



## Biotecnología a través de un cuento

### Introducción

A través de personajes amigables y una historia amena, el cuento que se presenta en este Cuaderno tiene como fin establecer un paralelo o metáfora que explique de manera sencilla, entretenida y con tinte literario cuál es el proceso de desarrollo de una planta transgénica. Su protagonista es Genaro, un gen que se introduce en el maíz y que, gracias a la ayuda de otros personajes de la historia, le confiere resistencia al frío.

El cuento es de autoría de la Dra. Dalia M. Lewi, investigadora del Instituto de Genética (IGEAF) de INTA-Castelar y docente de Genética Agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Morón. El equipo del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio le agradece a Dalia por su colaboración desinteresada al permitirnos usar su cuento como herramienta didáctica que pueda ser utilizada en diferentes niveles de la educación. "Genaro" es una creativa forma de acercar la ciencia y la actividad científica a los chicos.

#### Genaro

La **gente** de las nuevas **generaciones** parece **congeniar** únicamente mediante la **vigencia** de su **imagen**. Pero algunos **congéneres** **divergen** y se quedan al **margen**. De esta manera **surgen** nuevas ideas en las **agendas** que permiten **engendrar** movimientos **convergentes**, **generando** así nuevos horizontes, ampliando los **márgenes vigentes**.

**Generalmente** no advertimos en cuántos aspectos de nuestra vida intervienen algunos términos **genéricos**, como la **genética**, y los **genes**. **Agenden** esta historia que está **vigente** y que surge de la realidad **emergente**.

#### Historia de Genaro

Hay que decirlo: Genaro es muy ubicado. Nunca salió del sitio que le atribuyeron sus antecesores, ni se corrió un instante de sus funciones. Pero esta tranquilidad no siempre fue así. En generaciones pasadas tuvo mucha actividad, sobre todo cuando formó parte de un equipo muy querido y bien considerado para sostener el sistema en épocas de crisis energéticas o por la falta de insumos. Y sin andar presumiendo de sus épocas de esplendor, actualmente Genaro, el ubicado, hace su trabajo, sin prisa, pero sin pausa, sin interferir, pero mostrándose; sin abarrotar, pero cumpliendo con lo pactado.

Muy para sí mismo recuerda y disfruta, siempre desde su lugar (tan ubicado), los elogios que recibió aquel invierno helado. Entonces se asombra de cómo supo actuar a tiempo, abrir las compuertas precisamente en el momento indicado para que otras se cierren, cómo permitió clasificar la información circulante, filtrar lo innecesario y además, como si todo eso fuera poco, ahorrar energía.

Definitivamente, Genaro, es un gen muy útil (y muy bien ubicado).

Pero Genaro, que es tan generoso, también es muy considerado con sus compañeros de equipo, sin los cuales su tarea sería totalmente infructuosa. Constantemente agradece la posibilidad que tiene de estar integrado a ese Gran Genoma del cual forma parte (y, obviamente, de ubicarse tan bien). Para empezar, en la lista de su staff hay que mencionar a Prometeo Desdeaquí- su promotor y guía personal- siempre

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.



pegadito delante de él para advertirle e indicarle cuándo hay que arremangarse para entrar en acción. Y también a Hastaqui Llegaste - su señal de terminación del trabajo- siempre fiel y ordenada, marcando los límites en el instante preciso. Y no nos podemos olvidar de Poli Mera Sá, que llega para contactarse con Prometeo Desdeaquí justo en el momento en que es necesario comenzar a producir y que, acoplándose al sistema formado por todos los integrantes del equipo, comienza a tejer las cadenas de mensajes.

Pero de nada serviría el producto de su trabajo –la información contenida en esos mensajes en clave en idioma del ARN- si no tuviera quién los traduzca al idioma cotidiano de la célula. Allí entra en escena la Gran Compañía del Circo de los Poli Péptidos, dirigida por Ribo Soma y animada graciosamente por el grupo de Los Ami Noaci Dos, que aportan color, brillo, creatividad y versatilidad al espectáculo de la síntesis de proteínas que, en definitiva, son la cara visible (o más precisamente, detectable) de todo el trabajo.

Bueno, pero no nos alejemos de nuestro héroe principal. Hablemos de Genaro y su larga historia. De cómo estuvo tantos siglos trabajando escondido. Cómo fue que un día, cuando se abrió el libro de pases, le ofrecieron la oportunidad de su vida y pasó a jugar en primera, al equipo del Real Maíz. De cómo cambió su rutina a partir de ese hito tan mediático. Y por qué no hablar también de quiénes lo descubrieron, y de cómo hace actualmente para no marearse con tanta fama y seguir siendo el Genaro que supo ser, el del barrio, el amigo y compañero (chan –chan).

Remontemos esta historia a tiempos remotos, quizás prehistóricos, cuando aún no había llegado la fama a la vida de Genaro, ni siquiera sospechaba mínimamente lo que ocurriría. Él pertenecía a un genoma poco conocido, apenas mencionado en algún trabajo científico, de esa gramínea, ese pastito, que crecía en la Patagonia, llamado *Bromus pictus*. Allí su rol era básico pero su acción pasaba casi desapercibida. Era obvio que para que ese pasto pueda crecer en esas condiciones tenía que tener alguna maquinaria que le permitiera soportar el frío. Seguramente muchas de las especies que sobreviven allí la tienen. El asunto es poder ser reconocidos por alguien en el preciso momento de la acción. Podríamos afirmar que estar en el lugar adecuado, en el momento adecuado es la primera condición para hacerse conocer. Y eso fue lo que sucedió aquel día en que algunos investigadores fueron a recolectar ejemplares interesantes en ese sector del campo: el pastito de Genaro estaba en primera fila para ser visto y observado con detenimiento. Fue justo después de esa noche en que, por la helada que cayó, se quemó la mayoría de las plantas que venían estudiando. Enseguida decidieron llevarlo (a la voz de “¡haceme caso: este pibe tiene futuro!”) y buscar otras plantas de la misma especie para asegurarse que ese comportamiento particular frente al frío no fuera un hecho aislado. Genaro aún no lo sospechaba, pero en cada uno de esos pastitos resistentes tenía un alma gemela. Sobre estos detalles supo bastante más tarde.

El viaje fue larguísimo. Genaro y sus compañeros estaban bastante desorientados porque de repente se encontraron viviendo en una maceta, con tierra negra, agua, luz y lo más raro para ellos: ¡sin frío! Ya casi empezaba a extrañar los repentinos llamados de su inseparable compañero de trabajo Prometeo Desdeaquí, con la noticia de que la información que contenía en lo más profundo de sí, era requerida por el sistema. Finalmente, y con el alivio de haber terminado el periplo, llegaron a un laboratorio. A partir de ese instante, los misterios comenzaron a revelarse de a poco.

En realidad, los investigadores tenían algunas pistas de por dónde empezar a buscar, porque habían leído en varias publicaciones científicas sobre el rol de algunos genes en la resistencia al frío en las plantas. En esos trabajos otros grupos comunicaban y discutían sobre algunos sistemas en donde intervenían uno o más genes. Cada uno de esos genes tendría una función específica dentro de la maquinaria celular. De todas las teorías propuestas, a ellos les interesó mucho la de los genes que estaban relacionados con el sistema de almacenamiento. Esta consistía en que las plantas con mayor capacidad de resistir al frío podrían almacenar algunas sustancias que, actuando como protectores de la célula frente a las bajas temperaturas, le ayudarían a superar este inconveniente.

**"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.**



Con el anhelo (y usando esa idea como anzuelo) que quizás esta plantita se estuviera protegiendo del frío mediante la producción de sustancias especiales, decidieron buscar genes parecidos a los que mencionaban en los trabajos que habían leído. Hasta aquí, Genaro no había sido visto ni bautizado aún, pero la vida te da sorpresas...

Y ahí nomás estaba Genaro, de lo más aburrido en esas condiciones de vida sin frío en la maceta donde mucho no tenía para hacer. Por eso se le ocurrió proponerle a Genoveva, su compañera y vecina, que mientras tanto estuvieran sin actividad lo acompañe a jugar un TEG, un tutti fruti, algo que los entretenga (playstation no tenían, TV o internet tampoco).

