

# BIOTECNOLOGÍA: RESISTENCIA A HERBICIDAS EN CULTIVOS AGRÍCOLAS

Julio Eduardo Delucchi<sup>1</sup>

## 1. RESÚMEN

La población mundial crece unos 90 millones de seres humanos por año.

Algunos opinan que a corto plazo faltará alimento en ciertos lugares del mundo. Otros creen que la agricultura puede expandirse lo suficiente, sobre todo si se concretan los proyectos actuales para el logro de mayores producciones, y si se reduce el consumo de alimentos de origen animal.

La adopción de nuevas tecnologías que permitan semejante expansión, depende, más que nunca, de factores sociales, políticos y económicos.

Un claro ejemplo de estas nuevas tecnologías es la Biotecnología.

Biotecnología es el camino por el cual se está, actualmente, en condiciones de transferir información genética (los genes) desde un organismo donante a otro receptor, sin que se requiera compatibilidad entre ellos y sin que se involucren al azar miles de genes, sino solamente el que se quiere incorporar.

La Agricultura es uno de los terrenos en los que la Biotecnología ha demostrado los desarrollos y avances más sorprendentes de los últimos años, con la introducción de tolerancia a herbicidas en ciertos cultivos como uno de los logros más notables.

Como ejemplo de esto, ya se ha logrado incorporar el gen RR de resistencia al herbicida Roundup a los cultivos de algodón, tomate, canola, soja y maíz, habiéndose alcanzado con ello la posibilidad de controlar las malezas, después de emergidas, con un herbicida sistémico, completamente biodegradable y de muy amplio espectro de control, excepto para el cultivo transgénico que lo resiste y que, por otra parte, no difiere del mismo cultivo "convencional" en otra cosa que no sea la tolerancia al herbicida.

Este será, sin dudas, uno de los nuevos caminos de progreso de una Agricultura que deberá adaptarse a una demanda creciente de alimentos por parte de la Humanidad en el siglo que viene.

## 2. SUMMARY

World population grows about 90 million people per year.

According to some opinions, there will be acute food shortage on some parts of the world. Others argue that agriculture may expand enough to assure adequate food, specially if all the yield-enhancing developments are put to work and the consumption of food of animal origin decreases.

The introduction of new technologies to support such expansion depends on social,

---

1. Ingeniero Agrónomo. Representante Técnico de Monsanto Argentina.

economic and political restraints to its full utilization.

A clear example of these new technologies is Biotechnology.

Biotechnology is the way by which, at present, it is possible to transfer genetic information (genes) from a donating organism to a receiving one, without the requirement of compatibility between them and without the involvement of thousands of genes at random, but only the one to be incorporated.

Agriculture is one of the fields in which Biotechnology has shown the most surprising development and progress in the last years with the introduction of herbicide tolerance in certain crops as one of the most outstanding achievements.

To give an example, the RR gene resistant to Roundup herbicide, has already been incorporated into cotton, tomato, canola, soybean and corn crops. In this way, it has been possible to control weeds in postemergence with a systemic, totally biodegradable, wide spectrum herbicide except for the transgenic crop that can resist it, and which does not differ from the "conventional" crop but in the herbicide tolerance.

With no doubt, this will be one of the new progress routes for an Agriculture facing a growing food demand from humanity in the coming century.

### 3. INTRODUCCIÓN

El control de malezas en un cultivo agrícola (como en una pastura ó en una plantación forestal ó frutal) es fundamental para evitar la proliferación de ellas y la competencia que ejercen por agua, luz y nutrientes, además de la "contaminación" del producto cosechado con semillas indeseables.

Dicho control puede encararse por la vía mecánica tradicional, que implica laboreo del suelo, ó mediante el uso de herbicidas que no afecten al cultivo que se quiere proteger y que permitan obviar, en distinto grado, el laboreo antes mencionado.

En la investigación apuntada a la obtención de nuevos herbicidas, generalmente se ha puesto énfasis en el aumento de la efectividad en el control de las malezas (el principal objetivo), así como en la selectividad para el cultivo en el que se lo emplea.

Sin embargo, relacionados con la intensidad y la frecuencia de uso de ciertos herbicidas, en algunos lugares del mundo se han registrado problemas de contaminación de napas freáticas, ó hasta la aparición de resistencia en tipos de malezas anteriormente susceptibles.

