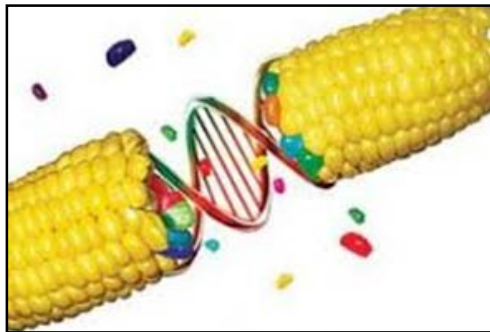


La Genética se mete en la agricultura

Talleres de divulgación para estudiantes de escuelas secundarias
acerca de los alcances de la Genética en el agro



Autores

Dra. Érica Tocho

Dra. María Silvia Tacaliti T

Ing. Agr. Alejandro R. Moreno Kiernan

Proyecto de Extensión

Subsidiado por la Universidad Nacional de La Plata

Centro de Investigación en Sanidad Vegetal (CISaV).

Facultad de Cs Agrarias y Forestales. UNLP.

Cátedras de Genética, Zoología Agrícola y Terapéutica Vegetal

Año 2021

TEMARIO

- La Argentina, país agricultor
- ¿Qué es la Agronomía?
- Objetivos de la Agronomía
- El ácido desoxirribonucleico (ADN), la molécula de la vida
- ¿Cómo se expresa la información contenida en el ADN?
- La Genética en el agro
- Las plagas y su manejo en la agricultura
- Manejo integrado de plagas (MIP)
- Control genético. Ejemplos aplicados a la agricultura
- El mejoramiento genético
- ¿Qué es una planta transgénica?
- Plantas transgénicas: el debate
- Nuevas tecnologías

La Argentina, país agricultor

La agricultura se define como “el arte de cultivar la tierra” proviene del latín *ager*, *agri* (campo) y cultura (cultivo).

En Argentina la agricultura cumple un rol fundamental en su economía, desde la producción de cereales, frutas, hortalizas hasta ganadería y forestación, abasteciendo al país y exportando su excedente. El extenso territorio y la variedad climática existente permiten una gran distribución de los cultivos (Figura 1). Según el último censo 2018, el área destinada a uso agrícola a nivel nacional asciende a 37,4 Mha.

Las oleaginosas (soja, maíz y girasol) ocuparon el 38,5% del área, con los cereales (trigo, cebada, centeno, avena, etc.) alcanzando el 30,4% del total (Tabla 1).

Por otra parte, los modelos de producción se han modificado en los últimos años hacia sistemas productivos más amigables con el medio ambiente, promoviendo la diversidad de cultivos, menor uso de agroquímicos y menor impacto ambiental.



Figura 1

Tabla 1. Datos del censo nacional de 2018

Tipo de cultivo	Superficie (ha)	Participación (%)
Oleaginosas	14.391.625	38,5%
Cereales	11.387.352	30,4%
Forrajeras	7.938.960	21,2%
Bosques y montes implantados	1.230.246	3,3%
Cultivos industriales	893.697	2,4%
Frutales	514.701	1,4%
Legumbres	363.441	1,0%
Hortalizas	134.993	0,4%
Aromáticas, medicinales y condimentarias	7.068	0,0%
Viveros	2.372	0,0%
Flores de corte	815	0,0%
Sin discriminar	546.724	1,5%
<u>Total implantado</u>	37.411.993	

¿Qué es la Agronomía?

Es una disciplina que se basa en un **conjunto de saberes**, conocimientos y técnicas aplicadas en la práctica de la **agricultura, silvicultura y ganadería**.

Objetivos de la Agronomía

Su objeto de estudio principal es el agroecosistema que el ser humano interviene en la naturaleza para sus necesidades básicas. Así mismo, mejorar la calidad de los procesos de producción agrícolas y alimentarios, **estudiar los diferentes factores físicos, químicos, biológicos, económicos y sociales en el proceso productivo**. Además, optimizar el desarrollo de productos agrícolas, suelos productivos, fitomejoramiento en plantas, cultivos, producción sustentable, calidad vida rural y otros aspectos.

