

Cuaderno N° 43, edición 2021

Los cultivos transgénicos en Argentina y en el mundo

Campaña agrícola 2020/2021: los cultivos transgénicos cumplen 25 años.

Datos de adopción en Argentina y en el mundo, características incorporadas y beneficios a lo largo de 25 años.

A continuación, se muestra la información actualizada sobre la adopción de cultivos transgénicos, también llamados genéticamente modificados (GM), en Argentina y en el mundo.

Para los datos globales, se tomaron los brindados por ISAAA (el Servicio para la Adquisición de Aplicaciones Agro- biotecnológicas, www.isaaa.org), que informa los datos de adopción de cultivos transgénicos en el mundo. Los datos locales corresponden al Relevamiento de Tecnología Agrícola Aplicada (ReTAA) de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires y al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MAGyP). Toda esta información también está disponible y se actualiza anualmente en www.argenbio.org y en las páginas web de las instituciones mencionadas.

Situación actual en Argentina

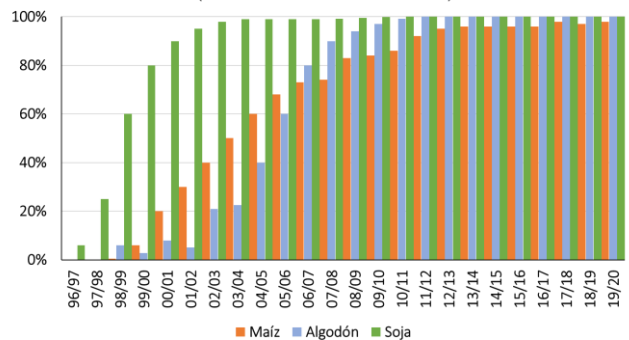
Argentina se encuentra entre los países pioneros en la adopción de cultivos transgénicos. De hecho, la tasa de adopción de cultivos GM es una de las más altas en cuanto a adopción de tecnologías en el sector agropecuario argentino, mayor inclusive a la observada años atrás con la incorporación de los híbridos de maíz. Los niveles de adopción indican un alto grado de satisfacción por parte del agricultor con respecto a los productos de la biotecnología agrícola que ofrece, además de la disminución de los costos, otras ventajas, como

mayor flexibilidad en el manejo de los cultivos, disminución en el uso de insecticidas, mayor rendimiento y mejor calidad.

Según el último informe de ISAAA, Argentina continúa siendo uno de los principales países productores de cultivos transgénicos, después de EEUU y Brasil, sembrando alrededor de 24 millones de hectáreas, lo que representa el 12-13% del área global cultivada con transgénicos.

En Argentina podemos decir que estamos en el máximo de adopción de la tecnología, porque prácticamente el 100% de la soja, el 100% del algodón, y el 98% del maíz que se cultivan en nuestro país son transgénicos.

Argentina: evolución de la superficie de cultivos transgénicos (como % del total de cada cultivo)



En 2019/20 también se sembraron unas 2.000 ha de alfalfa transgénica (no incluida en el gráfico porque representan una proporción muy pequeña del total). Fuente: ArgenBio, ReTAA Bolsa de Cereales y MAGyP

El gran nivel de adopción de los cultivos transgénicos disponibles es algo que también se repite en los principales países que cultivan OGM.



¿Cómo se evalúan y aprueban los cultivos transgénicos?

Para poder ser adoptados por los agricultores, los cultivos transgénicos deben tener la aprobación de las autoridades regulatorias correspondientes. La aprobación para la comercialización de un cultivo transgénico en Argentina está a cargo las autoridades del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGyP) y se basa en los informes técnicos elaborados por tres Direcciones y sus Comisiones Asesoras.