Esto, sumado a lo difícil de la síntesis ó a los requerimientos para el registro de nuevos principios activos, ha determinado que hayan recobrado interés otros herbicidas que, aún con más años de presencia en el mercado, tienen un potencial de vida útil superior por cuanto cumplen ampliamente con los puntos que, actualmente, se consideran prioritarios.

Tal es el caso del glifosato, herbicida que hasta ahora no era selectivo para ningún cultivo, pero con un amplio espectro de control de malezas, absolutamente biodegradable en el suelo, que no ha generado resistencia en malezas de ningún tipo, de bajísima toxicidad y que se adapta perfectamente a planteos conservacionistas como la Siembra Directa.

De allí que cuando se definió el objetivo de continuar con el desarrollo de este herbicida, sobre todo a través de la ampliación de sus alternativas de uso en cultivos agrícolas, se buscó la forma de solucionar su falta de selectividad a través de la Biotecnología.

Con esto se logró la posibilidad de aplicar glifosato en postemergencia de malezas y cultivo, en soja, maíz, algodón, canola y tomate.

## 4. BIOTECNOLOGÍA: EL COMIENZO DEL CAMBIO

El término Biotecnología se comenzó a usar en la década del '70, como un intento de describir la aplicación de descubrimientos muy recientes en biología celular y en bioquímica.

Se refiere a la tecnología mediante la cual se puede transferir información genética desde un organismo vivo a otro, sin que se necesite compatibilidad de ningún tipo entre el que actúa como "donante" y el "receptor".

Tampoco se involucran al azar miles de genes sino solamente el que se quiere transferir, quedando sin alteraciones todas las demás características del receptor.

Los descubrimientos científicos sobre el ADN comenzaron a principios de este siglo, cuando se detectó una "sustancia ácida" en el núcleo celular.

Siguieron los descubrimientos de la composición de los genes en los cromosomas y de la estructura del ADN, en los años 40 y 50. Hasta culminar más recientemente cuando se estableció la idéntica estructura, composición y funcionamiento del ADN, en todo ser vivo.

El ADN interviene en dos procesos fundamentales de la vida:

la reproducción y la síntesis de proteínas.

En el primer caso, una proteína especial desovilla la doble hélice de ADN y bases libres en el núcleo celular se adosan, según un código pre-establecido A-T / G-C, formando otra doble hélice completa.

En el segundo caso, una salida de ARN "mensajero" (donde T cambió por U) al citoplasma, determina el acoplamiento de una serie de amino-ácidos, uno cada tres bases, que constituyen una proteína.

Sobre la base de todos estos nuevos conocimientos, se comenzó a alimentar la teoría según la cual si el ADN pudiera ser modificado, también lo serían las instrucciones que daría. Se podrían tener entonces nuevos productos químicos ó proteínas, llevar a cabo nuevos procesos ó introducir nuevas características.

Curiosamente, mucho de lo que se avanzó en Biotecnología se logró a partir del estudio de las bacterias.

Uno de los descubrimientos más notables fue el del Plásmido circular de ADN extranuclear, en *Escherichia coli* en los años '70.

Y otro fue el descubrimiento de las Enzimas de Restricción, también bautizadas como "tijeras químicas", de cuya existencia se tuvo noticias cuando se buscaba la manera de sacar segmentos de ADN del "dador" (genes), para introducirlos en un cromosoma del "receptor".

Actualmente ya se tienen catalogadas numerosas Enzimas de Restricción, según el lugar sobre el que actúan.

Una misma Enzima de Restricción, elegida por su corte de algún gen en particular, actúa en el Núcleo y en el Plásmido bacteriano, efectuando el corte en sitios compatibles entre sí, recombinándose los tramos de ADN en forma cruzada.

Estos descubrimientos dieron origen a la Tecnología del ADN Recombinante.

En la Naturaleza existe una bacteria del suelo que puede inyectar su ADN en un cromosoma, también ADN, de una célula vegetal. Se trata de *Agrobacterium tumefaciens*.

Cuando se tuvo conocimiento de los cambios e intercambios que se podían realizar con el ADN, se comenzó a elaborar la teoría según la cual un cambio en el ADN bacteriano podía introducir nueva información, a la célula vegetal.

Pero no fue sino hasta 1983 cuando un gen de resistencia a antibióticos incorporado a *Escherichia coli*, se pudo transferir a una célula vegetal por medio de una bacteria del suelo que actuó como intermediaria.

Se iniciaba así el empleo del sistema Agrobacterium, de transferencia de genes.