Cuando apenas empezaban a divertirse un poco, les cayó una visita sin avisar: la Delegación de Copia y Amplificación. Este equipo, llamado PCR por los investigadores, muy amablemente se presentó y les explicaron que necesitaban una copia fiel de la información que ellos tenían. Venían a tomarles el molde para poder, a partir de ahí, hacer muchas copias iguales de ellos y, de esta manera, facilitar el estudio tanto de Genaro como de Genoveva. Les tomarían la copia a los dos, porque en realidad no estaban muy seguros de cuál de los dos era el gen principal. Por eso, por las dudas, copiaron un molde de cada uno. Tanto Genaro como Genoveva se pusieron en pose para que la copia salga bien, sin errores de lectura ni de forma. Obviamente, Genoveva se interesó muchísimo más por salir con su mejor perfil, y que no se noten los rollitos y las arruguitas. Genaro en cambio se relajó y los dejó hacer. Cuando terminaron, los delegados de copia saludaron y se fueron. Mientras se alejaban se oía que hablaban entre ellos y repasaban los próximos pasos que tenían que cumplir, ahora que ya habían conseguido los moldes de los genes candidatos.

Efectivamente, había muchos pasos por delante, algunos más complicados que otros –como dicen los científicos- molecularmente hablando. Del molde inicial que tomaron se obtuvieron muchísimas copias iguales (millones). Y sobre esas copias hicieron pruebas, comparando la información de Genaro y de Genoveva con la de otros genes más conocidos hasta ese momento. Algunas partes de sus secuencias - esas larguísimas cadenas de ADN - coincidían y otras no. Fue por eso que, para verificar si las partes iguales eran las responsables de la función que se les atribuía, tuvieron que realizar otros experimentos más de comparación de la información. Para este paso, usaban computadoras y programas específicos que analizan cada secuencia en comparación con otras. En esta nueva serie de estudios, nuevamente, algunas partes de las secuencias se correspondían exactamente unas con otras y otras tantas no tenían nada de parecido entre sí. A Genaro le encontraron muchas zonas iguales o similares a las que estaban buscando. Muchas más que las que encontraron en Genoveva. Esto, sin embargo, no generó ningún conflicto entre ellos. Al contrario, eran lo suficientemente amigos, compañeros y buenos vecinos como para poder disfrutar uno del éxito del otro. Lo único que significaba era que sus carreras hacia la fama seguirían rumbos diferentes.

La cuestión es que estos investigadores hallaron lo que sospechaban en su hipótesis (la pregunta que se hicieron cuando encontraron el pastito): en esta gramínea patagónica había un gen (para nosotros, el tan ubicado de Genaro) que participaría en un mecanismo para la resistencia al frío. Pero en el área de la investigación científica, el hecho de llegar a un resultado significa la apertura de muchas puertas y la formulación de nuevas preguntas. Por eso, en el laboratorio, inmediatamente después del brindis con café y pasta frola de membrillo - que preparó la mamá de uno de ellos - se pusieron a pensar cuál podría ser la verdadera función de este gen y cuáles serían los próximos pasos a seguir.

En la reunión que tuvieron para hablar de cómo avanzar en el tema del gen Genaro, las propuestas fueron variadas y la discusión fue bastante acalorada. Por suerte, habían logrado publicar la novedad que descubrieron en las revistas científicas especializadas en el tema y estaban muy contentos por eso. Había quienes proponían seguir estudiando al gen para ver qué producía, y si trabajaba solo o en compañía de otros (¿de Genoveva quizás? Porque detrás de todo gran hombre siempre hay una gran mujer...).

**"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.**



Otro grupo estaba interesado en averiguar en qué zona del genoma de *B. pictus* se hallaba el gen y ver si había alguno parecido a éste en otras especies y, en ese caso, averiguar por qué no provocaba el mismo efecto que en *B. pictus*.

En fin, abundaban las ideas y eran todas muy interesantes. Lo que nunca se imaginó Genaro es que, además de todos esos estudios sobre las distintas facetas de su "personalidad", iba a ser el actor principal de otra función, que recién comenzaba.

### **De boliche en boliche**

Genaro no se podía quejar. Últimamente su vida había tenido muchas emociones fuertes. Conoció nuevos horizontes y hasta pudo darse el lujo de descansar al mismo tiempo que otros le hacían prensa. Pero la fama cuesta... y hay que pagarla con sudor, dicen.

