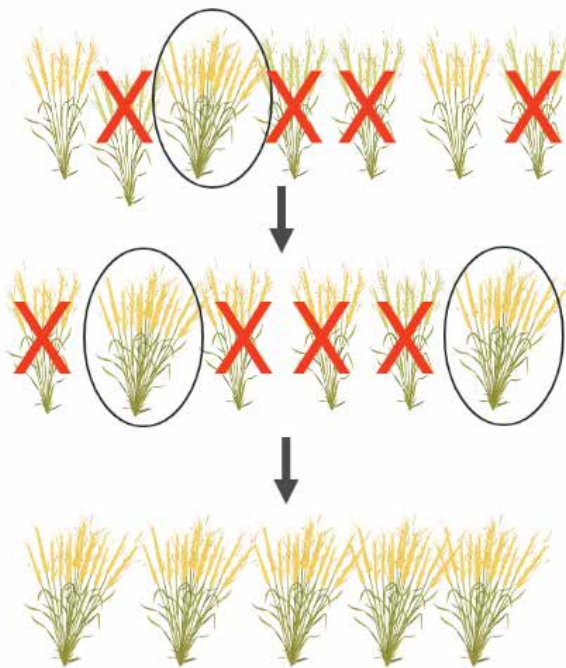


# B

## iotecnología vegetal: mejoramiento de cultivos ante el cambio climático

Jason Pérez Chaves\*  
jasperez@itcr.ac.cr



Created in BioRender.com

Figura 1. Esquema representativo de la selección de genotipos de plantas de rendimiento superior a través de las generaciones. Created with BioRender.com.

### Resumen

Las condiciones de cambio climático de los últimos años se han agravado, previéndose que las alteraciones serán cada vez más frecuentes y drásticas. Para la humanidad, una de las principales afectaciones está relacionada con la seguridad alimentaria. Para hacer frente a esta problemática se deberán generar nuevas plantas mejor adaptadas y más productivas. La biotecnología ofrece varias herramientas que pueden favorecer al mejoramiento genético de cultivos y así poder sobrellevar los desafíos que se esperan en el futuro cercano. Una de ellas es el cultivo de tejidos que facilita los procesos de selección masiva de individuos requeridos, permitiendo su estudio en condiciones controladas en el laboratorio y requiriendo menor espacio para llevar a cabo esta labor. En combinación con estrategias como la inducción de mutaciones, en el TEC existe la posibilidad de desarrollar nuevas variedades de plantas de interés para los agricultores que permiten apoyar a este importante sector del país.

### Palabras clave:

Cultivo *in vitro* de plantas, mutaciones, cultivos resistentes, selección de variedades, irradiador gamma-cell.

### Selección de plantas

La domesticación de plantas y la agricultura transformaron a la humanidad y permitieron la vida sedentaria, una mejor nutrición y el desarrollo de la sociedad,

las artes y la cultura. Este proceso, que inició entre 10 000 y 12 000 años atrás, ha pasado por diversas etapas de progreso que han permitido, entre otras situaciones, el crecimiento de la población mundial.

Uno de los hitos de mayor importancia en el desarrollo de la agricultura corresponde a la selección de plantas con características de interés (Figura 1). Esta estrategia se mantiene vigente y se combina con herramientas modernas que facilitan y aceleran los programas de mejoramiento.

Los procesos de mejora convencional de cultivos se han basado en el cruce y selección de individuos con características de interés para combinarlas en la descendencia. Estos métodos de mejora pueden tardar hasta 10 años en especies hortícolas o herbáceas, mientras que en especies forestales o leñosas de crecimiento lento conseguir una nueva variedad requiere una inversión en tiempo, recursos y labor todavía mayor.

El mejoramiento genético convencional implica la anticipación de las condiciones y preferencias de mercado en un plazo relativamente largo; asimismo, requiere trabajar con altos números de individuos ya que se busca obtener un espécimen que presente las características deseables.

Para conseguir el mejor individuo de acuerdo con los requerimientos se tiene una probabilidad sumamente baja, por lo

que es vital trabajar con muchas plantas a lo largo del tiempo para lograr el objetivo. Se debe evaluar y dar mantenimiento a todas estas plantas y eso aumenta los costos del trabajo. Por otra parte, deben considerarse los efectos del cambio climático que alteran las condiciones ambientales a un ritmo mayor, por lo que actualmente no solo se necesitan plantas más productivas y resistentes a enfermedades sino resistentes a sequía, suelos salinos, temperaturas extremas y exceso de humedad, sumado a que los ciclos de los cultivos podrían alterarse así como los ciclos de las plagas y enfermedades.