El ácido desoxirribonucleico (ADN), la molécula de la vida

El **ADN** es la molécula portadora de la información genética para el funcionamiento celular y el establecimiento de los caracteres específicos de una especie o individuo. El ADN junto con las proteínas forma los **cromosomas** que se alojan en el interior del núcleo de las células eucariotas (Figura 2). Tiene la capacidad de duplicarse a sí mismo y dividirse cuando se forman las células hijas y las gametas, que son las células que transmiten los progenitores a sus descendientes y que llevan TODA la información necesaria para que se forme un nuevo individuo. El ADN también tiene la capacidad de mutar (cambios en las secuencias de bases que lo conforman) que es importante para generar variabilidad genética y diversidad de especies.

Se llama **GENOMA** al ADN y a los genes que están en los cromosomas de un organismo. El tamaño de los genomas varía entre las especies y se conocen las secuencias de bases completas de muchos genomas como el del arroz, trigo, mosca de la fruta, del perro y del ser humano. También es importante llegar a conocer la función que

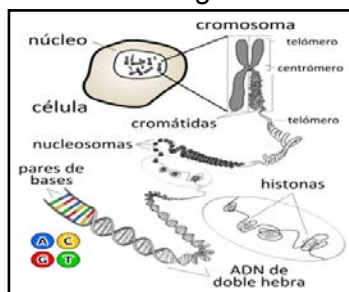


Figura 2

cumplen todos los genes y las proteínas que ellos elaboran y de su estudio se encarga la **GENÓMICA Y PROTEÓMICA** respectivamente. No basta con conocer la secuencia del genoma completo, hay que caracterizar las proteínas que los genes ordenan elaborar, por eso el proteoma es el actual desafío de la biología.

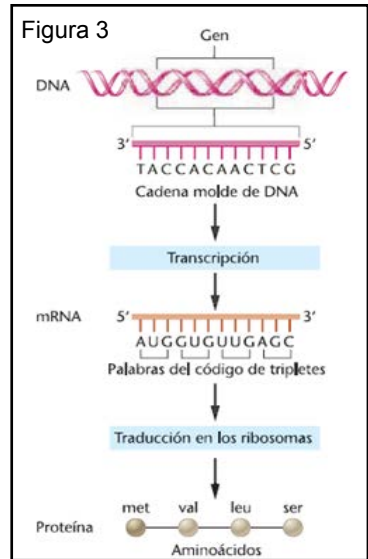
¿Cómo se expresa la información contenida en el ADN?

Los genes codifican distintos tipos de ARN (otra molécula bastante parecida al ADN), mediante un proceso llamado Transcripción, entre los que se encuentran los ARNs mensajeros y estos codifican una secuencia de aminoácidos (es decir, una proteína) a través de la Traducción de la información (Figura 3).

La Genética en el agro

La **Genética** es la ciencia que estudia la transmisión de los rasgos o caracteres hereditarios de una generación a la otra, es decir, de los progenitores a sus hijos/as.

La Genética vegetal y animal, además de ocuparse de la información genética de un individuo, a la que se llama **GENOTIPO**, considera al **AMBIENTE** en el que se desarrollan y crecen. Por eso, el **FENOTIPO** es el resultado de un GENOTIPO en un AMBIENTE determinado ($F=G+A$) y ambos interactúan entre sí. Los programas de mejoramiento genético consideran esas interacciones para seleccionar características productivas superiores, como por ejemplo una variedad de trigo más resistente enfermedad fúngica o el mejoramiento de la carne en una raza bovina.



