liberación de energía es más lenta y moderada.

En general, se calcula cuánta energía se libera por gramo. Por ejemplo, se sabe que en el organismo se obtienen 9 Calorías (kilocalorías) por gramo de lípido. Por esto, cuando se sugiere realizar la misma experiencia empleando otros frutos secos para comparar cuál libera más energía, se debe tener en cuenta que las diferentes semillas tengan un peso similar, o realizar el cálculo del aumento de la temperatura del agua por gramo. Caso, contrario, no se podrán comparar los resultados.

### Material de Consulta

"Maíz y Nutrición" (Volumen II). 2006. Serie de Informes Especiales de ILSI Argentina.

[http://www.ilsa.org.ar/biblioteca/Maiz\\_y\\_Nutricion.pdf](http://www.ilsa.org.ar/biblioteca/Maiz_y_Nutricion.pdf)

<http://www.maizar.org.ar/2006/pdf/Revista%20maizar%202.pdf>

Biotecnología y mejoramiento vegetal, 2004. Eds. Viviana Echenique, Clara Rubinstein, Luis Mroginski, Ediciones INTA, Buenos Aires.

<http://www.argenbio.org/h/biblioteca/libro.php>

---

El Cuaderno de Por Qué Biotecnología es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso.



Biotecnología. 1° ed. 2006. María Antonia Muñoz de Malajovich. Editorial Universidad Nacional de Quilmes. – Colección Biomedicina

Aplicaciones biotecnológicas modernas al cultivo de soja. 2005. Ledes, S; Ghio, S; y Mentaberry, A. En “Actas del Congreso de Mundo Soja”. Pág 187-193.

<http://www.asa.org.ar/bio.asp> - Asociación Semilleros Argentinos. Biotecnología.

[www.inta.gov.ar](http://www.inta.gov.ar) INTA- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.

[www.sagpya.gov.ar](http://www.sagpya.gov.ar) - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Argentina.

Energía en un maní. <http://www.explora.cl/otros/energia/experimentos/mani.html>  
Programa EXPLORA-CONICYT, Chile. <http://www.explora.cl/>

---

El Cuaderno de Por Qué Biotecnología es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso.