

# CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO DE MÉXICO

Dr. Héctor Nolasco Soria, Director General y Editor

Plantas Mejoradas Genéticamente: alternativa para la agricultura en zonas áridas

La Paz, B.C.S., a 19 de junio de 2011



Gracia Gómez\*, Carlos Angulo, Mario Arce, Julio Hernández, Mario Rojas, Felipe Ascencio y Juan Fco. Jiménez Bremont<sup>s</sup>



Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

<sup>s</sup>IPICYT. ggomez@cibnor.mx

## Resumen

La salinidad afecta más de 800 millones de hectáreas a nivel mundial, esto trae consigo la pérdida de terreno cultivable y con ello la disminución del alimento disponible para una población creciente. La ingeniería genética representa una alternativa para la generación de plantas mejoradas genéticamente que crezcan en suelos deteriorados. Para ello, es importante seleccionar y evaluar genes que puedan ser utilizados en la modificación genética de plantas de interés comercial. Así, nuestro grupo de investigación se enfoca a la búsqueda y evaluación de genes nuevos en plantas del desierto, con potencial de ser utilizados para mejoramiento genético de alfalfa y tomate.

**Palabras clave:** Mejoramiento genético; estrés salino; Agricultura de transgénicos.

## Abstract

Salinity affects more than 800 million hectares worldwide, this entails the loss of farmland and thus reducing the available food for a growing population. Genetic engineering is an alternative for the generation of genetically enhanced plants that grow in soil damaged. It is therefore important to select and evaluate genes that may be used in genetic modification of plants of commercial interest. Thus, our research group is focused on search and evaluation of new genes in plants of the desert, with potential to be used for genetic improvement of alfalfa and tomato.

**Key words:** Genetic improvement; salt stress, transgenic Agriculture.

**Area temática:** Área 6: Biotecnología y Ciencias Agropecuarias.

## Problemática

Se estima que para el año 2030, México tendrá 121 millones de habitantes y requerirá 78 millones más de producto agrícola, respecto a lo que se requería en el 2006. Si sumamos la pérdida de terreno cultivable por problemas de salinidad y el déficit creciente de agua que se tiene para siembra, podemos pensar en la necesidad de opciones de producción que permitan mejorar el rendimiento de los cultivos en suelos pobres, salinos y secos. Las plantas tienen sus propios umbrales de producción y no se pueden incrementar ilimitadamente de forma natural, por lo que uno de los retos en la agricultura actual es: aumentar la cantidad de alimentos implementando herramientas biotecnológicas que permitan utilizar los suelos perdidos y deteriorados. El mejoramiento genético convencional ha permitido tener plantas seleccionadas por su rápido crecimiento y tamaño de producto; sin embargo, éstas prácticas afectan la variabilidad genética de las especies, lo que se refleja en menor capacidad de respuesta ante estresores como salinidad y sequía. Es por ello que las poblaciones silvestres de plantas, se consideran un valioso acervo genético que puede ayudar a la solución de problemas relacionados con la producción agrícola. En ese sentido, la ingeniería genética representa una oferta viable para la selección y transferencia de genes clave con capacidad de conferir resistencia a salinidad y sequía a plantas de importancia socioeconómica, tales como: chile, tomate y alfalfa.

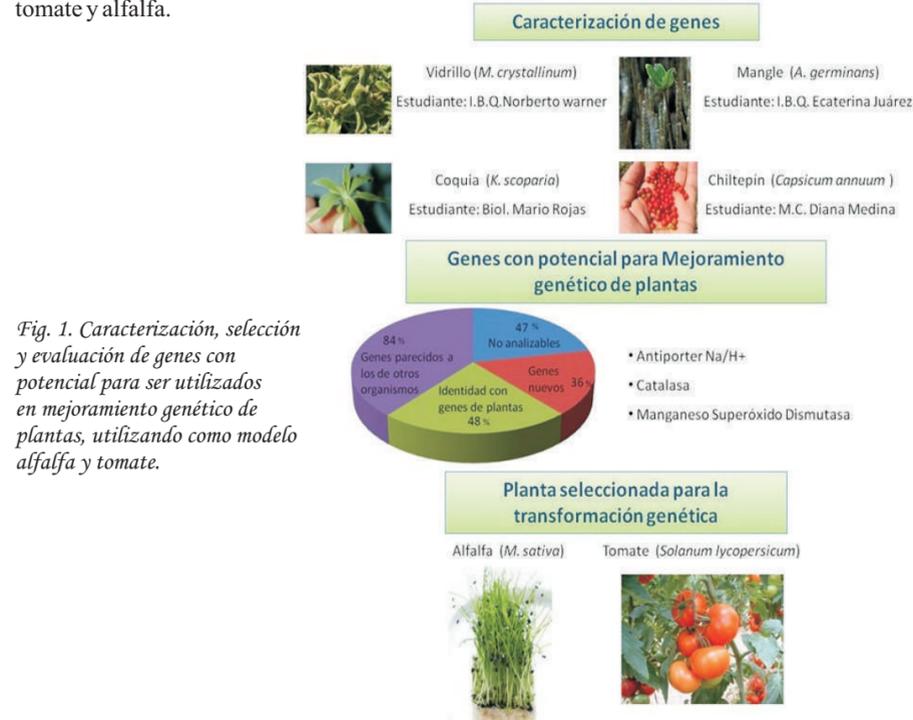


Fig. 1. Caracterización, selección y evaluación de genes con potencial para ser utilizados en mejoramiento genético de plantas, utilizando como modelo alfalfa y tomate.

