





www.chilebio.cl

**HERRAMIENTAS BIOTECNOLÓGICAS PARA ENFRENTAR LA SEQUÍA: INNOVACIÓN EN EL MEJORAMIENTO VEGETAL**

Agosto, 2020

Miguel Sánchez  
Biólogo, PhD en Ciencias Biológicas  
MA en Comunicación Política  
Director Ejecutivo  
masanchez@chilebio.cl





**LA COMUNICACIÓN ES LA ESENCIA DE NUESTRA LABOR**

- ❖ ChileBio reúne a las compañías desarrolladoras de biotecnología agrícola dedicadas a la investigación, desarrollo y comercialización de productos innovadores para la agricultura basados en la mejora genética de semillas.
- ❖ Informamos sobre el rol de la **biotecnología** en la agricultura, medio ambiente y alimentación, en el contexto del **mejoramiento genético vegetal**
- ❖ Estamos comprometidos con la **educación y divulgación** basada en evidencia científica
- ❖ 10 años comunicando **ciencia** y promoviendo la **innovación**

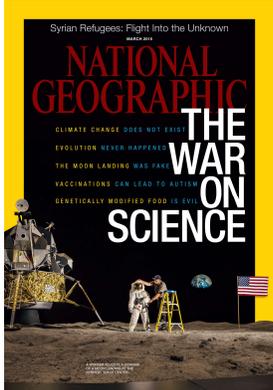
Actividades destacadas de comunicación:

- ✓>50 capacitaciones, seminarios, charlas al año
- ✓>80 apariciones en medios de comunicación al año
- ✓ Publicación de artículos científicos de alto impacto.
- ✓ Capítulos de libro.
- ✓ Presencia en redes sociales:

-  51.989 seguidores
-  9.297 seguidores
-  5.626 seguidores
-  Canal con 51 videos; 2.670 suscriptores



**EL CUESTIONAMIENTO AL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO**



“Vivimos en una época en la que todas las disciplinas del **conocimiento científico** enfrentan una organizada y a menudo **furiosa oposición**. Empoderados por sus **propias fuentes** de información y sus **propias interpretaciones** de la investigación, los escépticos han declarado la guerra al consenso de los expertos...”

**LA OBJECCIÓN CONTRA LOS CIENTÍFICOS**



- ❖ La arrogancia de algunos científicos no facilita la comunicación de la ciencia.

- ¡No te interesa lo que hacemos!
- ¡Es que eres un arrogante!
- No tienes cultura científica
- No estás abierto a nuevas ideas, sólo te interesa “la ciencia”.
- No tienes pensamiento crítico.
- No te importan mis preocupaciones y siempre crees que sabes más que otros.

**LA CIENCIA DESAFÍA EL SENTIDO COMÚN**

ABC SOCIEDAD

España • Internacional • Economía • **Sociedad** • Madrid • Familia • Opinión • Deportes • Gente • Cultura • Ciencia Historia Viajar • Play • Bienestar • Más

### Trump vuelve a burlarse del cambio climático: «Un frío brutal. ¿Qué ha pasado con el calentamiento global?»

• No es la primera vez que el presidente de Estados Unidos pone en duda este fenómeno por una ola de frío

**Donald J. Trump** @realDonaldTrump

Brutal and Extended Cold Blast could shatter ALL RECORDS - Whatever happened to Global Warming?

102 mil · 20:23 - 21 nov. 2018

109 mil personas están hablando de esto

**PERCEPCIÓN SOBRE LOS CULTIVOS TRANSGÉNICOS**

Google: Usuarios tienen que saber distinguir las noticias falsas

Durante el 'Google Think 2016', el director para Latinoamérica, señaló que Google siempre busca contenido democrático y que es el usuario quien debe discernir entre lo que lee

23/11/2016 06:08 EFE

**Aumentan las críticas a Facebook por las "noticias falsas"**

Muchos exigen que la red social sea considerada una empresa médica con responsabilidad editorial, denominación que hasta ahora se rehusa a incorporar.

