

fronteras

DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA

BIOTECNOLOGIA

El arte de modificar los seres vivos

Biotech,
un programa comunitario

La biología molecular
en el CSIC

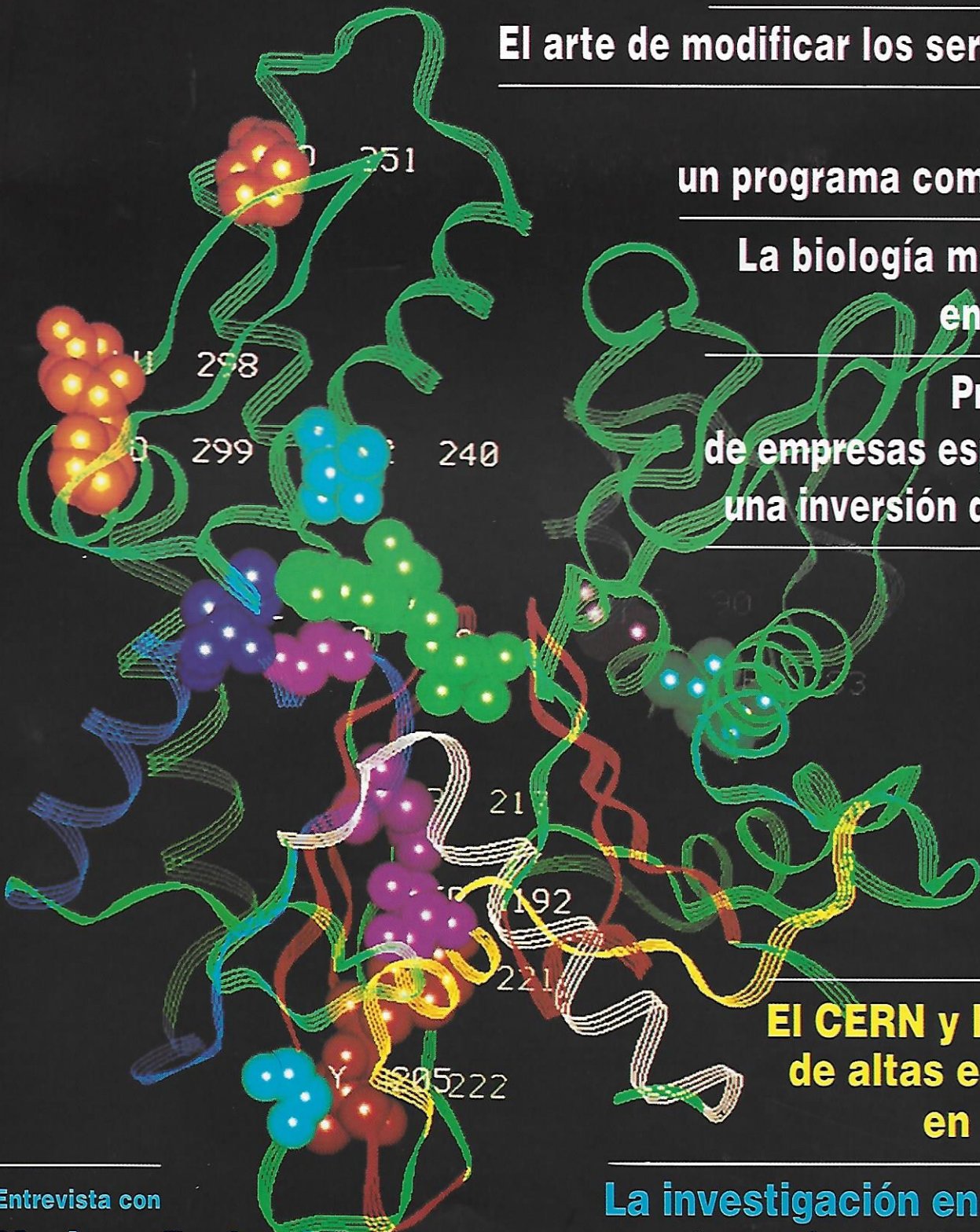
Proyectos
de empresas españolas,
una inversión de futuro

El CERN y la física
de altas energías
en España

La investigación en Europa
después de Maastricht

Entrevista con

Mariano Barbacid



CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Presidente:
José M^o Mato
Vicepresidentes:
Salvador de Aza
Manuel Martín-Lomas
Secretario General:
Felipe Martínez

