

Introducción a la Biotecnología Agrícola

La biotecnología agrícola se refiere a la aplicación de las técnicas de la ingeniería genética al mejoramiento de los cultivos, con el objetivo de generar beneficios para el productor agropecuario, el consumidor, la industria, la salud animal y humana y el medioambiente.

Entre sus aplicaciones se encuentran la obtención de plantas tolerantes a herbicidas, resistentes a insectos y enfermedades, así como plantas que pueden sobrevivir mejor en suelos salinos, a bajas temperaturas o en ambientes con lluvias escasas. También se incluye la obtención de alimentos más nutritivos o más saludables, frutos que resistan mejor al transporte y almacenamiento, así como plantas productoras de moléculas de uso farmacológico, biopolímeros o destinadas a la producción de lubricantes o biocombustibles.

Las nuevas variedades vegetales obtenidas por ingeniería genética son los llamados **cultivos transgénicos** los cuales son compatibles con el manejo integrado de plagas y con la agricultura sustentable.

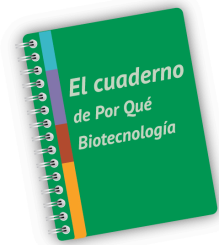
El uso de estas nuevas tecnologías permite aumentar la competitividad de países agroexportadores como la Argentina incrementando los rendimientos, disminuyendo los costos y aumentando la seguridad de la cosecha. Además, permite obtener alimentos de mayor calidad en forma más eficiente y segura para la salud y el medio ambiente.

¿Por qué producir cultivos transgénicos?

Diferentes análisis de expertos prevén para los próximos 30 años un incremento de la demanda mundial de alimentos de entre el doble y el triple de la actual, especialmente en países subdesarrollados. Esto conlleva otras consecuencias, como el crecimiento en la demanda de proteínas para alimentación animal, y mejoras cualitativas en los alimentos para resolver problemas nutricionales de importantes sectores de la población mundial. Para lograr estos incrementos y mejoras en la calidad alimentaria deberá plantearse una producción sustentable en términos de respeto por el medio ambiente y por la biodiversidad. Y, ante la limitación de recursos físicos, como el suelo, una de las variables disponibles para duplicar la productividad agrícola es el mejoramiento genético.

El incremento de la eficacia productiva de los organismos puede encararse mediante el mejoramiento genético convencional (cruzamientos intra e interespecíficos, mutagénesis inducida) o mediante la transformación genética. En la actualidad el mejoramiento de plantas es un proceso multidisciplinario y coordinado, donde una

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.



gran número de herramientas y elementos de la mejora tradicional, bioinformática, biología molecular e ingeniería genética son utilizados e integrados. El mejoramiento genético convencional enfrenta algunas limitaciones, tanto en términos de la disponibilidad de germoplasma, como de los plazos requeridos para la obtención de nuevas variedades. Las técnicas de ingeniería genética se usan para mejorar o introducir nuevas características a los cultivos mediante intervenciones más precisas, rápidas y predictivas, cuando todas las otras técnicas de mejoramiento agotan sus posibilidades. Por ejemplo, la ingeniería genética se aplica cuando la característica a ser introducida no está presente en la especie de interés, o la característica es muy difícil de mejorar por métodos convencionales, o cuando la introducción o mejora de una característica pueda llevar mucho tiempo por métodos convencionales.

Algunos de los cambios o mejoras realizadas a los cultivos resultan de la modificación de los genes ya presentes en la planta, o la supresión de ciertos genes. En otros casos, en cambio, se requiere de la transferencia de genes desde otras fuentes (por ejemplo desde diferentes especies). La posibilidad de superar la barrera de cruzamiento sexual mediante la ingeniería genética y transgénesis permite hacer uso de un pool genético más amplio, ya que es posible aislar genes de cualquier origen y transferirlos entre especies no emparentadas. Es también posible dirigir la expresión de estos nuevos genes a ciertas partes específicas de la planta (raíz, hoja) o en algún momento en particular o circunstancia del ciclo vital del organismo, como la floración.

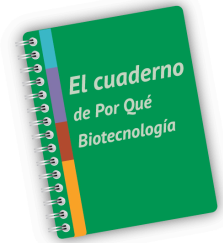
La biotecnología moderna, una alternativa sustentable

La intensificación agrícola ha acentuado los procesos de erosión y de degradación de los suelos, y el uso masivo de agroquímicos y fertilizantes ha contribuido a una creciente contaminación de tierras y de acuíferos. Además, la contribución del mejoramiento genético por métodos tradicionales de cruzamiento y selección, encuentra limitaciones ante las nuevas demandas.