La Dirección de Biotecnología y la Comisión Nacional Asesora en Biotecnología Agropecuaria (CONABIA) evalúan los posibles riesgos que puede causar la introducción del cultivo transgénico en los agroecosistemas. El Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) y el Comité Técnico Asesor para el uso de OGM (CTAUOGM) evalúan los riesgos potenciales para la salud humana y animal derivados del consumo, como alimento, del cultivo transgénico o sus subproductos. Finalmente, la Subsecretaría de Mercados Agropecuarios (SSMA) determina la conveniencia de la comercialización del cultivo transgénico de manera de evitar potenciales impactos negativos en los mercados, especialmente en las exportaciones argentinas.

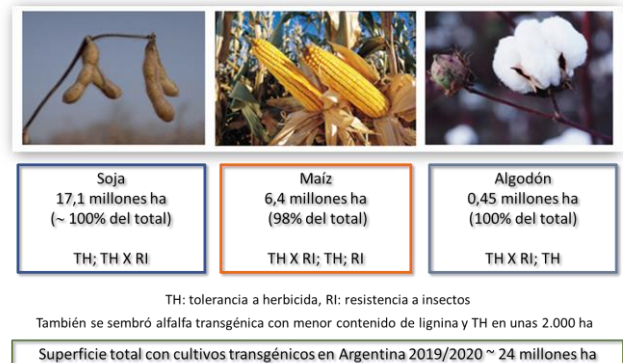
Luego de considerar los tres informes técnicos mencionados, el Secretario de Alimentos, Bioeconomía y Desarrollo Regional toma la

decisión final y autoriza la siembra, consumo (humano y animal) y comercialización del cultivo GM evaluado.

¿Qué características tienen los cultivos transgénicos adoptados en la Argentina?

De los cultivos transgénicos aprobados en la Argentina (ver la lista completa en: <https://www.argentina.gob.ar/ogmcomerciales>), los que hoy se comercializan y están ampliamente adoptados en el país son la soja, el maíz y el algodón. Las características presentes en estos cultivos son la tolerancia a herbicidas y la resistencia a insectos (Bt), y se encuentran solas o combinadas. La tendencia, en todos los casos, es a combinar las características en el mismo cultivo.

Argentina: cultivos GM campaña 2019/2020



Fuente: ArgenBio, ReTAA Bolsa de Cereales y MAGyP

En la campaña 2019-2020 también se sembraron en Argentina unas pocas hectáreas de alfalfa transgénica. Las variedades de alfalfa transgénica registradas y recientemente comercializadas el país tienen tolerancia al herbicida glifosato y un menor contenido de lignina (mejor calidad forrajera).

Soja tolerante al herbicida glifosato

La soja es la oleaginosa de mayor importancia económica en el mundo y fue el primer cultivo en el mercado argentino en incorporar una característica a través de transgénesis en 1996. La soja transgénica tolerante a glifosato ha sido

mejorada por ingeniería genética para sobrevivir a las aplicaciones de herbicidas a base de glifosato. El glifosato es un principio activo herbicida que controla un amplio espectro de malezas. El glifosato provoca la muerte de las plantas al inhibir la acción de la enzima 5-enolpiruvilsikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS) implicada en la síntesis de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina y triptófano), esenciales para la síntesis proteica en las plantas.

La soja transgénica tolerante a glifosato se obtuvo al incorporarle a la planta un gen extraído de la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*. Este gen codifica para la síntesis de una forma de la enzima EPSPS que no es afectada por el glifosato. Al no poder unirse el herbicida a la enzima EPSPS producida por el gen bacteriano, la enzima sigue funcionando normalmente y la planta de soja sobrevive a la aplicación de glifosato. Esta característica permite aplicar glifosato sobre el cultivo de soja tolerante a glifosato para controlar las malezas sin afectar al cultivo. Por el amplio espectro de control del glifosato y su flexibilidad en el momento de aplicación, la soja transgénica tolerante a glifosato se complementa muy bien con prácticas de labranza conservacionistas, como la siembra directa, contribuyendo a la conservación del suelo, simplificación de manejo y reducción de costos de producción.