FRONTERAS DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA

Director: Tasio Camiñas
Secretaria de Redacción: Araceli Ynfiesta
Redacción: Amalia Bautista,
Alberto Sánchez Alvarez-Insúa, José M^o Serratos
Control Científico de la Edición:
José Luis Martínez
Fotografía:
Mariano Franco

Comité Científico Asesor:
Pere Alberch, M^o Carmen Andrade, Fernando Briones,
Miguel Delibes Castro, José Elguero Bertolini,
Manuel Espadas Burgos, Federico García Moliner,
Salvador Giner, Antonio Lafuente, José M^o Lasa,
Agustín Olano, Juan A. Pérez Mercader, Alfredo Pérez,
José Luis Peset, Pere Puigdoménech,
José Manuel Sánchez Ron, Alfredo Tiemblo,
Consuelo Varela, Miguel Vicente, Caridad Zazo

Edita: Gabinete de Comunicación y Prensa
Consejo Superior de Investigaciones Científicas
c/ Serrano, 117. 28006 Madrid
Telf: 585 52 43 / 585 52 30
Fax: 585 52 25

Diseño y Maquetación:
Alternativa de Diseño, S.L.
Fotomecánica: NM.
Imprime: Ingrafí, S.A.
Depósito Legal: 19968-1993
ISSN: 1133-3162
© 1993 CSIC

Fronteras de la Ciencia y la Tecnología
no comparte necesariamente las opiniones vertidas
en los artículos firmados, que expresan, obviamente,
la posición de sus autores.

Los textos publicados pueden ser reproducidos
siempre que se solicite la autorización al director.

Un reto para todos: divulgar la ciencia



Foto: MARIANO FRANCO/CSIC

La revista *Fronteras de la Ciencia y la Tecnología* nace con el objetivo de contribuir a la divulgación de las actividades del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), no sólo en los propios institutos y centros del Consejo, sino también en el entorno de la comunidad científica, las organizaciones sociales y económicas de nuestro país y en aquellos ámbitos interesados en conocer la realidad científica española y su futuro. Pretendemos que su contenido genere un cierto debate en el mundo científico, universitario y empresarial.

La participación en la revista no sólo está abierta a los investigadores del CSIC, sino a expertos españoles y extranjeros que deseen abordar temas científicos de actua-

lidad e impacto en la sociedad. Por supuesto, deseamos recoger las noticias y actividades de investigación y desarrollo (I+D) más significativas que se generen en los institutos y centros del CSIC, que puedan tener un interés tanto científico como social o empresarial. Este objetivo incide también en la necesidad de abrir mayores cauces de cooperación desde el CSIC, tanto con las universidades, como con las comunidades autónomas y las empresas.

La revista va a ser distribuida entre los organismos públicos y privados de investigación, universidades, empresas, medios de comunicación, centros y fundaciones culturales, embajadas, etcétera. Tendrá una periodicidad trimestral y cada número estará dedicado especialmente a desarrollar aspectos de cada una de las áreas científicas que se investigan en el CSIC: Humanidades y Ciencias Sociales, Biología y Biomedicina, Recursos Naturales y Medio Ambiente, Ciencias Agrarias, Ciencias Físicas, Ciencia y Tecnología de Materiales, Ciencia y Tecnología de Alimentos y Ciencias Químicas.

Finalmente, deseo expresar mi agradecimiento a quienes han hecho posible la edición de este primer número de la revista *Fronteras de la Ciencia y la Tecnología*, del CSIC.