Primero tendría que demostrar que seguía teniendo intacta su capacidad de generar productos para la protección contra el frío. Y no solamente en su sitio de trabajo habitual, sino también en otros contextos ya que en la cancha se ven los pingos.

Igualmente, a Genaro nada le hacía mella. No tuvo ningún inconveniente en participar de la nueva formación que le habían asignado. Más aún, esta nueva ubicación le permitió conocer a un promotor nuevo, muy trabajador, don Treintaycinco Ese (Ese es el apellido), quien le advirtió que se avecinaban tiempos de mucho trabajo, casi constante. Ese le contó lo parecido de sus historias. De donde él venía, las cosas eran aún más diferentes. Ya había tenido experiencias como éstas, así que conocía y entendía todos sus miedos e inquietudes de principiante. Ese (a Treintaycinco le gustaba que lo llamen por el apellido, como si fuera su apodo) le explicó en qué consistiría esta nueva misión. Se trataba de una prueba piloto para verificar si Genaro era capaz de trabajar y expresarse dentro de otro genoma. Esta vez le tocaría trabajar dentro del genoma de una planta de tabaco. Le explicó que el tabaco se usa comúnmente como una especie de prueba o modelo, porque entre otras ventajas que tiene, se puede cultivar muy fácilmente en el laboratorio. Genaro simplemente tenía que comenzar a producir lo suyo en cuanto Trein se lo indicara (así le comenzó a decir cariñosamente Genaro, porque no le gusta llamar a los demás por el apellido, le parece demasiado formal).

Esta vez el brindis en el laboratorio fue con cerveza y pizza napolitana de delivery -con tomate y mucho ajo- porque pudieron ver claramente que las plantas de tabaco, que contenían a Genaro unido al promotor Trintaycinco Ese, tenían un comportamiento distinto al de las otras plantas sin este nuevo equipo. Efectivamente, las plantas 35SG (así las llamaron los investigadores) podían recuperarse fácilmente después de un período de frío intenso (el suficiente como para dejar fuera de concurso a cualquier otra planta de tabaco), sin perder la capacidad de seguir creciendo.

A Genaro ya le estaba entrando la dulce sensación del éxito y, a la vez, la adrenalina le hacía desear más desafíos. Que por supuesto los tendría, ya que lo mejor aún no había sucedido...

En el siguiente paso todos estuvieron de acuerdo en que tenían que verificar si Genaro podría trabajar en condiciones más duras. Como por ejemplo, dentro de un genoma de alguna planta que normalmente crece con calor, en verano. -¿Y qué les parece si lo probamos en maíz? - propuso uno de los investigadores, que inicialmente había sido ingeniero agrónomo, devenido en biotecnólogo. La idea no estaba nada mal. Si esa combinación resultara -siguió pensando en voz alta este ingeniero junto con un biólogo amigo y compinche- podrían, por ejemplo, adelantar la fecha de siembra del maíz (que en las regiones más frías se atrasa para evitar que las heladas lo ataquen) y así permitir que tenga más tiempo para crecer y producir los granos, porque la fecha de madurez y cosecha del cultivo seguiría siendo la misma.

¡Manos a la obra!. O, mejor dicho, a los genes. Este nuevo emprendimiento implicaba armar una nueva formación compuesta obviamente por Genaro y precedido por un promotor llamado ubiquitina (Ubi para

**"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.**



los amigos), que era propio del maíz y se sabía que funcionaba muy bien (Genaro se preguntaba si Ubi, debido a su nombre, sería tan ubicado como él). También compartirían la travesía con otra formación adosada - otro cassette como lo llaman los biólogos moleculares - compuesta por un gen que a Genaro, algo confianzudo, le gustaba decirle cariñosamente Barito (en realidad se llamaba Bar; no por boliche ni por barra, sino simplemente Bar) que estaba acompañado por Tina (otro promotor muy activo). Por su parte, Barito se ocuparía de señalar en qué células se había incorporado la nueva formación. De esas más tarde podría obtener plantas enteras, con todas sus células idénticas en información a la inicial. Es decir que Genaro tendría la oportunidad de expresarse en toda la planta y de proporcionar los productos para soportar el frío o, por lo menos, temperaturas más bajas que las normales para un maíz.