Sin embargo, cuando se seleccionan genes de interés para la producción, otros genes quedan por fuera. Estos genes no se pierden, sino que se mantienen en las especies silvestres. Por eso, es importante CONSERVAR la variabilidad genética presente en los recursos vegetales ya que de eso dependen los futuros progresos de la agricultura (Figura 4).



Figura 4. Diversidad de especies vegetales y animales

¿SABÍAS QUÉ...?

- *El maíz tiene 20 cromosomas en sus células somáticas y la vaca tiene 60. El número de cromosomas varía según la especie.*
- *El arroz tiene en su genoma más de 50.000 genes mientras que en el caballo hay 20.000 genes que codifican proteínas, entre los cuales 17.000 aproximadamente son similares a los del hombre, del ratón y del perro.*
- *El tomate tiene mayor número de genes que el ser humano porque hace 70 millones de años se triplicó su genoma. Tener todos los genes por triplicado le permitió salvarse de la extinción masiva que eliminó el 75% de las especies del planeta.*

Las plagas y su manejo en la agricultura

Los daños provocados por las plagas y las enfermedades han asolado a los agricultores desde el comienzo mismo de la agricultura. Una de las principales causas de la reducción del rendimiento en los cultivos es la incidencia de plagas o adversidades.

Dentro de las adversidades encontramos principalmente insectos, malezas y enfermedades (hongos, bacterias y virus).

Para ayudar a mitigar esta problemática es necesario contar con el conocimiento suficiente sobre la fenología del cultivo que permita predecir los momentos críticos de incidencia de cada una de las plagas y con ello establecer el método de control más efectivo que garantice el adecuado desarrollo del cultivo.

Para evitar las pérdidas que producen estos organismos se deben llevar a cabo diferentes estrategias de control.

¿QUÉ ES UNA PLAGA EN LA AGRICULTURA?

*Un organismo es considerado **plaga** cuando causa daño al hombre, a sus cultivos o animales (ver ejemplo en la Figura 5). En términos agrícolas, se clasifica como **plaga** cuando el daño que causa al cultivo o a los animales es suficiente para reducir el rendimiento y/o calidad del producto cosechado, en una cantidad tal que es económicamente inaceptable para el productor.*

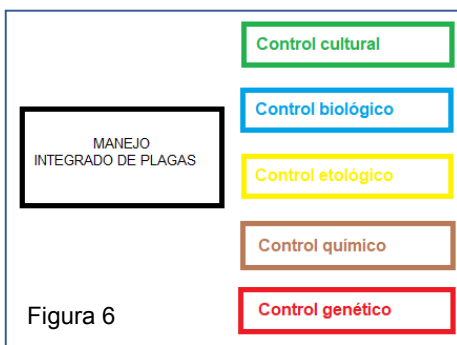


Figura 5. Tucura

Manejo integrado de plagas

El manejo integrado de plagas (MIP) no es un término nuevo, pero si ha cobrado mucha importancia en las últimas dos décadas debido a los retos ambientales que suponen la alimentación mundial, la generación de empleos agrícolas, la protección del trabajador y el consumidor final, la reducción del área agrícola y los riesgos de intoxicaciones o contaminación de fuentes de agua.

En definitiva, el MIP es el uso de diferentes estrategias de control para disminuir la población de una plaga a niveles económicamente aceptables (Figura 6). Dentro de las diferentes estrategias se pueden mencionar el control químico, control cultural, control biológico, control etológico y el que nos interesa en este taller el **control genético**.



En definitiva, el control genético es la utilización de mecanismos genéticos o de la herencia con el objetivo de controlar las plagas.

El posible uso de la diversidad genética en la solución de problemas fitosanitarios ha sido una de las razones por las cuales la conservación de los recursos filogenéticos ha despertado interés en todas las regiones del mundo, ante la amenaza de

perder esa riqueza útil no solo en la lucha contra las plagas, sino también para programas de mejoramiento de otras características.