José M^o Mato
Presidente del CSIC

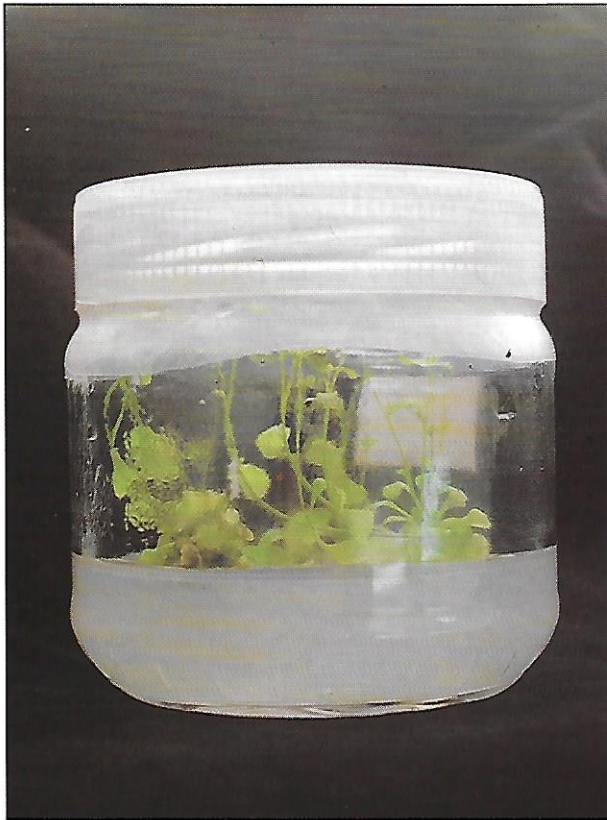


Foto: MARIANO FRANCO/CSIC

Regeneración de una planta transgénica a partir de un cultivo *in vitro*.

La comercialización de semillas modificadas genéticamente es ya una realidad

Plantas transgénicas a la carta

Pere Arús • Pere Puigdomènech

El Gobierno americano ha decidido que no va a obligar a que figure en la etiqueta el que en la elaboración de un producto se hayan utilizado plantas transgénicas. Para algunos ésta es una decisión lógica ya que no figura tampoco en ninguna etiqueta el procedimiento por el que se ha obtenido ninguna semilla ni cómo se ha cultivado la planta en el campo. En cualquier caso esta decisión puede representar la eliminación de la última barrera que parecía oponerse a la comercialización definitiva de las semillas transgénicas.

La genética molecular ha sido aplicada a sistemas vegetales desde tiempos relativamente recientes. De hecho, si las primeras secuencias de ADN de plantas fueron clonadas hará unos doce años, las técnicas de transformación de vegetales no fueron desarrolladas hasta hace menos de ocho o nueve años. Durante este tiempo se ha producido una aceleración vertiginosa de la extensión de estas aplicaciones y de la confianza de la industria en ellas. En un reciente congreso se afirmó que, en cinco años, la parte de investigación que realiza la industria

respecto a la investigación total hecha en este campo en Estados Unidos ha pasado del 10% al 75%.

Las razones de ello son, por una parte, los avances realizados en las metodologías de transformación de plantas, es decir, aquéllas que permiten transferir genes previamente aislados por técnicas moleculares al genoma de especies vegetales. En segundo lugar, hay que mencionar los proyectos cada vez más ambiciosos que se han visto coronados por el éxito. Todo ello ha llevado a convencer a todo el mundo de que lo que hace unos años parecía una promesa se está convirtiendo en una realidad con un futuro cada vez más claro.

Cañón de genes

En el primer aspecto hay que destacar que en la actualidad existe una amplia panoplia de métodos para transformar vegetales. Hasta hace poco parecía que cuanto más interesante fuera una especie desde el punto de vista económico más difícil era de transformar. Esto está cambiando gracias al uso de distintos métodos de transformación.

Unos utilizan procedimientos basados en las propiedades biológicas de patógenos, como es el caso de las bacterias del género *Agrobacterium*. Este método es aplicable a muchas especies, pero ha resultado ser poco eficiente para algunos cultivos de gran importancia como los cereales o leguminosas. Han ido apareciendo después otros métodos, entre los que se puede destacar el "cañón de genes". Se trata de un sistema que utiliza pequeñas partículas de un metal inerte (oro o tungsteno) sobre las que se deposita el ADN con el que quiere transformarse la planta. Las partículas son aceleradas de diversas maneras, por ejemplo, mediante un cartucho de pólvora, y lanzadas sobre el cultivo que se desea transformar. Se ha demostrado que las partículas pueden atravesar las células y en muchos casos no las dañan y consiguen transmitir el ADN al núcleo de éstas. El método tiene la ventaja de ser independiente de la especie que se utilice. Tiene el problema de que no todas las células se transforman y, por tanto, con posterioridad, tienen que seleccionarse las transformadas de las no

transformadas. Otros métodos como la introducción del ADN en embriones cuya pared celular ha sido parcialmente digerida parecen ser una alternativa importante para el futuro. En cualquier caso, ya se puede decir que no parece haber barreras imposibles de superar para transferir ADN, y por tanto un gen previamente aislado a una especie vegetal cualquiera.