**Los textos pueden ser exagerados o mal interpretados, falsificados o manipulados y hay que tomarse un tiempo para contrastar los datos.**

**SEQUÍA Y AGRICULTURA**



- Sequía → fenómeno meteorológico. Se declara cuando hay un déficit de lluvias con respecto al registro histórico de precipitaciones (sequía meteorológica) y/o un déficit del caudal en los ríos (sequía hidrológica).
- Escasez hídrica → fenómeno resultante de las decisiones que se toman respecto del uso del agua disponible.
- La crisis hídrica actual → sequía + cambio climático + uso del agua disponible.



- Genera un marcado efecto sobre los procesos celulares, el crecimiento de la planta y los rendimientos de producción

**SEQUÍA EN CHILE**

- El 72% de la superficie de Chile sufre de sequía en algún grado.
- 156 de las 345 comunas del país presentan riesgo de desertificación
- podría afectar a más de seis millones de habitantes (38% de la población).

Marzo 2016

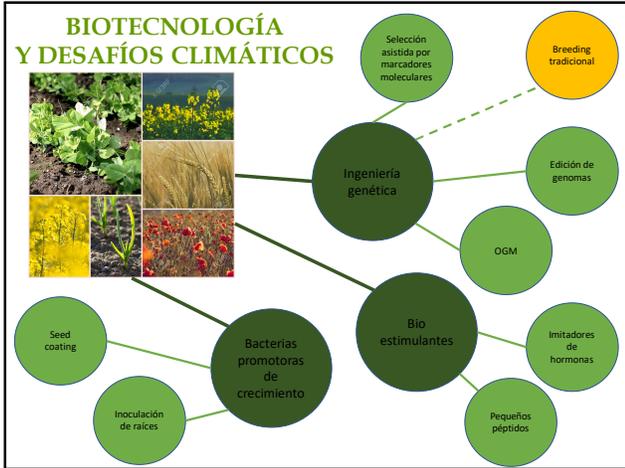


Marzo 2020






La sequía en Chile se debe principalmente a la falta de lluvias



### ENFRENTANDO LOS DESAFÍOS CLIMÁTICOS

**EJEMPLO: SEQUÍA**

**EMBALSES**

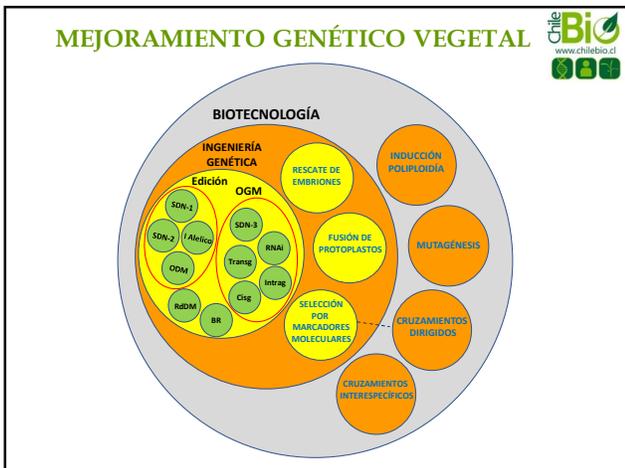
**PLANTAS DESALADORAS**

**MEJORAMIENTO GENÉTICO**

**TELEMETRÍA**

**INFILTRACIÓN DE ACUÍFEROS**

NATURAL SUPERFICIAL PROFUNDA



### BIOTECNOLOGÍA Y MEJORAMIENTO GENÉTICO

**Tip!** ✓ En el contexto del **mejoramiento genético**, la **biotecnología** ofrece herramientas (transgénicos, RNA de interferencia, edición de genes, etc) muy atractivas para obtener variabilidad y modificaciones genéticas:

- de forma precisa
- sin afectar otras características
- teniendo certeza de qué cambios genéticos ocurrieron
- imitando a las mutaciones espontáneas (en algunos casos)
- en menores tiempos