En consecuencia, se busca introducir tecnologías y métodos de manejo agronómico que incrementen la productividad sin agregar impactos negativos al medioambiente y que, incluso, resuelvan los impactos ya reconocidos.

La biotecnología es una alternativa sustentable a las prácticas convencionales. En la actualidad, millones de hectáreas en todo el mundo se cultivan con métodos conservacionistas para reducir al mínimo el daño a las tierras. Con el paquete tecnológico "cultivo transgénico tolerante a herbicida - siembra directa" es posible evitar la degradación y erosión del suelo, por cuanto se reduce o elimina el desmalezado y roturación de la tierra (ver Cuaderno N° 8, 60, 92) y se deja en los

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.



lotes el residuo de las cosechas formando una capa protectora con reciclado de materia orgánica al suelo.

Otro problema existente en la agricultura es la causada por la escarcha y las sequías o inundaciones que pueden arrasar los cultivos. La biotecnología puede proporcionar cultivos con una mayor resistencia a las variaciones climáticas naturales y disminuir la dependencia de la gestión de los recursos hídricos, desarrollando variedades resistentes a estrés hídrico. También, es posible aumentar la capacidad de las plantas de soportar un descenso de la temperatura y la escarcha.

Los insectos plaga y las enfermedades de las plantas que atentan contra la producción agrícola exigen una alternativa a los tratamientos químicos que sean menos perjudiciales para los recursos naturales. Los cultivos transgénicos pueden disminuir potencialmente la necesidad de plaguicidas y herbicidas para controlar plagas, malezas y enfermedades y permitir una aplicación más selectiva de los productos químicos agrícolas. Por ejemplo, los cultivos transgénicos BT comercializados hace ya varios años (ver cuaderno N° 18, 26, 43) pueden resistir los ataques de los insectos por sí mismos.

Expertos de todo el mundo estiman que las innovaciones biotecnológicas triplicarán los rindes de los granos sin requerir más tierra cultivada.

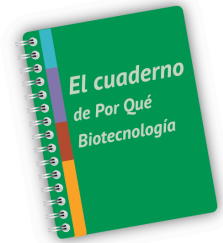
Cultivos genéticamente modificados y sus beneficios para el consumidor

La biotecnología ofrece los medios para producir alimentos más nutritivos y de mejor gusto, mayor rendimiento de las cosechas y plantas protegidas naturalmente de enfermedades e insectos.

Si bien con la primera generación de productos biotecnológicos en el mercado, caracterizados por mejoras agronómicas (mayor rendimiento, resistencia a insectos, etc.), los beneficios han sido capitalizados principalmente por los productores, el consumidor se beneficia en el sentido de que estas variedades ofrecen el potencial de reducir el empleo de agroquímicos. Y, por supuesto, si se reduce el empleo de fitosanitarios, menor será la contaminación ambiental, y la exposición animal y humana a los químicos.

La siguiente generación de productos transgénicos, está orientada a explotar otros nichos económicos y promete beneficios más directos para la nutrición y salud animal y humana. Estos nuevos cultivos en desarrollo, podrán presentar modificaciones que mejoren o complementen su calidad alimentaria y modificaciones que les permitan producir compuestos con diversos fines industriales que mejoren la calidad de vida. Ejemplos de modificaciones para mejorar el valor nutritivo de las plantas son aquellas que optimizan el balance de aminoácidos esenciales que deben ser provistos por la dieta porque el organismo es incapaz de sintetizarlos, o la composición de determinados micronutrientes, por ejemplo, la concentración de

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.



hierro. También es posible modificar rutas metabólicas con la finalidad de producir lípidos o carbohidratos de estructuras especiales, destinados a aplicaciones industriales o alimentarias específicas (por ejemplo, aceites con distintas composiciones de ácidos grasos o almidones de distinta composición). Por último, también es posible implantar nuevas rutas metabólicas para la síntesis de factores nutritivos no proteicos como vitaminas A o E, que no están normalmente presentes en las plantas.

Un ejemplo de beneficio para el consumidor es el arroz dorado, el cual podrá ayudar a combatir la deficiencia de vitamina A en países subdesarrollados proveyendo betacaroteno, precursor de la vitamina A, y hierro (ver Cuaderno N° 23, 91). Otros ejemplos en desarrollo son las papas que absorben menor cantidad de aceite, y alimentos hipoalergénicos (por ejemplo, maní y soja libres de componentes alergénicos naturales).