Control genético. Ejemplos aplicados a la agricultura

Una de estas técnicas de control usa **machos estériles**. Se esteriliza un gran número de machos del insecto de la plaga que luego son liberados. Los estériles compiten con los normales en la fecundación de las hembras, por lo que no haya descendencias disminuyendo así la población de la plaga de una generación a otra. Esta técnica tiene éxito especialmente en aquellas especies de insectos en los que la hembra sólo se cruza una vez., en nuestro país se utiliza para el control de mosca de la fruta.

Otro de los procedimientos consiste en desarrollar, por diversas técnicas, variedades de **cultivos resistentes** a la plaga. Se puede hacer seleccionando ejemplares de la planta que han resistido a la plaga y cruzándolos entre sí, hasta obtener una variedad genética resistente.

La Ingeniería genética aporta técnicas muy interesantes para conseguir variedades de plantas resistentes a las plagas. Así, por ejemplo, un gen de la bacteria ***Bacillus thuringiensis*** (productora de un veneno que mata a los insectos) ha sido introducido en plantas de algodón y maíz. Las orugas de mariposas que se alimentan de hojas de estas plantas genéticamente alteradas mueren o sufren graves alteraciones en su desarrollo.

El desarrollo de variedades resistentes ha tenido grandes

éxitos en la lucha contra las plagas, pero no siempre ha sido un éxito total. En muchos casos los insectos, hongos o bacterias evolucionan rápidamente y pueden volver a convertirse en plaga desarrollando lo que se conoce como **resistencia**.

El mejoramiento genético

Desde la antigüedad, el hombre intentó mejorar sus cultivos. A través de una acción simple como guardar las semillas de aquellas plantas que mostraran características superadoras respecto de otras, el agricultor empezó a seleccionar las mejores plantas de sus cultivos. Y así, sin saberlo, estaba seleccionando genes (<https://argenbio.org/recursos/48-grafica/12537-10000-anos-mejorando-los-cultivos>).

A partir de los años '80, los fitomejoradores empiezan a utilizar los aportes de la **ingeniería genética** como herramienta para el mejoramiento de los cultivos. Luego de conocerse la estructura de los genes, los científicos empezaron a estudiar la forma de aislarlos, modificarlos y hasta de transferirlos de un organismo a otro para conferirle una nueva característica. Actualmente, la **biotecnología** utiliza técnicas de ingeniería genética para, entre otras cosas, mejorar los cultivos.

La Ingeniería genética aporta técnicas muy interesantes para conseguir variedades de plantas resistentes a las plagas. Así, por ejemplo, un gen de la bacteria ***Bacillus thuringiensis*** (productora de la toxina Bt, un veneno que mata a los insectos) ha sido introducido en plantas de algodón y maíz. Las orugas de mariposas que se alimentan de hojas de estas plantas genéticamente alteradas mueren o sufren graves alteraciones en su desarrollo.

¿Qué es una planta transgénica?

Es una planta a la cual se le ha agregado uno o unos pocos genes mediante técnicas de ingeniería genética. Estos genes pueden proceder de cualquier otro organismo, como bacterias, animales u otras plantas. El objetivo de estas modificaciones genéticas es incorporar nuevas características o modificar algunas preexistentes y así obtener beneficios.

Plantas transgénicas: el debate

¿Cuáles son algunos de los beneficios? Por ejemplo, una planta transgénica es más resistente a una plaga y/o un herbicida, produce más proteínas o vitaminas, es capaz de tolerar condiciones climáticas adversas como sequías o heladas.

Pero si las plantas transgénicas tienen ventajas desde el punto de vista de la calidad y la productividad, ¿por qué se cuestiona el empleo de plantas transgénicas en la agricultura? Esto se debe a que los cultivos de O.G.M. requieren un manejo consciente a campo, los consumidores de alimentos aún presentan dudas y los científicos también. La incertidumbre proviene del efecto que los transgenes tienen en otras especies no blanco (malezas e insectos, por ejemplo), la presión de selección, la posibilidad de desplazarse en el genoma, etc.