¡No quieran saber! ¡No le pregunten a nadie! Esta vez, ¿con qué festejaron en el laboratorio al enterarse de los resultados obtenidos con las plantas de maíz?

Las opciones eran: locro, polenta, pochoclo, sopa paraguaya... pero como era verano y hacía mucho calor prefirieron comerse unos choclitos con manteca y sal. Hay que aclarar que no se comieron los choclos del ensayo de los nuevos maíces. Esos los cosecharon y guardaron la semilla para los siguientes experimentos. Además que, por razones de seguridad, hasta que estas nuevas plantas no se analizan a fondo, y las autoridades dan los permisos necesarios, no se pueden usar para ningún otro objetivo que no sea experimentación.

Realmente el festejo quedó chico, porque los resultados de los experimentos de resistencia a bajas temperaturas eran muy alentadores. Las plantas pudieron soportar casi dos grados menos de los que habitualmente toleraban, y luego del frío se repusieron como si nada hubiera ocurrido. El equipo de Genaro realmente trabajó muy bien, superando las expectativas. ¡Quién iba a imaginar que de un gencito tan ínfimo e insignificante se obtendrían estos logros! ¡Y menos Genaro! ¡Tanta fama en tan poco tiempo! Pero eso sí: nunca un roce con sus compañeros, nunca un reproche, siempre tirando para adelante...

Con este panorama cualquiera hubiera pensado que ahí terminaba todo el trabajo. Pero Genaro era muy paciente y sabía instintivamente que en realidad era el comienzo de un camino que debería transitar, fundamentalmente hasta obtener los permisos para usar este desarrollo en el campo. La sensación del paso del tiempo era diferente para Genaro que para los investigadores, especialmente para los que aún debían completar sus trabajos de tesis doctorales. Pero todos compartían la ilusión de poder ofrecer este maíz a la gente que cultiva en zonas más frías. Soportar uno o dos grados menos quizás podría parecer poco, pero en el campo es mucho. No solamente permitiría adelantar la siembra sino también cultivar maíz en lugares que hasta ahora no se podía por el frío.

La repercusión de semejante novedad no se hizo esperar: cuando se comenzó a difundir por las agencias de noticias tuvieron que organizar los horarios para atender a los periodistas de las radios y la televisión que querían hacerles reportajes. Genaro, que ya estaba acostumbrado a la fama, no se hizo ningún problema, y los investigadores, un poco tímidos, se mostraron ante las cámaras poniéndose detrás de las plantitas de maíz muy orgullosos, luciendo las mejores sonrisas (las de ellos, las de las plantas y la de Genaro) mientras relataban la historia desde el comienzo, el momento en que encontraron el pastito.

Lo que más hubiera querido Genaro, el ubicado y muy involucrado afectivamente con este proyecto, es poder ayudar acelerando los tiempos, pero sólo podía hacer su trabajo cuando era requerido. Es decir, cuando su promotor compañero le indicara que era momento de actuar. ¡Esa pequeña tarea lo hacía tan grande! En ningún momento pensó en intervenir en otro sistema que no fuera el suyo (ni tampoco hubiera podido). Esa mesura (y ubicación) le permitió mantener el equilibrio y no marearse con tantos halagos.

Esta fue la primera aventura que le tocó vivir (pero no la última) y, por cierto, la disfrutó mucho. Por supuesto que todo lo que aprendió le sirvió como experiencia de vida, y para aprovechar más los tiempos libres se buscó un hobby: comenzó a escribir cuentos y poesía. Aquí transcribo alguna de las frases

---

**"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.**



célebres elaboradas por él que se pueden encontrar en una de sus publicaciones titulada "La importancia de ser ubicado":

"Los **genes** de las nuevas **generaciones** parece **congeniar** únicamente en la **vigencia** de su **imagen**. Pero algunos **congéneres** **divergen** y se quedan al **margen**. De esta manera **surgen** nuevas y **geniales** ideas en las **agendas** que permiten **generar** nuevos horizontes, **ampliando** los **márgenes vigentes**".

**Generalmente** no advertimos en cuántos aspectos de nuestra vida intervienen algunos términos **genéricos**, como la **genética**, y los **genes**.