Cultivos genéticamente modificados y posibilidades para la industria

La ingeniería genética hace posible la utilización de las plantas para producir moléculas de uso industrial (*molecular farming*, producción de moléculas en la granja) que antes debían extraerse de otros organismos u obtenerse mediante fermentación microbiana. Dentro de estas aplicaciones se incluye la producción de sustancias de interés

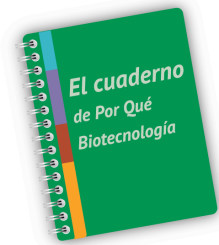
farmacológico o para la elaboración de lubricantes y plásticos biodegradables. También se trabaja en las rutas de síntesis de lignina (polímero que al combinarse con la celulosa da rigidez a la madera) para obtener distintas calidades de madera en los árboles, o la alteración de la síntesis de determinados pigmentos para uso textil, cosmética, pinturas, etc.

Finalmente el mejoramiento de plantas para su utilización como materia prima renovable para la producción de biocombustibles (bioetanol, biodiesel, biogás) constituye una necesidad mundial y en esto la ingeniería genética presenta un enorme potencial (ver Cuadernos N° 58 y 66).

La seguridad de uso y consumo de los cultivos transgénicos

Pocas tecnologías en la historia de la humanidad han sido introducidas con marcos regulatorios tan estrictos como la biotecnología moderna (ver Cuaderno N° 19). Las variedades transgénicas son testeadas rigurosamente antes de ser introducidas en el mercado, en lo que respecta a seguridad ambiental y aptitud de los nuevos cultivos para el consumo humano y animal en lo que se refiere a composición sustancial, calidad nutricional y presencia de toxinas o alérgenos. El proceso de análisis ha sido seguido regularmente por la comunidad científica internacional y ha

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.



sido motivo de un intenso debate público. Puede afirmarse que ningún otro tipo de cultivo (de mejoramiento clásico) ha sido sometido a evaluaciones tan rigurosas como los transgénicos, aún cuando hay casos en que pudiera presumirse que éstos involucran mayores riesgos para la salud humana. Millones de personas vienen consumiendo en todo el mundo plantas transgénicas y sus derivados (aceite, harina, almidón, etc.) desde hace más de una década sin que se haya reportado evidencia científica alguna que sugiera que los alimentos derivados de cultivos genéticamente modificados sean más riesgosos para la salud humana que el resto de los alimentos.

Biotecnología agrícola: conclusiones finales

En resumen, los retos de la biotecnología agrícola residen en aumentar la productividad en simultáneo con la reducción de los costos, generar innovaciones para la industria y mejoras en la calidad de vida, por ejemplo con alimentos de mayor calidad y más saludables, y conducir a prácticas de cultivo más “ecológicas”.

Todas estas innovaciones generan una enorme diversidad de nichos productivos, y proporcionan valor agregado a la producción agrícola. Se está produciendo así la transición desde una agricultura basada exclusivamente en la producción de productos

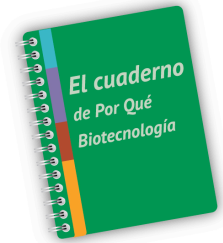
primarios (conocidos como *commodities*) hacia una agricultura de productos elaborados con fines específicos o valor agregado (*specialities*).

La biotecnología puede y debe jugar un rol importante en el desarrollo de nuevos productos agrícolas, pero otros factores, incluyendo tecnologías de fitomejoramiento tradicionales y de las infraestructuras agrícola-ganaderas no serán menos importantes.

Las aplicaciones biotecnológicas a la agricultura encierran grandes promesas. Por una parte, se asume que el mejoramiento de los cultivos mediante técnicas de biología molecular conducirá a una mayor producción y generación de nuevos nichos económicos. Los descensos de costos de producción están hoy principalmente asociados a la menor utilización de herbicidas y plaguicidas, aunque en desarrollos futuros también podrían involucrar una mejor asimilación de los fertilizantes. Asimismo, la introducción de tecnologías más benignas para el medio ambiente es un requerimiento urgente de lo cual dependerá la sustentabilidad futura de los sistemas productivos.