## Usuarios

Los usuarios potenciales son las empresas dedicadas a la producción y comercialización de semillas mejoradas, industria farmacéutica, Centros de Investigación y el Gobierno Federal.

## Proyecto

Los trabajos de investigación del grupo, están encaminados a la selección de genes clave de plantas halófitas (resistentes a salinidad) silvestres para el mejoramiento genético de alfalfa y tomate que puedan crecer en suelo salino y con déficit de agua.

**Producción de bancos de genes y selección de genes para transformación genética de plantas.** Los bancos de genes son construcciones genéticas que permiten contener, estudiar y preservar el Ácido Ribonucleico (ARN) o Desoxirribonucleico (ADN) de un organismo, en éste caso plantas. Generalmente se guardan en nitrógeno líquido o en ultra congeladores a  $-80^{\circ}\text{C}$ , además se respalda en una base de datos electrónica que contiene toda la información de la procedencia de las muestras y cada una de las secuencias de ADN o ARN preservada. A la fecha existen bases de datos robustas con información disponible de secuencias parciales y completas de genes que responden al estrés. La gran mayoría de éstos genes vienen de plantas glicófitas modelo (plantas sensibles al  $\text{Na}^+$ ) como *Arabidopsis thaliana*. El estudio de plantas halófitas (plantas resistentes a salinidad), incrementa la posibilidad de localizar nuevos genes de resistencia a salinidad que no han sido caracterizados antes. Basado en ello, nuestro grupo de investigación se ha centrado en el estudio de genes de plantas halófitas, tales como coquiá (*Kochia scoparia*), vidriño (*Mesembryanthemum crystallinum*), mangle (*Avicennia germinans*) y el chile silvestre chiltepin (*Capsicum annuum* var *glabrisculum*). A la fecha se cuenta con 2 bancos de genes sustractivos, uno correspondiente a coquiá y otro a vidriño, así como algunos genes expresados diferencialmente en mangle y chiltepin por estrés salino. Con ello se está trabajando en el mejoramiento genético asistido para la producción de alfalfa y tomate resistentes a estrés salino (Figura 1).

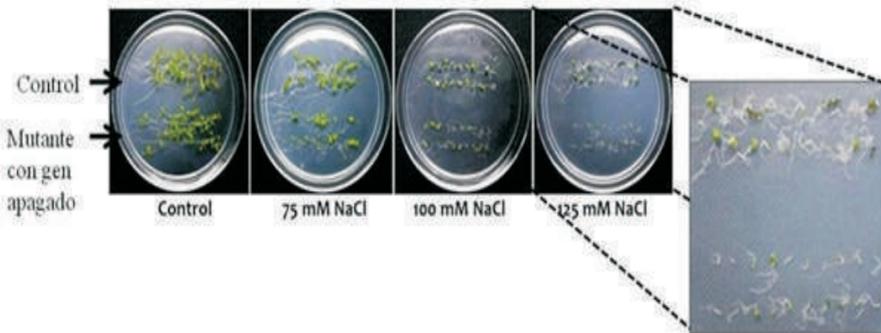


Fig. 2. Evaluación del porcentaje de germinación a diferentes concentraciones de sal ( $\text{NaCl}$ ). Plantas control y plantas cuyo gen fue mutado para la pérdida de función.