Soja resistente a insectos y tolerante a herbicidas

En el año 2012 se aprobó en nuestro país la soja con las características de resistencia a insectos (Bt) y tolerancia a glifosato combinadas, y se empezó a cultivar en la campaña 2013/14. La resistencia a insectos se obtuvo por ingeniería genética para brindar protección frente a ciertas plagas de lepidópteros a través de la expresión, en sus tejidos, de proteínas insecticidas. La denominación Bt deriva del organismo donante de la

característica, *Bacillus thuringiensis*, una bacteria que normalmente habita el suelo y cuyas esporas contienen proteínas específicas, denominadas Cry, que son tóxicas para ciertos insectos. La inserción del gen que codifica para la proteína Cry1Ac le otorga al cultivo de soja protección principalmente contra: oruga de las leguminosas (*Anticarsia gemmatalis*), falsa medidora (*Chrysodeixis includens*), oruga medidora (*Rachiplusia nu*), oruga bolillera (*Helicoverpa gelotopoeon*) y barrenador del brote (*Crociosema aporema*). Las proteínas Cry son inocuas para mamíferos, pájaros e insectos no-blanco.

Maíz resistente a insectos (maíz Bt)

El maíz es uno de los tres cultivos más importantes del mundo. La biotecnología ofrece en la actualidad una solución efectiva contra ciertos lepidópteros, como el barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*), el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y la oruga o isoca de la espiga (*Helicoverpa zea*) que constituyen las principales plagas del maíz en nuestro país. Hay también opciones con protección frente a insectos coleópteros, como la vaquita de San Antonio (*Diabrotica speciosa*), cuyas larvas subterráneas dañan a las raíces del maíz.

Mediante técnicas de ingeniería genética se ha logrado que las plantas de maíz produzcan proteínas insecticidas que eliminan a las larvas de ciertos insectos plaga que se alimentan de sus hojas, tallos o raíces. A este maíz transgénico se lo denomina maíz Bt ya que los genes que codifican para las proteínas insecticidas, y que se introducen en la planta mediante ingeniería genética, provienen de *Bacillus thuringiensis*.

Bacillus thuringiensis es una bacteria que habita normalmente el suelo y contiene unas proteínas tóxicas para ciertos insectos. Estas proteínas, denominadas Cry, se activan en el sistema

digestivo de la larva y se adhieren a su epitelio intestinal. Esto provoca la parálisis del sistema digestivo del insecto plaga, que deja de alimentarse y muere a los pocos días.

Más recientemente también se han incorporado al maíz genes para otras proteínas insecticidas, las denominadas Vip. En lugar de producirse en las esporas de *Bacillus thuringiensis*, las proteínas Vip forman parte de las estructuras cristalinas que aparecen durante la fase vegetativa de la bacteria. Al igual que las proteínas Cry, se unen específicamente a receptores del sistema digestivo de los insectos plaga que controlan.

En resumen, el maíz Bt es un maíz transgénico que produce en sus tejidos proteínas Cry y/o Vip. Así, cuando las larvas de los insectos plaga intentan alimentarse de la hoja o del tallo del maíz Bt, mueren. Las proteínas Cry y Vip son inocuas para mamíferos, pájaros e insectos no-blanco.

Por el momento, para control de lepidópteros, hay cinco proteínas Bt disponibles comercialmente en maíz (Cry1Ab, Cry1F, Cry1A.105, Cry2Ab y Vip3A) y dos proteínas para el control de coleópteros en maíz (Cry3A y Cry3Bb). Los primeros maíces Bt expresaban solo una proteína, pero la tendencia hoy en día es apilarlas para ampliar el espectro de control y contribuir a retrasar la selección de resistencia en insectos.

Los beneficios que presenta el maíz Bt se centran en la posibilidad que tiene el agricultor de cultivarlo reduciendo las aplicaciones de insecticidas, lo que constituye, además, un beneficio directo para el medio ambiente.