Dalia M. Lewi

## CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

El objetivo de este cuento es, a través de personajes amigables y una historia amena, establecer un paralelo o metáfora que explique de manera sencilla, entretenida y con tinte literario cuál es el proceso de investigación y obtención de una planta transgénica. En esta historia se describe, en particular, el desarrollo del maíz transgénico resistente al frío, desde el descubrimiento del gen que otorga esta característica (resistencia al frío), la inserción del mismo en organismos receptores (primero en una planta modelo como el tabaco y luego en otra de interés agronómico como el maíz) y los ensayos a campo. El cuento puede ser analizado con alumnos de escuela primaria o secundaria, poniendo mayor énfasis en los detalles de las técnicas con los alumnos más grandes. Como se propone luego, en las actividades, en los niveles inferiores es importante que se interprete de manera general, creativa y lúdica, la idea de transformación de una planta, de transgénesis, sin empelar los términos técnico-científicos.

Durante el desarrollo del cuento, aparecen diversos personajes que van acompañando al personaje principal, Genaro. Todos ellos, representan algún componente dentro de la "maquinaria molecular" que funciona para que el proceso de transgénesis se lleve a cabo. Ellos son:

- Gen de resistencia al frío: interpretado por **Genaro**
- Promotor del gen: interpretado por **Prometeo Desdeaquí**
- Señal de terminación del gen: interpretado por **Hastaqui Llegaste**
- Enzima ARN polimerasa: interpretada por **Poli Mera Sá**
- Ribosomas: interpretados por **Ribo Soma**
- Aminoácidos: caracterizados por el grupo de **Los Ami Noaci Dos**
- Gen vecino a Genaro: interpretado por **Genoveva**
- Termociclador (equipo para realizar la reacción en cadena de la polimerasa o PCR): interpretado por la **Delegación de Copia y Amplificación**
- Promotor constitutivo 35 S (utilizado en la transgénesis de plantas de tabaco): interpretado por **don Treintaycinco Ese**

---

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.



- Promotor *ubiquitina* (utilizado en la transgénesis de plantas de maíz): interpretado por **Ubi**
- Gen marcador de selección *Bar*: interpretado por **Barito**
- Promotor del gen de selección: interpretado por **Tina**

Una vez leído el cuento se sugiere, en los años más grandes (secundaria) analizar y el proceso mediante el cual, con técnicas de ingeniería genética, es posible transferir a las plantas información genética de organismos no emparentados. Es decir, llevar la situación del cuento a la situación científica real.

En la actualidad esta metodología es aplicada rutinariamente y son muchos los esfuerzos y los recursos que se invierten con el objetivo de optimizar la técnica para trasladarla a diferentes especies vegetales.

Se sugiere que, a medida que el docente explica la técnica, los alumnos vayan identificando cuáles son los personajes del cuento que representan las estructuras y sustancias que intervienen en el proceso biotecnológico enseñado.

La idea que se propone es explicar que, en las técnicas de transformación, es necesario conocer y disponer del gen de interés (*en el cuento, Genaro*). Éste, debe estar dentro de un *vector* (vehículo) apropiado para ser transferido al tejido que se quiere transformar, junto con otros genes y secuencias regulatorias. Un gen auxiliar llamado *gen de selección* permitirá identificar las células o tejidos transformados. Las secuencias regulatorias son los promotores (P) que determinan el momento, lugar y nivel de expresión de cada gen (*en el cuento: Prometeo Desde aquí, don Treintaycinco Ese, Ubi y Tina*) y los terminadores (T, *Hast aquí Llegaste, en el cuento*), que indican la terminación de la transcripción (proceso que interviene en la expresión del gen).



(Extraído de Cuaderno N°18)

Las etapas para la obtención de un organismo transgénico se encuentran desarrolladas en el Cuaderno N° 67. Además, el tema de este cuento se relaciona con los siguientes conceptos y cuadernos de este sitio:

- ADN: estructura y función, gen y expresión genética, código genético (Cuaderno N° 3, 32)
- Técnicas de biología molecular (Cuaderno N° 67)
- Ingeniería genética (Cuadernos 4, 18, 28)
- Cultivos transgénicos (Cuadernos 6, 26)
- Ciencia y Método científico (Cuaderno N° 61)

---

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.