Para más detalles de lo que comenzó a poderse manejar a partir de esos descubrimientos de 1983 con Agrobacterium, se vio la posibilidad de usar las Enzimas de Restricción para incorporar diversos genes, directamente en el Plásmido de la bacteria, y lograr que ésta los introduzca en una célula vegetal.

No obstante, las células genéticamente modificadas todavía tienen que convertirse en plantas enteras.

Esto se logró aprovechando una propiedad de las células vegetales según la cual, cada célula lleva toda la información genética necesaria para convertirse en una planta entera: es la "Totipotencia".

Todo dependerá de los medios de cultivo en los que se vaya poniendo el material modificado, con lo cual se irán formando "callos" ó tejidos no diferenciados primero, y órganos diferenciados (como hojas y raíces) después.

Finalmente, la plántula es colocada en tierra en una maceta, cultivada en invernáculo hasta madurez, cosechadas sus semillas y sembradas para verificar si la progenie mantiene las características introducidas.

## **5. RESISTENCIA A GLIFOSATO: ALTERACIÓN DEL OBJETIVO DEL HERBICIDA**

La resistencia genética al herbicida Roundup, cuyo principio activo es el glifosato, que Monsanto ya ha logrado introducir en cultivos como soja, algodón, tomate, canola y maíz, básicamente se ha obtenido a través de la incorporación de un gen, el gen "RR", al genotipo normal de esos cultivos.

El gen RR codifica la síntesis de una variante especial de la enzima EPSP-sintetasa, que no resulta bloqueada por el glifosato como sucede con la EPSP-sintetasa natural.

Por su parte, la EPSP-sintetasa es una enzima que cataliza la síntesis de 3 aminoácidos esenciales (fenilalanina, tirosina y triptofano) y que, en organismos vegetales naturales, resulta bloqueada por el glifosato, bloqueándose con ello la síntesis de esos 3 aminoácidos (y las proteínas de las que forman parte) determinando así la muerte de la planta.

El gen RR proviene de una mutación del gen original, codificador de la EPSP-sintetasa, que se detectó por primera vez en bacterias del género Salmonella que, ante ese cambio, pudieron comenzar a ser cultivadas en medios con glifosato.

## **6. BIOTECNOLOGÍA EN LA RESISTENCIA A GLIFOSATO: SITUACIÓN ACTUAL**

Las conocidas características del glifosato como herbicida pueden tomarse como el primer ejemplo de lo que el control de malezas podría significar en el futuro:

Amplio espectro de malezas controladas con un sólo herbicida, ninguna residualidad limitante para cultivos sucesivos, ninguna volatilidad que pueda causar daños involuntarios a cultivos vecinos, sin riesgo de generar resistencia en malezas, muy baja toxicidad y costo comparativamente reducido.

La resistencia a glifosato lograda en el cultivo de soja, terreno en el que se han producido los desarrollos más importantes de Biotecnología agrícola en la Argentina, y de lanzamiento

comercial más próximo, es total.

Resulta independiente de la dosis y de la etapa del desarrollo de la soja en que se lo aplique.

Por lo tanto, dosis y momento de aplicación dependerán exclusivamente de la ó las malezas que se quieran controlar y no de una variedad específica de soja, ó de un momento particular de su desarrollo.

Las características de las variedades transgénicas de soja resistentes a glifosato son las mismas que tienen las variedades que se han elegido para adicionarles el gen RR.

El gen RR no interactúa con ningún proceso relacionado con el rendimiento de las variedades de soja, en las que se haya introducido.

Por lo tanto, las variedades de soja con el gen RR tienden a rendir lo mismo, ó aún más (considerando el tipo de control de malezas que puede lograrse) que el mismo material, sin el gen RR.

Por otra parte, ninguna de las características de las variedades transgénicas de soja dependen, para su expresión, de la aplicación de glifosato. El herbicida se mantiene como una herramienta que puede no usarse, en caso de que no se lo considere necesario, y no se requiere su aplicación para que el cultivo rinda todo su potencial.

Ese potencial está condicionado por los mismos factores ambientales que pueden afectar a una variedad convencional.

El comienzo de los ensayos de tolerancia y de control de malezas a campo, sobre sojas transgénicas resistentes a glifosato se remonta, en la Argentina, a la campaña 91-92.

El proyecto conjunto de las Compañías Monsanto y Nidera cuenta con la más alta prioridad, y se planea incorporar el gen RR a un amplio plantel de variedades de soja, que se continuará ensanchando a medida que se logren nuevos avances en sus características agronómicas y en su potencial de rendimiento.