Maíz tolerante a herbicidas

El maíz transgénico tolerante al herbicida glifosato se obtuvo por introducción del gen de la enzima EPSPS de maíz, pero con modificaciones en su

secuencia para que la enzima resulte resistente al herbicida, o bien por introducción de un gen extraído de la bacteria *Agrobacterium tumefaciens* que codifica para una forma de la enzima EPSPS insensible al glifosato. Como en el caso de la soja, esta característica permite flexibilizar el manejo de malezas que afectan al cultivo de maíz.

También hay en el mercado maíz transgénico tolerante al herbicida glufosinato de amonio. Este maíz tiene agregado un gen proveniente de la bacteria *Streptomyces viridochromogenes* que codifica para la enzima PAT que inactiva al glufosinato de amonio. En muchos casos, la tolerancia a glufosinato de amonio está combinada con la tolerancia a glifosato en la misma planta.

Los beneficios que presenta el maíz tolerante a herbicidas se centran en la posibilidad que tiene el agricultor de elegir entre más opciones de herbicidas el que mejor se ajuste a las malezas presentes sin dañar a su cultivo.

Maíz resistente a insectos y tolerante a herbicidas

El primer maíz transgénico resistente a insectos y tolerante a herbicidas fue aprobado, en Argentina, en 2005 y a partir de ahí hubo varios materiales aprobados que presentan diferentes combinaciones de características.

La posibilidad de tener en una misma planta más de un rasgo ventajoso es un objetivo siempre buscado por los fitomejoradores, en este caso, se trata de la combinación de dos rasgos –de resistencia a insectos y de tolerancia a herbicidas– en maíz, lo que genéricamente se denomina una combinación, acumulación o apilamiento de rasgos (también llamado stack en inglés). En general, los rasgos se “apilan” por cruzamiento, donde se cruzan plantas que contienen uno o más rasgos cada una.

Así, esta combinación de rasgos de resistencia a insectos y tolerancia a herbicidas (glifosato y/o glufosinato de amonio) le otorga a las plantas de maíz una protección contra las tres principales plagas del maíz en nuestro país y permite el uso de herbicidas de amplio espectro para el control de malezas.

Algodón Bt y tolerante a herbicidas

De la misma manera que la soja y el maíz Bt, el algodón Bt resulta de la incorporación de genes Cry, originarios de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, al genoma del algodón. Así, el algodón Bt que se cultiva en la Argentina tiene el gen que codifica para la proteína Cry1Ac que le otorga resistencia a insectos (lepidópteros) y, en particular, a la oruga del capullo (*Helicoverpa gelotopoeon*), la oruga de la hoja del algodónero (*Alabama argillacea*) y la lagarta rosada (*Pectinophora gossypiella*).

La primera variedad de algodón Bt en el país se comercializó en 1998 y, desde aquel momento, los principales beneficios de su adopción fueron el aumento en los rendimientos debido al control de insectos, la reducción de los costos y la disminución del impacto ambiental y para la salud debido al menor número de aplicaciones de insecticidas.

El algodón tolerante a herbicidas (glifosato y glifosato/glufosinato de amonio) fue obtenido de la misma manera que el maíz y la soja, mencionados anteriormente.

El algodón que combina las características de resistencia a insectos y tolerancia a glifosato es una combinación de rasgos por cruzamiento.

Alfalfa con menor contenido de lignina y tolerante a herbicidas

La alfalfa es una especie perenne que pertenece a

la familia de las leguminosas y es considerada la reina de las forrajeras. Es muy usada en sistemas de producción de leche y de carne sobre pastoreo. Asimismo, la alfalfa es la especie por excelencia en los sistemas de producción de heno, debido a sus aptitudes de calidad, producción y facilidad de conservación.