DNA → mRNA → Protein

### MEJORAMIENTO GENÉTICO VEGETAL

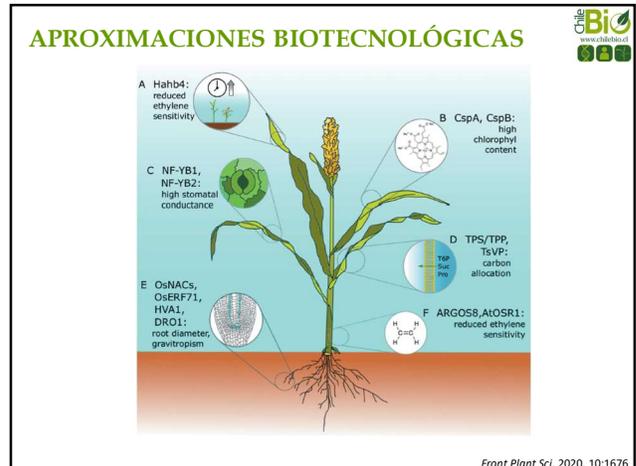
BIOTECNOLOGÍA

### EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

**Cost per Raw Megabase of DNA Sequence**

**Evolution of the Mobile Phone**

NIH National Human Genome Research Institute genome.gov/genetics/genetics



### OSMOLITOS Y TOLERANCIA A LA SEQUÍA

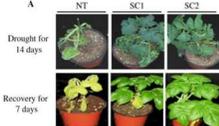
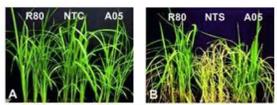
✓ Los **osmolitos** son moléculas pequeñas que tienen la capacidad de retener **agua**, por lo que si la célula **acumula** estas moléculas dificultará que el **agua** se escape por transpiración.

Gen *codA* para la biosíntesis de glycine betaína incrementaron la tolerancia a la sequía en papa

Osmolito	Cultivo	Gen	Referencia
Glycine betaine	Tobacco	<i>CMO</i>	Shen et al. 2002; Zhang et al. 2008
	Maize	<i>betA</i>	Qian et al. 2004
	Potato	<i>COX</i>	Ahmad et al. 2008
	Rice	<i>codA</i>	Kathuria et al. 2009
Proline	Soybean	-	Ronde et al. 2004
	Tobacco	<i>P5CR</i>	Gabris et al. 2007; Populova et al. 2011
Trehalose	Tobacco	<i>TFS1</i>	Romero et al. 1997; Karim et al. 2007
	Rice	<i>otsA and otsB</i>	Garg et al. 2002
Mannitol	Wheat	<i>mtD</i>	Albebe et al. 2003

*Empir J Food and Agric*, 2014, 27(1):24-39.

Genes de la biosíntesis de trehalosa de *E. coli* incrementaron la tolerancia a la sequía en arroz

Ahmud et al. (2008)

Garg et al. (2002)

### GENES REGULADORES Y TOLERANCIA A LA SEQUÍA

✓ El ácido abscísico y varios grupos de kinasas detectan el estrés abiótico, activando factores de transcripción que a su vez activan genes de tolerancia a la sequía.

- Plántulas de algodón sometidas a días de sequía.
- Gen *los5* de Arabidopsis (regulador de la biosíntesis de ABA)
- Aumento de ABA (25%) y prolina (20%)
- Aumento actividad antioxidante



Yue et al. (2012)

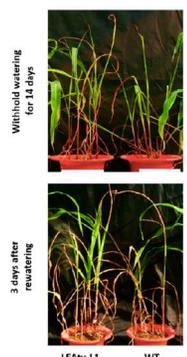
### PROTEÍNAS "LEA" Y TOLERANCIA A LA SEQUÍA

✓ Las proteínas LEA (*Late Embryogenesis Abundant*) son expresadas en gran cantidad en la fase final del desarrollo embrionario.

✓ Se induce su producción al haber limitación de agua, y se acumulan durante el desarrollo de la semilla y el polen.

✓ Ayudan a mantener la estructura de membranas celulares, el balance iónico, y actúan como chaperonas en condiciones de sequía.

- Gen *ZmLEA14tv* de maíz, sobrexpresado en maíz, mostró mejor tasa germinación y crecimiento en condiciones de sequía



*Agronomy* 2019, 9(2), 62

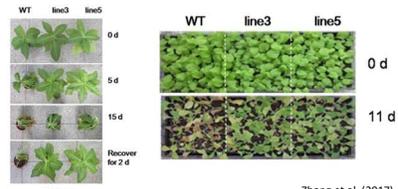
### GENES DETOXIFICADORES Y TOLERANCIA A LA SEQUÍA

✓ El estrés oxidativo causado por la sequía lleva a la generación de ROS (especies reactivas de oxígeno) los cuales afecta el crecimiento y sobrevivencia de la planta.