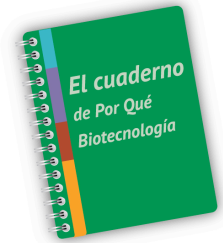
La satisfacción de la futura demanda de alimentos, tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo, es un problema muy complejo que demandará la utilización de todos los instrumentos disponibles para su resolución, incluyendo

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.



tecnologías convencionales y de última generación como la ingeniería genética, genómica, y la bioinformática, entre otras. Argentina es un país que depende de sus exportaciones agropecuarias. Diferentes análisis económicos revelan que, pese a los esfuerzos y apoyos a otras ramas industriales, por su competitividad natural el sector de agroalimentos y bebidas es, y seguirá siendo, el gran motor de la economía argentina (ver en www.argenbio.org el link [Cultivos aprobados y adopción en Argentina](#)). En tal sentido la competencia con otros países exportadores es muy alta. Estos países exportadores son los que ya hoy tienen plantas transgénicas y compiten con ellas por los mercados mundiales. La tecnología, es una herramienta genuina de competitividad y la biotecnología es una herramienta clave para poder competir (ver en www.argenbio.org los links: [Distribución por cultivo y característica](#) y [Distribución por país](#)).

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.



CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

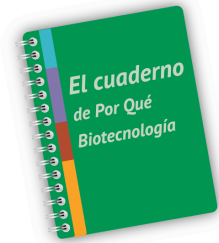
Este Cuaderno ofrece una introducción general y amplia acerca de la biotecnología aplicada a la actividad agrícola. Por lo tanto, puede ser implementado al trabajar temas variados, desde la biodiversidad, los ecosistemas, el desarrollo sustentable, temas de salud, y de seguridad alimentaria.

Al trabajar este tema en la clase es importante dejar en claro que la biotecnología moderna complementa (y no reemplaza) a las técnicas que emplea la agricultura tradicional en el mejoramiento de los cultivos, y que ofrece soluciones puntuales a problemáticas específicas, como plantas resistentes a las sequías, o una mayor proporción de nutrientes en alimentos que constituyen la base de la dieta en determinadas regiones.

Otro aspecto interesante para incluir en la clase a partir de este Cuaderno es la idea de agricultura tradicional y sus efectos en el ambiente, y dejar en claro que la biotecnología moderna no puede revertir de forma generalizada esos efectos negativos, pero aporta soluciones puntuales a problemas particulares (ver Cuaderno N° 59). Se sugiere también profundizar en el aspecto de regulación y controles que se aplican a los productos alimenticios. El objetivo es que los alumnos puedan conocer cómo funcionan los organismos de control en general, y cuáles son los requisitos que rigen en particular para los organismos transgénicos. Para ello, se sugiere consultar en www.argenbio.org la sección llamada:

CONCEPTOS RELACIONADOS

Biodiversidad. Mejoramiento de cultivos. Agricultura tradicional. Biotecnología moderna. Agroecosistema. Plantas transgénicas.



ACTIVIDADES

Actividad 1. Repaso

El objetivo de esta actividad es que los alumnos lean, interpreten y puedan reconocer en el texto las diferentes aplicaciones que tiene la biotecnología moderna. La consigna es señalar en el texto y realizar una lista de los objetivos que se plantea la biotecnología agrícola moderna, según este texto.

Respuesta:

1. Aumentar la producción de alimentos para abastecer el crecimiento poblacional y compensar el descenso de productividad y la reducción de tierra cultivable
2. Contribuir a una agricultura sustentable
3. Aumentar la eficiencia del mejoramiento en complemento con métodos convencionales.
4. Aumentar la calidad nutricional y compensar dietas mal balanceadas.
5. Disminuir los costos de producción y aumentar el valor agregado
6. Disminuir la degradación del medio ambiente
7. Sanear problemas ambientales (biorremediación)

Actividad 2. Investigación: cultivos transgénicos en Argentina

Esta actividad propone un trabajo de investigación acerca de los cultivos OGM aprobados en la Argentina. Se sugiere realizar un trabajo conjunto con docentes del área de las Ciencias Sociales.