El mayor desafío del manejo de alfalfa como forrajera es definir el momento de corte o pastoreo. Por lo general se trata de alcanzar un equilibrio entre el rendimiento de materia seca y su valor nutritivo. A medida que avanza el ciclo de producción, el rendimiento por hectárea aumenta, pero la calidad del forraje producido disminuye, principalmente por acumulación de lignina, que es indigestible para rumiantes.

En 2018 se aprobó en Argentina la alfalfa transgénica con menor contenido de lignina y tolerancia al herbicida glifosato (combinadas por cruzamiento convencional) y en la campaña 2019-2020 se sembraron unas 2.000 ha con variedades transgénicas registradas. Contiene un gen (ccomt) de la misma especie (en repetición invertida) que produce ARN de cadena doble que interfiere con los niveles de transcritos de la enzima que interviene en la síntesis de lignina, resultando en una alfalfa de mejor calidad. A su vez, tiene el gen cp4 epsps proveniente de *Agrobacterium tumefaciens* cepa CP4, que codifica para la enzima EPSPS modificada que otorga tolerancia al herbicida glifosato.

Esta alfalfa transgénica permite maximizar la calidad en comparación con la alfalfa convencional en la misma etapa de madurez, al reducir la cantidad de lignina de la planta. mejorado la calidad del forraje. Esto brinda a los productores flexibilidad en la toma de decisiones, con la posibilidad de tener forraje de mayor calidad nutritiva, en comparación con la convencional, o

demorar la cosecha para mantener el potencial de rendimiento sin sacrificar la calidad.

Adicionalmente, la tolerancia al herbicida glifosato ofrece mayor flexibilidad en el manejo de malezas.

Cártamo con expresión de quimosina bovina en su semilla

En 2017 se aprobó en Argentina el cártamo transgénico, un desarrollo local, que produce quimosina bovina en sus semillas. Se trata de la primera incorporación de un cultivo que produce una enzima (uso de plantas como fábricas de moléculas o “molecular farming”), en este caso la quimosina, que se utiliza para la producción de quesos.

El cártamo es una planta de la familia de los cardos. Tradicionalmente, sus flores eran utilizadas en la industria de colorantes, el negocio de las especias y en medicinas, pero también es utilizado para obtener aceite vegetal extraído de sus semillas. El cártamo transgénico se produce en una pequeña superficie y para fines industriales en Argentina, ya que todo lo producido es procesado en una planta industrial diseñada especialmente para extraer y purificar la quimosina de la semilla con una alta eficiencia. La superficie sembrada con cártamo transgénico es ínfima en comparación con la de soja, maíz y algodón transgénicos, que son los cultivos ampliamente adoptados en agricultura extensiva.

Impacto de la adopción de cultivos transgénicos en la Argentina

Como mencionamos anteriormente, el primer cultivo transgénico sembrado en Argentina fue la soja tolerante al glifosato en 1996. En la campaña 2020-21 se cumplen 25 años de uso de cultivos transgénicos y el impacto de su rápida y amplia adopción es positivo.

Gracias a los cultivos transgénicos se disminuyó el

uso de insecticidas, se reemplazaron herbicidas por otros de menor toxicidad y su uso, bajo prácticas conservacionistas como la siembra directa, resultó en una menor erosión del suelo, menos emisiones de gases invernadero y una reducción en el uso de combustibles.

Además, el aumento de la productividad de los cultivos (podemos producir más en menos tierra), permitió preservar hábitats naturales y usar el agua y el suelo más eficientemente. Los agricultores, por su parte, se beneficiaron a través de la simplificación en el manejo, el aumento en los rendimientos y la disminución de los costos de producción.

Más allá del productor, la adopción de estos cultivos impacta positivamente en la economía del país como un todo, por las consecuencias sociales y económicas de la actividad y los incrementos en las exportaciones. Hoy en Argentina prácticamente todos los productores de soja, maíz y algodón usan variedades transgénicas, esto quiere decir que tanto los grandes, como los medianos y pequeños productores, pueden percibir los beneficios que brindan las tecnologías. Por otra parte, también nos beneficiamos los consumidores, porque las tecnologías de resistencia a insectos en maíz mejoran la calidad del grano y reducen los niveles de micotoxinas que podrían ser peligrosas para nuestra salud y la de los animales.