✓ El exceso de ROS provoca oxidación de proteínas, peroxidación de membranas lipídicas, daños en el ADN y ARN, y puede causar la muerte celular.

✓ Las células tienen sistemas antioxidantes que eliminan ROS (superóxido dismutasa (SOD), ascorbato peroxidasa (APX), catalasa (CAT), y glutatión reductasa (GR)).

- El gen de la superóxido dismutasa (*SciCSD*) de *Saussurea involucreta* mejora la tolerancia a la sequía en tabaco



Zhang et al. (2017)

### FACTORES DE TRANSCRIPCIÓN Y TOLERANCIA A LA SEQUÍA

- ✓ Los factores de transcripción son proteínas que se unen al ADN y transcriben y regulan genes

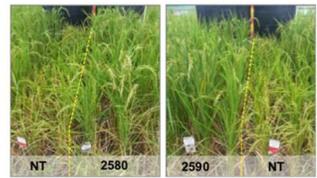


**Abstract**  
**The Maize WRKY Transcription Factor ZmWRKY40 Confers Drought Resistance in Transgenic Arabidopsis**  
 Chang Tao Wang<sup>1,2</sup>, Jing-Na Bai<sup>1,2</sup>, Ying-Wei Liu<sup>1</sup>, Jun-Feng Yang<sup>1</sup>, Meng Li<sup>1</sup>, Zhan-Sha Xu<sup>1,2,3</sup> and Jun-Chang Fu<sup>1,4</sup>

- Posiblemente regula la eliminación de ROS e incrementa la expresión de genes de respuesta a estrés.

### GoIS2, ARROZ GM TOLERANTE A LA SEQUÍA

- ✓ Galactinol sintasa (GoIS) es una enzima necesaria para producir el azúcar galactinol.
- ✓ Se utilizó el gen *AtGoIS2* de la planta *Arabidopsis*.
- ✓ Se obtienen mejores rendimientos en condiciones de sequía
- ✓ Barreras comerciales por ser GM



**Overexpression of an Arabidopsis thaliana galactinol synthase gene improves drought tolerance in transgenic rice and increased grain yield in the field**  
 Michael Gomez Solares<sup>1</sup>, Takuma Kitagaki<sup>2</sup>, Milton Valencia<sup>3</sup>, Satoshi Ogawa<sup>4</sup>, Brata Dedićević<sup>5</sup>, Takuya Ogawa<sup>6</sup>, Kazuhiko Yoshimura<sup>7</sup>, Kenjiro Nakagawa<sup>8</sup>, Yasuaki Koyama<sup>9,10</sup>, Kazuki Sasaki<sup>11</sup>, Fumihiko Takahashi<sup>12</sup>, Kazuo Shinzaki<sup>13</sup>, Kazuo Nakashima<sup>14</sup> and Masahito Ishikawa<sup>15</sup>

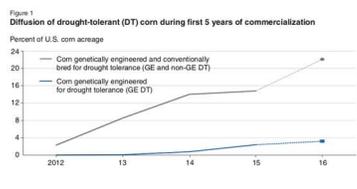
### EL PRIMER MAÍZ GM TOLERANTE A LA SEQUÍA DISPONIBLE DE FORMA COMERCIAL

- ✓ El maíz MON87460 fue desarrollado por Monsanto en 2009 y comercializado en EEUU en 2013.
- ✓ De 50.000 ha en 2013, pasó a 275.000 ha en 2014.
- ✓ Expresa la *cold shock protein B* (CSPB) de la bacteria *Bacillus subtilis*.
- ✓ CSPB mantiene el funcionamiento celular preservando la estabilidad del ARN



Regul Toxicol Pharmacol. 2015;71(2):164-73

### EL PRIMER MAÍZ GM TOLERANTE A LA SEQUÍA DISPONIBLE DE FORMA COMERCIAL

Year	Com genetically engineered and conventionally bred for drought tolerance (GE and non-GE DT)	Com genetically engineered for drought tolerance (GE DT)
2012	~2%	~0%
2013	~10%	~0%
2014	~15%	~0%
2015	~18%	~0%
2016	~22%	~0%