En el caso del banco de genes de coquiá, se obtuvieron 36 secuencias nuevas para las bases de datos, 3 secuencias parciales de genes de respuesta a estrés y algunos genes de péptidos del metabolismo normal (fotosistema II). Entre los genes de respuesta a estrés se obtuvieron: la Fosfoetanolamina N metil transferasa, que es una enzima que interviene en la síntesis de fosfolípidos y que se incrementa en respuesta por etileno, ácido abscísico, elicitores, heridas, estrés osmótico y oxidativo; la Glicolato Oxidasa, que es una enzima que reduce el  $\text{O}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}_2$  y en cuya secuencia se localizó una región reguladora llamada MYCCONSENSUSAT, la cual es reconocida por un factor de transcripción CBF3 que induce la expresión de genes de resistencia a alta salinidad; y el tercer gen corresponde al de la catalasa, que es una enzima antioxidante que evita el daño causado por especies reactivas de oxígeno que se producen durante el estrés salino, este último se tiene entre los genes con potencial para transformaciones genéticas de plantas. Los genes que se han estudiado en vidriño, se seleccionaron de una base de datos pública, con base en que son genes cuya expresión y función está involucrada en el transporte de  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  cuando la planta se encuentra en estrés. Aunque se conocen las secuencias de éstos genes tipo vacuolar (*nhx1*, *nhx2* y *nhx3*) y cloroplástico (*nhaD*), se desconocía si eran inducibles o cuál de ellos era el responsable de responder al estrés (datos muy importantes para ser considerados como genes potenciales para mejoramiento genético de plantas). Por lo que nuestro grupo de investigación se dio a la tarea de responder a ello, se encontró que los genes *Nhx1*, *Nhx2* y *NhaD* se expresan de forma constitutiva y responden al estrés salino y osmótico. El trabajo de identificación de genes de mangle que responden a salinidad, se realizó utilizando propágulos de *A. germinans* del manglar de El Comitán (México). Se estudió el material genético de raíz y encontramos 37 bandas expresadas diferencialmente, de las cuáles el 33% corresponden a potenciales genes nuevos involucrados en la respuesta a estrés salino y 5% a la enzima antioxidante manganeso-superóxido dismutasa. El último modelo que tenemos de estudio es chiltepin, un chile silvestre que posee mecanismos fisiológicos para responder al estrés salino y del cual hemos visto que responde con la expresión de genes específicos para responder a dicho estrés. Actualmente tenemos parcialmente identificados 5 fragmentos de ADN expresados en etapa tardía de la respuesta al estrés, los cuales se encuentran actualmente en estudio de caracterización completa y funcional.



Fig. 3. Estrés por congelamiento a 45, 60 y 75 min de exposición a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Fotografía tomada después de 36 días de recuperación

**Plantas resistentes a Salinidad.** Con el fin de tener acercamientos a los cultivos de interés comercial, los modelos de glicófitas que actualmente se están trabajando para el mejoramiento genético son: la alfalfa (*Medicago sativa*) y el tomate (*Solanum lycopersicum*) y *Arabidopsis thaliana* que permiten la generación de líneas transgénicas de manera relativamente fácil. Resultados experimentales en *A. thaliana* cuyo gen de interés fue mutado, muestran que la ausencia del gen afecta la germinación de semillas en condiciones salinas (Figura 2). Es bien sabido que el producto de un gen puede estar involucrado en más de un proceso de respuesta a diferentes estresores, referente a ello, la misma mutación del gen que favorece la germinación en salinidad (Figura 2), tiene el efecto contrario cuando se expone a estrés por frío (figura 3). Es decir, el gen identificado en plantas halófitas confiere resistencia a salinidad durante la germinación y está involucrado negativamente en la resistencia a frío. Actualmente existen líneas de plantas tolerantes a estrés, introduciendo genes de enzimas antioxidantes, de polifenol oxidasa y de genes del metabolismo de la trehalosa. Si bien éstos genes han logrado sobrevivencias hasta del 70% en plantas sometidas al estrés salino, ninguno de éstos genes está involucrado en mecanismos de eliminación del ión tóxico sodio ( $\text{Na}^+$ ). Por lo que la propuesta plantea introducir genes de enzimas antioxidantes y de transportadores de  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  a la alfalfa para eliminar iones tóxicos que se acumulan cuando ésta se expone a  $\text{NaCl}$  por tiempos prolongados.

## Impacto socioeconómico

La salinidad es uno de los problemas más importantes en el mundo, el 6.0% de la superficie de la tierra tiene niveles importantes de sales lo que reduce la productividad de 20 millones de hectáreas irrigadas en el mundo. Los suelos con un alto contenido de sales, son un problema mundial ya que abarcan el 10% de la superficie en más de 100 países. En México, se estima que 2 millones de hectáreas con irrigación, tienen niveles bajos de producción por efecto de la salinidad y de éstas 300,000 Ha presentan rendimientos deficientes o están abandonadas. El avance de este fenómeno alcanza un ritmo anual de 10,000 hectáreas. La biotecnología representa una alternativa para la recuperación económica y producción de alimento en suelos pobres, a través de la generación de plantas mejoradas genéticamente (PMG). En la actualidad más de 51 países consumen algún producto de PMG y más de 22 países los producen, entre ellos México. Desde 1988, se han llevado a cabo más de 450 liberaciones al ambiente de PMG con fines experimentales, tales como: arroz, calabacita, cártamo, chile, clavel, lino, melón, papa, papaya, piña, plátano, tabaco, trigo, limón, soya, algodón, alfalfa y tomate. Sólo de la venta de soya, maíz, algodón y canola se calculan ganancias superiores a los 5 millones de dólares por año/ha a nivel mundial.

Contacto: <http://pcti.mx>, [hnolasco2008@hotmail.com](mailto:hnolasco2008@hotmail.com)