Situación actual en el mundo

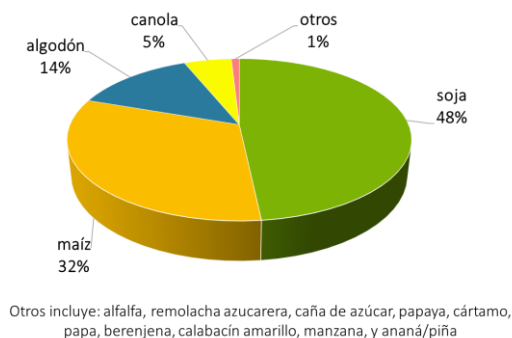
Según el último informe del ISAAA (ISAAA, 2019), 17 millones de agricultores de 29 países sembraron cultivos transgénicos en 190,4 millones de hectáreas en 2019. Esta superficie representa una disminución del 0,7% respecto de las 191,7 millones de hectáreas sembradas con cultivos transgénicos a nivel global en 2018. Esta disminución no se debió a una menor adopción de variedades GM, sino a una reducción en las áreas sembradas con algunos cultivos debido a

situaciones climáticas desfavorables.



Consistentemente, desde el 2016, alrededor del 50% de las hectáreas sembradas con cultivos transgénicos en el mundo correspondieron a soja, el 31-33% a maíz, el 12-13% a algodón y el 5% a canola. El 1% restante de la superficie sembrada con cultivos transgénicos en el mundo correspondió a variedades transgénicas de alfalfa, remolacha azucarera, caña de azúcar, papaya, cártamo, papa, berenjena, calabacín amarillo, manzana, piña/ananá, clavel, y rosa.

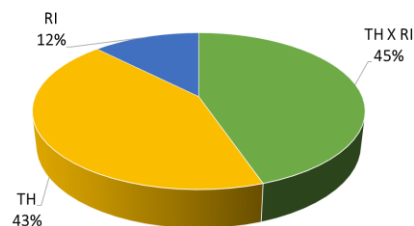
Área global de cultivos transgénicos, por cultivo (sobre 190,4 millones de hectáreas)



Con respecto a las características, siguiendo las tendencias de años anteriores, la participación de cultivos con características combinadas (tolerancia a herbicida y resistencia a insectos) siguió creciendo. En 2019 el 45% de la superficie total de

cultivos transgénicos se sembró con cultivos que contenían características apiladas (maíz, algodón y soja), el 43% con cultivos tolerantes a herbicida (soja, maíz, canola, algodón, remolacha azucarera y alfalfa), y el 12% con cultivos resistentes a insectos-Bt (maíz, algodón, berenjena y caña de azúcar). Es notable el aumento en la proporción del uso de cultivos que combinan la tolerancia a herbicidas y la resistencia a insectos con respecto a la adopción de cultivos con una sola característica a partir de 2015. También se sembraron, aunque en superficies mucho menores, cultivos resistentes a virus (papaya, calabacín amarillo), cultivos con tolerancia a sequía (maíz y caña de azúcar), color azul (clavel, rosa), menos pardeamiento (papa y manzana), alto oleico (soja), color rosa (ananá/piña).