La mejora convencional de plantas ha tenido en este siglo un gran éxito en conseguir aumentos importantes en los rendimientos que se obtienen en el campo. Las técnicas moleculares por ahora modifican esencialmente un carácter genético único, por ello parecen más apropiadas para aumentar la calidad de las semillas o de las plantas que se producen. En este momento se pueden distinguir diversas direcciones en las que las aplicaciones de las técnicas moleculares a las plantas tendrán un impacto muy probable a corto y medio plazo:

1. Obtención y uso de mapas genéticos como una herramienta de apoyo para la mejora genética clásica.
2. Obtención de plantas transgénicas resistentes o tolerantes a herbicidas, insectos, virus, bacterias y hongos.
3. Obtención de plantas transgénicas con propiedades nutricionales y agronómicas mejoradas: control del contenido en aceites, en azúcares, en lignina o cuyos frutos tienen una maduración retardada. Plantas en las que se consigue una producción controlada de polen con el objeto de obtener con facilidad variedades híbridas.
4. Obtención de plantas transgénicas productoras de nuevas sustancias o que producen sustancias de alto valor añadido en mayor cantidad o pureza, por ejemplo, metabolitos secundarios, enzimas o sustitutos de polímeros industriales. La producción de un posible sustituto de los plásticos industriales por una planta ha salido hace poco en la Prensa.

En este sentido, las primeras semillas transgénicas, que se espera comercialicen en 1993, serán probablemente crisantemos con el color modificado; a él seguirán en 1994 o 1995 semillas de tabaco o algodón resistentes a herbicidas, vi-



Planta transgénica de tabaco regenerada a partir de cultivo.

Foto: CID/CSIC

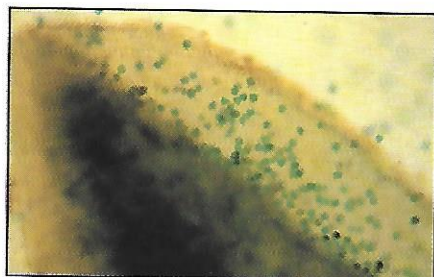
rus o insectos. A partir de aquí aparecerán soja, colza, tomate, melón, etcétera, con estas características o con frutos que maduran más lentamente. Las posibilidades que en este momento están en proceso de investigación son enormes. Hay que volver a recordar que hace menos de diez años nadie había conseguido transformar una planta de forma controlada con un ADN aislado y manipulado.

Evitar riesgos

Las bases técnicas de estas metodologías están siendo ampliadas cada día y el tipo de genes que se están modificando también. Desde un punto de vista social está claro que hay que convencerse de que se trata de metodologías sin riesgo para la salud ni para el equilibrio ecológico. En todo el mundo se están llevando a cabo estudios que permitan evaluar estos riesgos, con el fin de asegurar que la introducción de semillas transgénicas va a ser a largo plazo beneficiosa pa-

ra el entorno por la disminución y uso más racional de pesticidas, abonos, hormonas o herbicidas. Existe sin duda una oportunidad que, bien utilizada, puede producir una importante herramienta de producción de recursos no renovables y no despreciables.

Mientras tanto, las técnicas van alcanzando altos niveles de sofisticación. Los genes con los que se transforman las plantas pueden ponerse bajo el control de secuencias que permitan su expresión a voluntad de la forma que los investigadores y los agricultores quieren que lo hagan. Se van aislando también nuevos genes de procedencia vegetal, bacteriana, animal o sintética que pueden dar a las plantas propiedades completamente nuevas. Estas nuevas variedades van a ir proporcionando a la mejora clásica (sin la cual ninguno de estos productos puede llegar en su forma finalizada al campo, y finalmente al agricultor), un conjunto de semillas de gran calidad que pueden producir un cambio tan apreciable como lo hizo la introducción de semillas híbridas hace cuarenta o cincuenta años. En este sentido, las plantas se preparan para enfrentarse, con gran futuro, al siglo XXI. ■



Planta de tabaco expresando en el polen un gen bacteriano.

Foto: CID/CSIC

Pere Arús*

Pere Puigdomènech**

* Departamento de Genética Vegetal, IRTA

** Departamento de Genética Molecular. CID, CSIC

transformadas. Otros métodos como la introducción del ADN en embriones cuya pared celular ha sido parcialmente digerida parecen ser una alternativa importante para el futuro. En cualquier caso, ya se puede decir que no parece haber barreras imposibles de superar para transferir ADN, y por tanto un gen previamente aislado a una especie vegetal cualquiera.