- ✓ Competencia con otras tecnologías
- ✓ Aumento de rendimiento de 1-5% en condiciones de sequía

### CAÑA AZÚCAR TOLERANTE A LA SEQUÍA



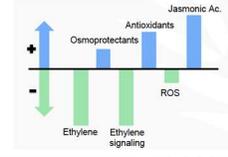
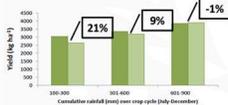
- ✓ Desarrollada por la empresa estatal indonesia PT Perkebunan Nusantara XI, la Universidad de Jember y la empresa Ajinomoto.
- ✓ Posee el gen osmoprotector de la betaína
- ✓ Produce 10-30% azúcar en condiciones de sequía.
- ✓ Autorizada para comercialización en Agosto 2018.
- ✓ Cultivada sólo en tierras de PTPN XI
- ✓ Posee un gen del pasto *Erianthus arundinaceus*
- ✓ Indonesia es el segundo mayor importador de azúcar después de China.




### EL TRIGO HB4 TOLERANTE A LA SEQUÍA



- ✓ La tecnología está basada en un descubrimiento realizado por científicos argentinos de la UNL-Conicet, liderados por la doctora Raquel Chan.
- ✓ desarrollo conjunto entre la firma biotecnológica Bioceres, y Florimond Desprez, empresa especializada en mejoramiento de cultivos.
- ✓ Utiliza gen proveniente del girasol (Factor de Transcripción).
- ✓ Se espera reducir las pérdidas a nivel país en casi 2 millones de ton, o sea, cerca de US\$380 millones
- ✓ Seguridad ambiental y alimentaria exitosa. Falta aprobación de impacto económico

### LA SOJA HB4 TOLERANTE A LA SEQUÍA



- ✓ Aprobada en Argentina, Brasil y EEUU.
- ✓ HB4® podría agregar al menos 5 millones más de toneladas de producción a la que hoy se prevé.
- ✓ En evaluación en China, Uruguay y Paraguay.
- ✓ Mejora la capacidad de adaptación de las plantas a situaciones de estrés (sequía y salinidad), sin afectar su productividad en condiciones de crecimiento óptimas.




### TRANSGÉNICOS Y LOS DESAFÍOS CLIMÁTICOS





**DR. SIMÓN RUIZ**  
UNIVERSIDAD DE TALCA



**PRODUCTO EN DESARROLLO (NO COMERCIAL)**

### TRANSGÉNICOS Y LOS DESAFÍOS CLIMÁTICOS

**TOLERANCIA A SALINIDAD**

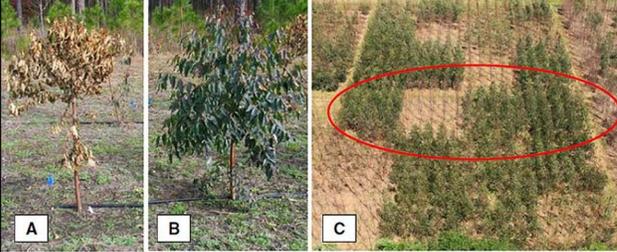
DR. PATRICIO ARCE  
P. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE



PRODUCTO EN DESARROLLO  
(NO COMERCIAL)

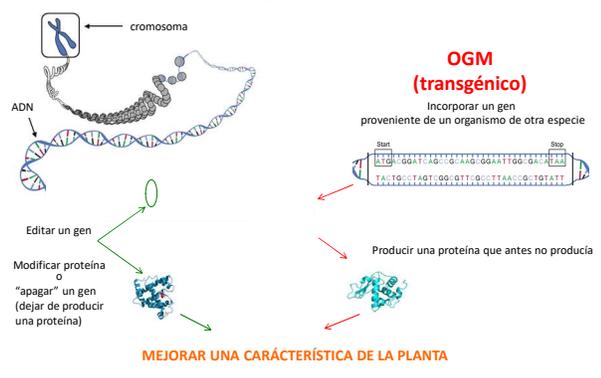
### TRANSGÉNICOS Y LOS DESAFÍOS CLIMÁTICOS