## ACTIVIDADES

Las actividades propuestas están orientadas a construir equivalencias con otros lenguajes, es decir, hacer traducir los textos en esquemas o dibujos y a éstos nuevamente en textos. Es importante que los alumnos puedan interpretar el texto, seguir la secuencia de la historia y de sus personajes y explicarlo luego con sus propias palabras. También se sugiere traducir el texto en ilustraciones o esquemas, para lo cual es interesante trabajar en conjunto con docentes de otras áreas como Lengua y Educación Artística. El empleo de textos y cuentos constituye un recurso interesante, aunque poco explotado aún, en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales. Lo mismo ocurre con otro recurso como el teatro. Una idea interesante para trabajar este cuento podría ser, una vez leído y analizado, llevar el cuento a una representación teatral, en la cual se encuentren representados los diferentes personajes, se elabore el guión y se aprendan los textos de cada personaje. Esto, por supuesto, en coordinación con el docente de arte/teatro de la escuela.

### Actividad N° 1: Sopa de letras

En esta actividad, se propone buscar en la sopa de letras, los nombres de 7 personajes del cuento y responder a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el nombre "real" del personaje?
2. ¿Qué elemento molecular representa?
3. ¿Cuál es su función?

V	G	X	C	A	W	F	J	K	L	P	M
R	E	T	H	S	V	B	H	J	S	L	P
U	D	C	A	A	R	A	U	B	I	T	L
L	I	G	T	Q	S	A	E	V	K	Ñ	P
S	P	E	V	R	A	T	Z	U	I	E	T
G	E	N	O	V	E	V	A	I	U	B	E
R	R	A	G	H	S	O	B	Q	D	O	G
I	C	R	E	Y	L	X	A	Y	U	T	T
P	R	O	M	E	T	E	O	Z	R	I	C
W	Q	T	U	S	R	S	V	S	E	R	T
P	P	N	M	U	T	E	F	V	S	A	A
P	H	T	D	A	W	R	A	Y	U	B	P

Respuesta:

V	G	X	C	A	W	F	J	K	L	P	M
R	E	T	H	S	V	B	H	J	S	L	P
U	D	C	A	A	R	A	U	B	I	T	L
L	I	G	T	Q	S	A	E	V	K	Ñ	P
S	P	E	V	R	A	T	Z	U	I	E	T
G	E	N	O	V	E	V	A	I	U	B	E
R	R	A	G	H	S	O	B	Q	D	O	G

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.

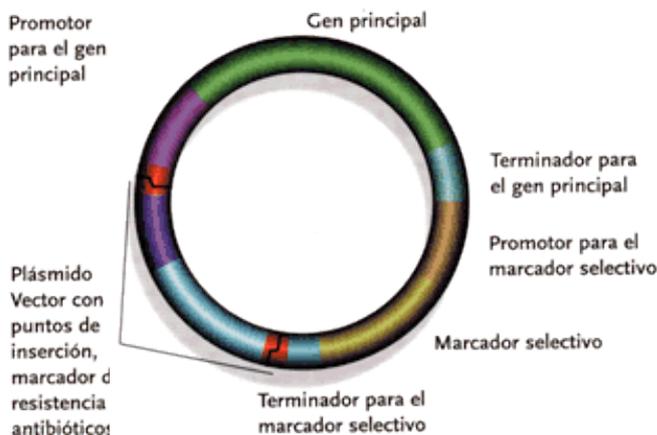
I	C	R	E	Y	L	X	A	Y	U	T	T
P	R	O	M	E	T	E	O	Z	R	I	C
W	Q	T	U	S	R	S	V	S	E	R	T
P	P	N	M	U	T	E	F	V	S	A	A
P	H	T	D	A	W	R	A	Y	U	B	P

Rta: Personajes en la sopa de letras: Genaro, Genoveva, Prometeo, Ese, Hastaqui, Barito, Ubi. El nombre completo y función de cada uno se presenta en las “Consideraciones metodológicas”

### Actividad N° 2: Interpretación de esquemas

En esta actividad se propone que los alumnos observen el siguiente esquema de un plásmido vector que contiene diversos elementos. Luego, los alumnos deberán relacionar a cada uno de estos elementos, con los personajes del cuento, uniendo con flechas los términos de ambas columnas.