Los retos del cambio climático no son relacionados solamente con los cambios en las condiciones, sino que esos cambios serán más drásticos y con menor margen de respuesta cada vez. Adicionalmente, se proyecta que para el año 2100, la población mundial llegará a 11 000 millones de personas. Para sobrellevar estas difíciles situaciones, la humanidad debe aumentar la sofisticación en la producción de cultivos agrícolas para aumentar los rendimientos con los recursos que ya contamos.

### Biotecnología vegetal: cultivo *in vitro* de plantas

Entonces se hace imperioso abordar desde distintos puntos de vista la solución a esta problemática. Deben integrarse esfuerzos desde muchos sectores, ya que el cambio climático y sus efectos en los cultivos

agrícolas se relacionan con la mayoría de los objetivos globales de desarrollo sostenible.

Uno de los frentes desde los que se pueden apoyar los esfuerzos en mejoramiento genético es la biotecnología vegetal. Varias herramientas, como el cultivo *in vitro* de tejidos, permiten la propagación masiva de individuos de interés, el trabajo con un gran número de individuos en un espacio reducido y en condiciones controladas, así como la posibilidad de añadir en el medio de cultivo los agentes de selección. Por ejemplo, si se requiere una planta resistente a suelos salinos es posible añadir altas concentraciones de sal en el medio y así eliminar los individuos susceptibles y los resistentes sí sobrevivirán a esa condición (Figura 2). Mediante esta estrategia de selección, añadiendo al medio de cultivo el factor de interés, es posible también obtener plantas de cualquier cultivo resistentes a sequía, herbicidas y enfermedades de las plantas, entre muchos otros.

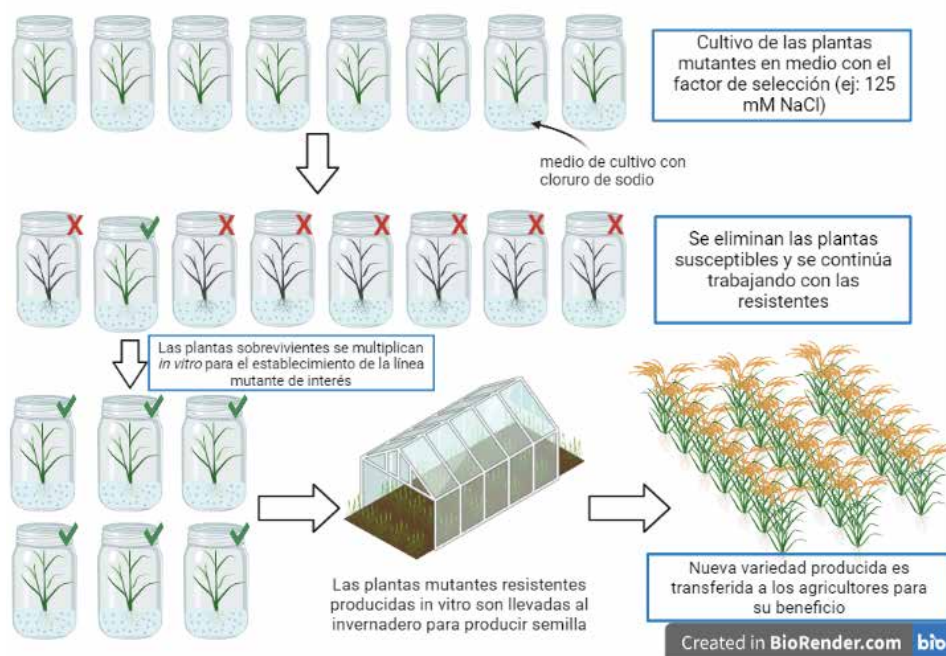


Figura 2. Producción de mutantes resistentes a salinidad mediante su selección *in vitro*. Created with BioRender.com.

Otras biotecnologías de gran importancia en el mejoramiento son la conservación a mediano y largo plazo por criopreservación, que consiste en el almacenamiento en condiciones de ultrabajas temperaturas de distintos tejidos vegetales como semillas, ápices, yemas, células y otros, generalmente utilizando nitrógeno líquido (-196 C). En estas temperaturas, es posible la conservación y el aseguramiento de las variedades de plantas que servirán en el futuro para otros programas de mejoramiento genético, para los nuevos retos que vendrán con el cambio climático. Para esto, esos bancos de germoplasma son vitales porque constituyen la materia prima para la obtención de nuevas variedades. De esta manera, los procesos de mejoramiento deben siempre estar acompañados de programas de conservación de germoplasma, cerrando el ciclo de uso y conservación de recursos fitogenéticos.