La mejora convencional de plantas ha tenido en este siglo un gran éxito en conseguir aumentos importantes en los rendimientos que se obtienen en el campo. Las técnicas moleculares por ahora modifican esencialmente un carácter genético único, por ello parecen más apropiadas para aumentar la calidad de las semillas o de las plantas que se producen. En este momento se pueden distinguir diversas direcciones en las que las aplicaciones de las técnicas moleculares a las plantas tendrán un impacto muy probable a corto y medio plazo:

1. Obtención y uso de mapas genéticos como una herramienta de apoyo para la mejora genética clásica.

2. Obtención de plantas transgénicas resistentes o tolerantes a herbicidas, insectos, virus, bacterias y hongos.

3. Obtención de plantas transgénicas con propiedades nutricionales o agronómicas mejoradas: control del contenido en aceites, en azúcares, en lignina o cuyos frutos tienen una maduración retardada. Plantas en las que se consigue una producción controlada de polen con el objeto de obtener con facilidad variedades híbridas.

4. Obtención de plantas transgénicas productoras de nuevas sustancias o que producen sustancias de alto valor añadido en mayor cantidad o pureza, por ejemplo, metabolitos secundarios, enzimas o sustitutos de polímeros industriales. La producción de un posible sustituto de los plásticos industriales por una planta ha salido hace poco en la Prensa.

En este sentido, las primeras semillas transgénicas, que se espera se comercialicen en 1993, serán probablemente crisantemos con el color modificado; a él seguirán en 1994 o 1995 semillas de tabaco o algodón resistentes a herbicidas, vi-



Planta transgénica de tabaco regenerada a partir de cultivo.

Foto: CID/CSIC

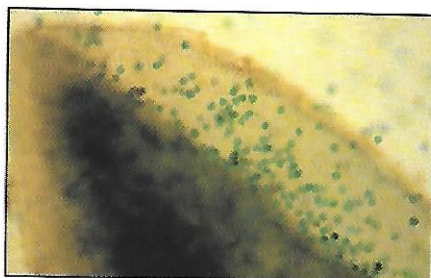
rus o insectos. A partir de aquí aparecerán soja, colza, tomate, melón, etcétera, con estas características o con frutos que maduran más lentamente. Las posibilidades que en este momento están en proceso de investigación son enormes. Hay que volver a recordar que hace menos de diez años nadie había conseguido transformar una planta de forma controlada con un ADN aislado y manipulado.

Evitar riesgos

Las bases técnicas de estas metodologías están siendo ampliadas cada día y el tipo de genes que se están modificando también. Desde un punto de vista social está claro que hay que convencerse de que se trata de metodologías sin riesgo para la salud ni para el equilibrio ecológico. En todo el mundo se están llevando a cabo estudios que permitan evaluar estos riesgos, con el fin de asegurar que la introducción de semillas transgénicas va a ser a largo plazo beneficiosa pa-

ra el entorno por la disminución y uso más racional de pesticidas, abonos, hormonas o herbicidas. Existe sin duda una oportunidad que, bien utilizada, puede producir una importante herramienta de producción de recursos no renovables y no despreciables.

Mientras tanto, las técnicas van alcanzando altos niveles de sofisticación. Los genes con los que se transforman las plantas pueden ponerse bajo el control de secuencias que permitan su expresión a voluntad de la forma que los investigadores y los agricultores quieren que lo hagan. Se van aislando también nuevos genes de procedencia vegetal, bacteriana, animal o sintética que pueden dar a las plantas propiedades completamente nuevas. Estas nuevas variedades van a ir proporcionando a la mejora clásica (sin la cual ninguno de estos productos puede llegar en su forma finalizada al campo, y finalmente al agricultor), un conjunto de semillas de gran calidad que pueden producir un cambio tan apreciable como lo hizo la introducción de semillas híbridas hace cuarenta o cincuenta años. En este sentido, las plantas se preparan para enfrentarse, con gran futuro, al siglo XXI. ■



Planta de tabaco expresando en el polen un gen bacteriano.

Foto: CID/CSIC

Pere Arús*

Pere Puigdomènech**

* Departamento de Genética Vegetal, IRTA

** Departamento de Genética Molecular. CID, CSIC

fronteras

DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

NÚMERO 14 • ENERO / MARZO 1997 • 700 ptas • CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC)

dossier
MATEMÁTICAS

**Alimentos transgénicos:
¿por qué no?**

Entrevista a
José Luis Sanz

**La búsqueda de agua,
recursos minerales y
energéticos en la Luna**