**TOLERANCIA AL FRÍO**



A Control after -9°C  
B Freeze Tolerant Gene added (transgenic) after -9°C  
C Comparative performance blocks within a trial (transgenic & non transgenic) after -7°C

### EDICIÓN DE GENES VERSUS OGM



**OGM (transgénico)**  
Incorporar un gen proveniente de un organismo de otra especie

Producir una proteína que antes no producía

MEJORAR UNA CARÁCTERÍSTICA DE LA PLANTA

### CRISPR/Cas 9 en lechuga

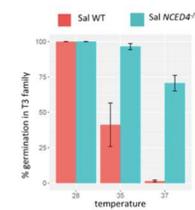
Germinación a altas temperaturas

**High-Resolution Analysis of the Efficiency, Heritability, and Editing Outcomes of CRISPR/Cas9-Induced Modifications of *NCED4* in Lettuce (*Lactuca sativa*)**

Lien D. Bertier,\* Miy Ron,<sup>1</sup> Heqiang Huo,<sup>1,2</sup> Kent J. Bradford,<sup>1</sup> Anne B. Britt,<sup>1</sup> and Richard W. Michelmore<sup>1,2</sup>

\*Genome Center, <sup>1</sup>Department of Plant Biology, <sup>2</sup>Department of Plant Sciences, Seed Biotechnology Center, and <sup>3</sup>Departments of Plant Sciences, Molecular & Cellular Biology, Medical Microbiology & Immunology, University of California, Davis, CA 95616

***NCED4*: Terminhibición de la germinación**



Temperature (°C)	Sal WT (%)	Sal <i>NCED4</i> <sup>-/-</sup> (%)
20	~100	~100
25	~55	~95
27	~10	~75



G3 (Bethesda). 2018. 8(5):1513-1521.

### CRISPR/Cas9 en plantas tomate

#### Tolerancia al calor

**RESEARCH ARTICLE** | BMC Plant Biology | Open Access

Knockout of *SIMPAK3* enhances tolerance to heat stress involving ROS homeostasis in tomato plants

Mingqiang Yu, Liu Wang, Rukun Zhao, Jigang Sheng, Shikun Zhang, Rui Li and Lin Shen

**SIMPAK3** (quinasa → fosforilación) regulador negativo de la termotolerancia

### CRISPR/Cas9 en maíz

#### Tolerancia a la sequía

**Plant Biotechnology Journal** | aab | SEB

Plant Biotechnology Journal (2017) 15, pp. 207–216 | doi: 10.1111/pbi.12603

### ARGOS8 variants generated by CRISPR-Cas9 improve maize grain yield under field drought stress conditions

Jinrui Shi\*, Huirong Gao, Hongyu Wang, H. Renee Lafitte, Rayeann L. Archibald, Meizhu Yang, Salim M. Hakim, Hua Mo and Jeffrey E. Habben

DuPont Pioneer, Johnston, IA, USA

**ARGOS8: Regulador negativo de la respuesta a etileno**

### PAÍSES CON REGULACIONES SOBRE EDICIÓN GÉNICA

- ✓ Canadá
- ✓ EEUU
- ✓ Guatemala
- ✓ Honduras
- ✓ Colombia
- ✓ Brasil
- ✓ Paraguay
- ✓ Argentina
- ✓ Chile
- ✓ Israel
- ✓ Australia
- ✓ Japón

### European Scientists Join Forces to Enable Potential of Genome Editing

**14 EU countries call for 'unified approach' to gene editing in plants**

**132 Research Institutes and Associations Urge the EU to Reconsider Stance on Genome Editing**

**Russia joins in global gene-editing bonanza**

**Pressure increases for ECJ rule ban in agriculture to be reversed**

**With its CRISPR revolution, China becomes a world leader in genome editing**

Source: IST Austria

**SITUACIÓN EN CHILE**

GACETA DE FOOD  
https://doi.org/10.1080/21646698.2020.1761157

Taylor & Francis  
Taylor & Francis Group

COMMENTARY

Chile as a key enabler country for global plant breeding, agricultural innovation, and biotechnology

M. A. Sánchez  
ChileBio CropLife, Santiago, Chile

Table 3. Plant products assessed by the Chilean regulatory agency, SAG, under the scope of the regulatory approach for NBT.