### Mutaciones

Mediante la biotecnología vegetal también se pueden desarrollar variantes de interés, nuevas variedades agrícolas mediante inducción de mutaciones por métodos químicos (usando reactivos químicos mutagénicos) o mediante métodos físicos (usando irradiación de diversa índole como luz ultravioleta, rayos X o rayos gamma). Para producir mutantes, los tejidos vegetales son expuestos a alguno de los agentes

mutagénicos en condiciones de alta seguridad en el laboratorio y esto causa cambios en el ADN que permiten generar plantas nuevas con mejores características, como mayor productividad o mejor adaptación. Una vez en el campo, estas plantas son tan seguras como cualquier otro cultivo y de ninguna manera es posible que existan trazas o residuos del agente mutagénico por la naturaleza y seguridad de la metodología.

Una de las principales ventajas de producir mutantes como estrategia de mejoramiento genético es que acortan los ciclos de los programas de forma significativa, pudiendo pasar de 10 años que podría tardarse en desarrollar una nueva variedad por mejora convencional, a cuatro años o menos mediante la inducción de mutaciones. Otra de las ventajas de las variedades mutantes es que son ampliamente aceptadas por la sociedad costarricense y mundial y en la consecución de un objetivo en particular pueden producirse otros mutantes de interés aunque no se estuvieran buscando.

### CIB/TEC

En el Centro de Investigación en Biotecnología del TEC (CIB) desde el 2014 se han desarrollado proyectos para producir mutantes de arroz por medio de rayos gamma. En una etapa inicial se obtuvieron mutantes de este importante cultivo para

Costa Rica y el mundo en colaboración con investigadores de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional y de la Escuela de Biología de



Figura 3. Equipo de irradiación gamma-cell del Laboratorio de Irradiación Gamma del Tecnológico de Costa Rica.



la Universidad de Costa Rica; el objetivo fue obtener variantes resistentes a sequía y a suelos salinos, dos de los principales problemas de cambio climático que serán más frecuentes en los próximos años.

Actualmente algunas de esas plantas variantes se encuentran en estudios finales para que cuando sean requeridos ya estén listos y que esos efectos del cambio climático no sean un problema para la producción de arroz y, por ende, contar con seguridad alimentaria en el país. Hasta la fecha se han registrado más de 3365 variedades de mutantes de cultivos en el mundo, según la base de datos conjunta FAO/IAEA (Abdelnour-Esquivel et al. 2020). En Costa Rica se han registrado dos variedades de arroz, una de rabiza y una de frijol, que fue la primera en ser registrada en 1975 (FAO/IAEA 2021). De manera que no es una tecnología ajena a nuestro país y todas las variedades mutantes son muy bien vistas por los costarricenses.

Por la experiencia generada en el CIB y en la Escuela de Física del TEC, grupos organizados de productores arroceros y cañeros se han acercado a los investigadores para solicitar nuevos mutantes, principalmente por las capacidades técnicas e instalaciones con que cuenta el TEC, como el irradiador gamma (Figura 3) y el laboratorio de cultivo de tejidos equipado para el desarrollo de las investigaciones requeridas (Figura 4). Se proyecta que productores de muchos otros cultivos se continuarán interesando en este tipo de desarrollos, por la posibilidad de aplicar estas experiencias y aprovechar los equipamientos del TEC en prácticamente cualquier otra especie vegetal. Así, el impacto de la inversión pública llega a los sectores que más lo necesitan, especialmente en iniciativas que impactan directamente en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y a reducir las consecuencias del cambio climático y crecimiento poblacional en la producción agrícola.

#### Referencias

Abdelnour-Esquivel, A., Perez, J., Rojas, M., Vargas, W., & Gatica-Arias, A. (2020). Use of gamma radiation to induce mutations

in rice (*Oryza sativa* L.) and the selection of lines with tolerance to salinity and drought. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 56(1), 88-97. <https://doi.org/10.1007/s11627-019-10015-5>

FAO/IAEA. (2021). *Mutant Variety Database*. Recuperado 4 de octubre de 2021, de <https://mvd.iaea.org>

\*Jason Pérez Chaves es ingeniero en Biotecnología y máster en Ciencias Forestales con experiencia en cultivo de tejidos vegetales, mejoramiento genético por inducción de mutaciones y fisiología de la crioconservación de plantas. Es profesor de la carrera de Ingeniería en Biotecnología, Escuela de Biología del TEC.



Figura 4. Cuarto de crecimiento de vitroplantas del Centro de Investigación en Biotecnología (CIB) del TEC.