**Nota:** tener en cuenta que los elementos insertos en el vector son aquellos utilizados para transferir a plantas transgénicas, es decir por ejemplo que el promotor del gen principal (Genaro) no es el original encontrado en la planta patagónica (Prometeo Desdeaquí en el cuento) sino aquellos utilizados por los científicos para transformar plantas de tabaco o maíz (Don Treintaycinco Ese y Ubi en el cuento).



Inserto preparado para ser transferido. (Extraído de Cuaderno N° 4)

Fuente: <http://www.agronort.com/informacion/abcbiotec/abcbio6.html>

• Gen principal
• Promotor del gen principal
• Terminador para el gen principal
• Marcador selectivo

• Promotor del gen de selección
---------------------------------

• Tina
• Don Treintaycinco Ese
• Barito

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.



- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Hastaqui Llegaste</li></ul> |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Genaro</li></ul>            |

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Ubi (<i>ubiquitina</i>)</li></ul> |
|---|

**Respuesta:**

**Gen principal:** Genaro (gen de resistencia al frío)

**Promotor del gen principal:** don Treintaycinco Ese (para transformar plantas modelo de tabaco) y Ubi (*ubiquitina*, para transformar plantas de maíz)

**Terminador para el gen principal:** Hastaqui llegaste

**Marcador de selección:** Barito

**Promotor del gen de selección:** Tina

**Actividad N° 3: Los personajes del cuento**

En esta actividad se propone a los alumnos distintas alternativas para que puedan crear a los personajes del cuento.

Para los años inferiores, la actividad podría llevarse a cabo dividiendo a los alumnos en grupos, y proponiéndoles que ilustren a los personajes principales. A los alumnos de años más avanzados se les puede plantear el desarrollo de un esquema "real" (como el que se encuentra en la actividad N° 2) para ilustrar el proceso de transformación de plantas en el laboratorio, como se explica en el cuento.

Otra actividad podría ser imaginar que este cuento es comprado por una editorial que lo quiere publicar para la venta en librerías infantiles y escolares. La tarea propuesta es ilustrar y diseñar la tapa del libro. ¿Qué dibujos y datos incluirían en la portada? La consigna podría ser que en la portada se incluyan algunos de los conceptos principales del cuento: gen, genoma, plantas, investigación, laboratorio, ciencia, ADN, pero de una manera atractiva por ser un libro de cuentos infantiles. **Nota:** Estas actividades se podrían realizar en conjunto con docentes de otras áreas como lengua y educación artística / dibujo.

**Material de consulta**

Cuaderno N°3: ADN, genes y código genético.

[http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec\\_03.asp?cuaderno=3](http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_03.asp?cuaderno=3)

Cuaderno N°4: ¿Qué es la ingeniería genética?

[http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec\\_04.asp?cuaderno=4](http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_04.asp?cuaderno=4)

Cuaderno N°6: Introducción a la biotecnología agrícola.

[http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec\\_06.asp?cuaderno=6](http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_06.asp?cuaderno=6)

Cuaderno N°18: Elaboración de una planta transgénica: Técnica de *Agrobacterium tumefaciens*.

[http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec\\_18.asp?cuaderno=18](http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_18.asp?cuaderno=18)

---

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.



Cuaderno N°26: Las plantas transgénicas

[http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec\\_26.asp?cuaderno=26](http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_26.asp?cuaderno=26)

Cuaderno N°28: Elaboración de una planta transgénica:

Técnica de Biobalística.

[http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec\\_28.asp?cuaderno=28](http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_28.asp?cuaderno=28)

Cuaderno N°32: Los ácidos nucleicos, estructura y función.

[http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec\\_32.asp?cuaderno=32](http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_32.asp?cuaderno=32)

Cuaderno N°61: Ciencia y Método científico.

[http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec\\_61.asp?cuaderno=61](http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_61.asp?cuaderno=61)

Cuaderno N°67: Introducción a técnicas de biología molecular y de ingeniería genética.

[http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec\\_67.asp?cuaderno=67](http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_67.asp?cuaderno=67)