A pesar de las ventajas que conllevan los cultivos transgénicos en cuanto a la reducción en el uso de plaguicidas químicos, incremento en los rendimientos y menor contaminación del ambiente, poseen algunas desventajas que deben ser tenidas en cuenta en un manejo sustentable de los recursos naturales. Además del efecto nocivo sobre los insectos o malezas no blanco, la **presión de selección** ejercida sobre los individuos

blanco hace que, tarde o temprano, algunos individuos de la población se adapten y se vuelvan **resistentes**.

El **Manejo de la Resistencia a Insectos** considera varias estrategias para retrasar la aparición de esa resistencia. Una de ellas consiste en la siembra de **áreas de refugio** donde la plaga no está expuesta a la toxina insecticida (Figura 7). El refugio es una porción del lote sembrada con el cultivo **no Bt** que sirve para disminuir la probabilidad de que insectos resistentes sólo se apareen entre sí y generen una descendencia resistente en su totalidad. La siembra del refugio genera un número adecuado de **insectos susceptibles** que, al cruzarse con los **resistentes**, logra mantener **baja la frecuencia de insectos resistentes** a campo. Por lo tanto, aumenta así la durabilidad de la tecnología.

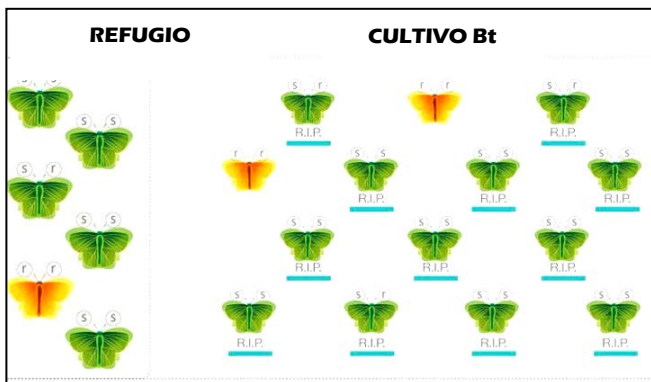


Figura 7

En el refugio, tanto los insectos susceptibles (verdes) como los resistentes (amarillos) sobreviven. En cambio, sobre el cultivo Bt sólo los resistentes (amarillos) sobreviven.

Estrategias del Manejo de la Resistencia a Insectos (MRI)

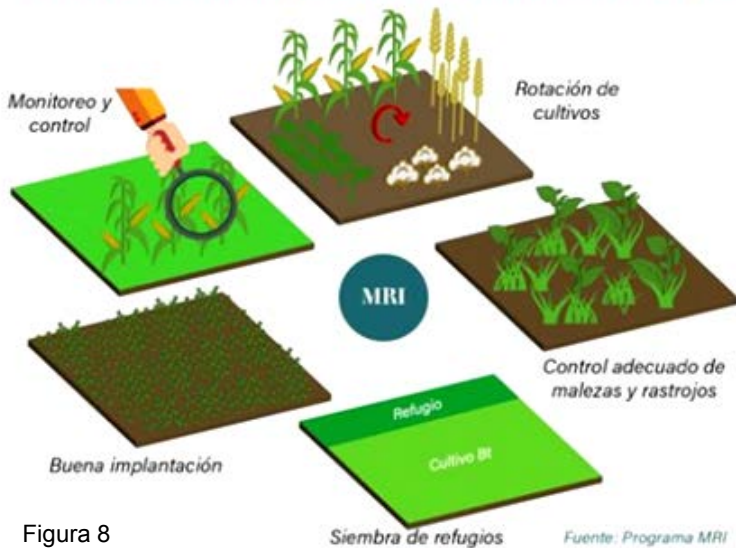


Figura 8

Nuevas tecnologías

Actualmente, somos testigos de nuevos avances tecnológicos de la mano de la **edición génica** y del **silenciamiento de genes**. Te invitamos a leer más en <http://ria.inta.gob.ar/etiquetas/edicion-genica>.