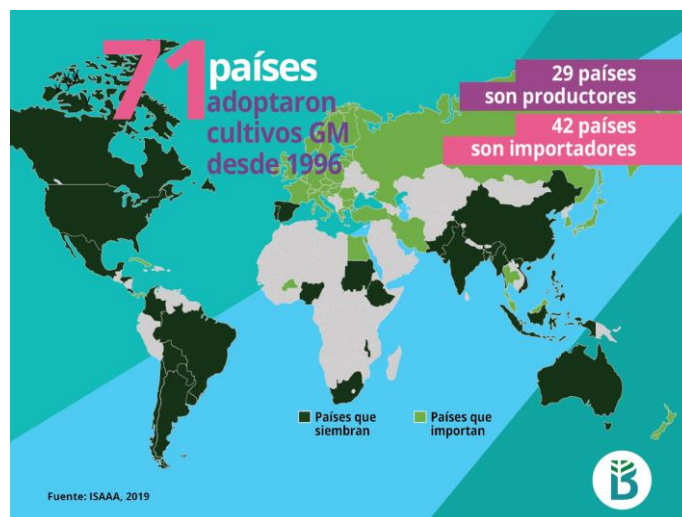
Área global de cultivos transgénicos, por característica (sobre 190,4 millones de hectáreas)



TH: tolerancia a herbicida, RI: resistencia a insectos

También se sembraron superficies pequeñas de cultivos con: resistencia a virus (papaya, calabacín amarillo), tolerancia a sequía (maíz, caña de azúcar), color azul (clavel, rosa), menos pardeamiento (papa, manzana), alto oleico (soja), color rosa (ananá/piña)

Fuente: ISAAA, 2019



Los países que en 2019 sembraron cultivos transgénicos fueron 29 y, al menos 42 países, por más que no sembraron transgénicos, importaron y consumieron cultivos transgénicos y sus derivados.

Entre los principales países productores de cultivos transgénicos en 2019 hubo tanto países industrializados como países en desarrollo (ver Tabla 1). Los 11 países que sembraron más de 1 millón de hectáreas cultivaron, entre todos, más del 98% de la superficie mundial de transgénicos.

Los otros 18 países sembraron menos de 1 millón de hectáreas cada uno y fueron: Filipinas, Australia, Myanmar, Sudán, México, España, Colombia, Vietnam, Honduras, Chile, Malawi, Portugal, Indonesia, Bangladesh, Nigeria, eSwatini, Etiopía y Costa Rica.

Tabla 1. Superficie sembrada con cultivos transgénicos en los principales países productores en 2019. Fuente: ISAAA 2019.

	millones ha
Estados Unidos	71,5
Brasil	52,8
Argentina	24
Canadá	12,5
India	11,9
Paraguay	4,1
China	3,2
Sudáfrica	2,7
Pakistán	2,5
Bolivia	1,4
Uruguay	1,2

Actividades

Actividades y recursos en

www.porquebiotecnologia.com.ar

Te invitamos a ingresar a

<http://porquebiotecnologia.com.ar/materiales>. Allí encontrarás diversas actividades y recursos

relacionados con los contenidos de este cuaderno. Te sugerimos especialmente estas 3:

- Cultivos transgénicos: es hora de comprender más y temer menos. Una pequeña revista imprimible en blanco y negro que se puede trabajar en clase o en una charla de divulgación y resume los contenidos de este cuaderno. Qué cultivos transgénicos hay y qué características tienen.
<http://porquebiotecnologia.com.ar/recursos/Re vista cultivos transgenicos.pdf>
- Infografías. Si deseás repasar cómo se evalúa y aprueba un cultivo transgénico, estas infografías puede serte útiles para una clase o charla o Cultivos transgénicos del laboratorio a tu mesa
<http://porquebiotecnologia.com.ar/recursos/Cu ltivo transgenico del laboratorio a la mesa. pdf>
- ¿Qué significa OGM? Folleto que resume qué es un OGM y sus beneficios para el ambiente y para vos.
<http://porquebiotecnologia.com.ar/recursos/Qu e significa OGM.pdf>

Recordá que podés bajar las preguntas frecuentes en este link: Cultivos transgénicos, preguntas frecuentes. ¿Qué te preocupa?
<http://www.porquebiotecnologia.com.ar/faqs>