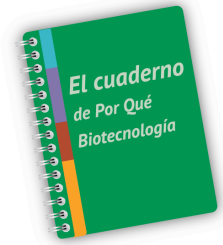
Ir al siguiente link en la sección "[Cultivos aprobados y adopción](#)" en la web de ArgenBio y leer cuáles son los únicos cultivos genéticamente modificados aprobados en la Argentina. En base a esta lectura, responder:

1. En qué zonas de la Argentina se cultiva soja, maíz y algodón.
2. Marcar las zonas en un mapa con división política. Para cada cultivo realizar un mapa distinto. Al utilizar papel calco, se podrá ver la superposición de las zonas de cultivo.
3. Investigar en www.argenbio.org cuál es la situación actual de estos cultivos en la Argentina y en el mundo. Analizar a qué proporción de los cultivos de soja, maíz y algodón son GM y qué proporción es cultivo tradicional.
4. Investigar qué productos se realizan en el mundo con estos cultivos. *La respuesta a esta actividad se encuentra en la lámina "¿Para qué nos sirven el maíz, el algodón y la soja?" que se encuentra en [www.porquebiotecnologia.com.ar/Área Educativa/ Láminas](http://www.porquebiotecnologia.com.ar/ÁreaEducativa/Láminas)*

Actividad 3

Todos los años se gastan millones de dólares en el mundo en la búsqueda de agroquímicos nuevos o más potentes para combatir el daño provocado por insectos, enfermedades y la deficiencia de nutrientes en los cultivos. Cabe imaginar las ventajas de obtener plantas que puedan protegerse por sí solas de los ataques de insectos, o de infecciones de bacterias y virus. La biotecnología moderna ya está

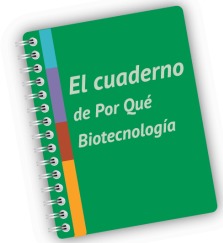
El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso.



ayudando a hacer realidad estas posibilidades. Puede reducir o aún reemplazar el uso de agroquímicos en gran escala con el consiguiente beneficio ambiental.

En comparación con el mejoramiento tradicional, la ingeniería genética es:
Completar:

- **Menos nociva para el medio ambiente porque.....** (RTA: Permite un menor uso de insecticidas y herbicidas químicos facilitando la labranza reducida, lo que lleva a una menor degradación del suelo).
- **Más específica porque.....** (RTA: Los científicos pueden elegir con mayor precisión la característica específica que desean introducir.)
- **Más rápida porque.....**(RTA: fijar el rasgo sólo lleva una generación en comparación con las muchas generaciones que con frecuencia se necesitan para el mejoramiento tradicional, donde se libra mucho al azar.)
- **Más flexible porque.....**(RTA: permite transferir rasgos que no existirían en las plantas desde otras especies inclusive muy lejanas en parentesco).



MATERIAL DE CONSULTA

1. "Biotecnología" - Introducción con experimentos modelo Jagnow y Dawid, Editorial Acribia S.A. (1991)
2. *La Biotecnología al Desnudo - Promesas y Realidades* - Editorial Anagrama. Autor: Eric S. Grace. Es una introducción a la historia y la tecnología de la biotecnología. Fraccionada y especialmente concebida para el lector no especializado, constituye una útil herramienta pedagógica.
3. *Biotecnología y mejoramiento vegetal*. Echenique, V. (ed); Rubinstein, C. (ed); Mroginski, L. (ed). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires (Argentina). Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología. Buenos Aires (Argentina). INTA. 2004.
<http://www.argenbio.org/adc/uploads/pdf/biotecnologia.pdf>
4. Consejo Argentino para la información y el desarrollo de la biotecnología. Ofrece textos, ilustraciones, animaciones, y glosario de biotecnología.
<http://www.argenbio.org/>
5. Actividades de Biotecnología de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile - CONICYT
<http://www.explora.cl/otros/metro/metrobio/portada.html>
6. "La revolución genética y la agricultura", del Dr. Alejandro Mentaberry, publicado en Ciencia Hoy, Volumen 11 N°62 de Abril/Mayo de 2001. Disponible en: <http://www.cienciahoy.org.ar/ln/hoy62/index.htm>
7. <http://cls.casa.colostate.edu/CultivosTransgenicos/> Sitio en español con información sobre transgénicos. Guía de recursos.
8. www.agbioworld.org Un sitio dedicado a brindar información sobre avances tecnológicos en agricultura para el mundo en desarrollo.
9. Revista CIENCIA HOY. *La transformación de la agricultura argentina*. Vol. 15. N° 87. Junio/Julio 2005. <http://www.cienciahoy.org.ar/ln/hoy87/>
10. www.minagri.gob.ar Ministerio de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, República Argentina.

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.



11. www.fao.org FAO. El Estado Mundial de la agricultura y la alimentación, 2005.