En una época de grandes hallazgos y muchos cuestionamientos éticos, la agricultura avanza... ojalá hacia un mundo más sustentable y con menos desigualdades.



Figura 9

ENLACES A LOS VIDEOS REALIZADOS POR EL EQUIPO EXTENSIONISTA

-

1. Bienvenidos/as a la FCyF

<https://youtu.be/5zaGoXat1nU>

2. Rol del Ingeniero Agrónomo

<https://youtu.be/sXN2HApDM90>

3. Cámara de cría, plantas e insectos plaga

https://youtu.be/KOuAk_Ug7Lg

4. Plantas resistentes a insectos

<https://youtu.be/oziE0MIZobw>

5. Extracción del ADN de banana

1° parte: <https://youtu.be/SsbVI4klGRQ>

2° parte: <https://youtu.be/gu4OhdhYvfg>

Luego de ver los videos y de reflexionar sobre lo planteado, te dejamos las siguientes preguntas:

¿Qué es la agricultura sustentable?

¿Cuál es el rol del Ingeniero Agrónomo o Forestal?

Si se produce un alimento a partir de plantas transgénicas ¿es este un alimento transgénico?

¿Conoces alguna plaga de la agricultura?

¿Qué entendés por biodiversidad (podés buscar en internet)? ¿Por qué pensás que es tan importante conservar variedades?

BIBLIOGRAFÍA

Los desafíos de la agricultura argentina / Fernando H. Andrade ... [et al.]; compilado por Fernando H. Andrade. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ediciones INTA, 2017.

Censo nacional agropecuario 2018.

https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/economia/cna2018_resultados_preliminares_agricultura.pdf

Escritura en ciencia. Del gen a la proteína. 2012. Mónica Mardarás, Verónica Viviana Corbacho, Lucía Dina Galotti, Analía Gladys Maggi.
<http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL005271.pdf>.

Luque, K. Seguridad alimentaria y alimentos transgénicos. Observatorio Medioambiental 2017, 20: 59-75. ISSN: 1139-1987
<http://dx.doi.org/10.5209/OBMD.57946>

Revista RIA - INTA - ISSN 1669-2314 - ISSN 0325-8718
<http://ria.inta.gob.ar/etiquetas/edicion-genica>

Klug WS, Cummings MR. 2004. Conceptos de Genética. 1a ed. (traducción de la 5a ed. en inglés) Prentice Hall Iberia S.R.L.

Figura 4. Imágenes tomadas de: 1)

https://inta.gob.ar/sites/default/files/styles/imagen_nodo_grande/adaptive-image/public/inta_-_toro_rauch.jpg?itok=laZPqe0B. 2)

<https://www.chilebio.cl/wp-content/uploads/2020/10/toamte3.jpg>. 3) <https://intainforma.inta.gob.ar/wp-content/uploads/2020/10/maiz1.jpg>.

Figura 7 y 8. Esquema adaptado de <http://www.programamri.com/>

Figura 9. Adaptado de Revista Investigación y ciencia,
<https://www.investigacionyciencia.es/revistas/especial/edicion-genetica-crispr-717>

Directora: Dra. Érica Tocho (etocho@agro.unlp.edu.ar)

Codirectora: Dra. María Silvia Tacaliti Terlera
(maria.tacaliti@agro.unlp.edu.ar)

Coordinador: Ing. Agr. Alejandro R. Moreno Kiernan
(moreno.kiernan@agro.unlp.edu.ar)

Integrantes del equipo extensionista:

García Lastra M., Margaría C., Ricci E.M., Gallo T.A.,
Lodeiro A.R., Lampugnani G., Bongiorno F.M., Collado M.B.

Dirección: Calle 60 y 119, S/N, 1900 - La Plata - Buenos
Aires - Argentina