Otras actividades

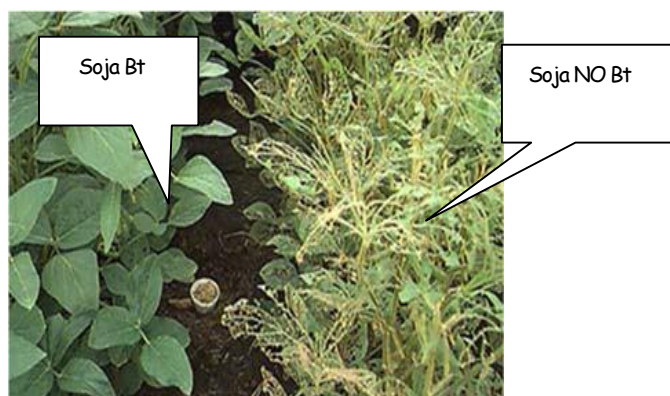
Actividad 1.

Según un informe presentado por el Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas (ISAAA, según sus siglas en inglés), el área global de cultivos transgénicos en 2019 fue de 190,4 millones de hectáreas, de los cuáles 24 millones de hectáreas correspondieron a la Argentina, lo que implica alrededor del 12,6% del área global sembrada con OGMs.

A partir de la tabla de superficie sembrada con

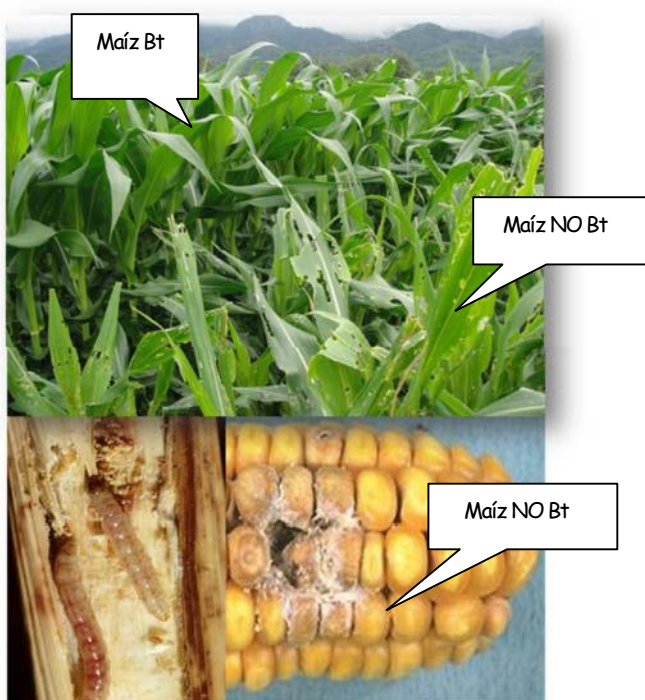
transgénicos por país (ISAAA 2019), te proponemos armar un gráfico o mapa que muestre los datos de una manera más clara y visual. ¿Qué deberías tener en cuenta? Conversalo con tu docente y compañeros y, ¡a trabajar!

	millones ha
Estados Unidos	71,5
Brasil	52,8
Argentina	24
Canadá	12,5
India	11,9
Paraguay	4,1
China	3,2
Sudáfrica	2,7
Pakistán	2,5
Bolivia	1,4
Uruguay	1,2



Actividad 2.

En este texto se nombraron los diferentes beneficios de las características tolerancia a herbicidas (TH) y resistencia a insectos (Bt). Con la ayuda de las siguientes ilustraciones, repasar y enumerar cuáles son esos beneficios.



Material de consulta

- ArgenBio (Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología) <http://www.argenbio.org/> Secciones Cultivos Transgénicos y Recursos- estadísticas.
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, Dirección de Biotecnología <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/biotecnologia/institucional/>
- ISAAA (Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas) <https://www.isaaa.org/>
- Cultivos transgénicos, preguntas frecuentes. ¿Qué te preocupa? <https://www.porquebiotecnologia.com.ar/faqs>

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