Species	Phenotype	Methodology
<i>Brassica napus</i>	Silique shatter resistance	CRISPR
<i>Brassica napus</i>	Silique shatter resistance	CRISPR + RTDS
<i>Camelina sativa</i>	Change in fatty acid composition	CRISPR
<i>Glycine max</i>	Change in fatty acid composition	TALEN
<i>Glycine max</i>	Change in fatty acid composition	TALEN
<i>Zea mays</i>	Change in starch composition	CRISPR
<i>Zea mays</i>	Drought tolerance	RdDM
<i>Zea mays</i>	Drought tolerance; increase yield	RdDM

RdDM: RNA-directed DNA methylation; TALEN: transcription activator-like effector nuclease; CRISPR: clustered regularly interspaced short palindromic repeats; RTDS: Rapid Trait Development System.

**CONCLUSIONES**

- ✓ La biotecnología ofrece distintas herramientas para enfrentar la sequía: bacterias promotoras de crecimiento, bioestimulantes, mejoramiento genético.
- ✓ Aunque varias plantas GM tolerantes a la sequía ya han sido desarrolladas, sólo 3 se comercializan en la actualidad (maíz droughtgard, soja HB4 (Argentina), caña de azúcar (Indonesia)).
- ✓ Los obstáculos regulatorios y la percepción pública han afectado negativamente el avance y la comercialización de los cultivos GM tolerantes a la sequía.
- ✓ Las herramientas de edición de genes, con las cuales no se obtienen OGM, contribuirán al desarrollo, obtención y comercialización de cultivos adaptados a ciertas condiciones de sequía.
- ✓ Como alternativa a las herramientas biotecnológicas, el breeding tradicional puede obtener buenos resultados, pero de manera más laboriosa y en mayores tiempos.



ChileBio  
www.chilebio.cl

HERRAMIENTAS BIOTECNOLÓGICAS PARA ENFRENTAR LA SEQUÍA: INNOVACIÓN EN EL MEJORAMIENTO VEGETAL

Agosto, 2020

Miguel Sánchez  
Biólogo, PhD en Ciencias Biológicas  
MA en Comunicación Política  
Director Ejecutivo  
masanchez@chilebio.cl

Instagram Facebook YouTube Twitter

**la falta de agua ya no es transitoria es permanente**

debemos adaptarnos a este nuevo ciclo climático que ya llegó y se instaló hace varios años, con altas temperaturas que están derritiendo los glaciares, aumentado la evaporación y evapotranspiración de la flora, con mucho frío, poca lluvia y nieve y cuando llueve es muy intensa que incluso puede producir inundaciones y aluviones.

¿Qué tenemos que hacer entonces? Lo que tenemos que hacer, es lo que no hemos hecho porque estamos esperando la lluvia, es decir, tenemos que adaptarnos, adecuar nuestro marco normativo que no se puso nunca en el caso de la falta permanente de agua, lo máximo, fue concebir hasta la falta de agua en forma transitoria (la sequía). Debemos cambiar la forma de producción agropecuaria, de agua potable, la forma de repartir, consumir y usar el agua, de gestionarla, **debemos transitar de la extracción del agua, a la producción del agua**, como el re uso, la desalación, la extracción de la humedad ambiental, buscar nuevas fuentes, pero no podemos seguir esperando y haciendo lo que siempre hemos hecho.



No podemos continuar actuando como si la situación del agua fuese invariable, y tratando a la sequía como un fenómeno extraordinario o una emergencia pasajera. **Las principales iniciativas impulsadas en el país para enfrentar las distintas crisis hídricas han sido principalmente reactivas.** Esta sequía es una realidad estructural, parte de la “nueva normalidad” de los recursos hídricos en Chile, y debemos abordarla como tal, con medidas efectivas, dinámicas, eficaces, oportunas, adaptativas y sostenibles, planificadas (desde ya) a corto, mediano y largo plazo. Es imperativo adoptar un enfoque prospectivo en la gestión hídrica considerando una gestión de riesgos y no de desastres.