



Boletín Técnico Pioneer

Investigación de Pioneer para el desarrollo de híbridos de maíz resistentes a la sequía



RESUMEN

• La tolerancia a la sequía es un carácter complejo, como lo es el potencial de rendimiento. Por esta razón, es necesaria una estrategia de investigación multidimensional para asegurar el continuo mejoramiento de híbridos.

• La estrategia de investigación de Pioneer se basa en tres grandes pilares:

- > el programa de mejoramiento tradicional del germoplasma, que lleva tres décadas de investigación en la Argentina
- > la selección asistida por marcadores moleculares y el uso del sistema AYT (siglas en inglés de Tecnología de Rendimiento Acelerado)
- > el desarrollo de eventos transgénicos que mejoran, de forma significativa, la captura y la utilización de recursos por parte de la planta de maíz.

La tolerancia a estrés por sequía es el reto más importante para maíces de alto rendimiento. Esto se debe a que inclusive deficiencias hídricas temporales reducen los rendimientos del maíz, un cultivo que se siembra mayoritariamente en planteos de secano.

Por más de medio siglo Pioneer ha mejorado continuamente la performance de los híbridos ante una sequía. Actualmente, las modernas técnicas de mejoramiento permiten a los investigadores acelerar el proceso. En el futuro próximo se obtendrán híbridos transgénicos que tolerarán mejor la sequía, sin sacrificar potencial de rendimiento.



Foto 1. Híbrido de Pioneer tolerante a sequía (izquierda) vs. híbrido susceptible (derecha) cosechados en un ambiente de sequía.

Este artículo presentará la estrategia actual de Pioneer para el mejoramiento de la tolerancia a la sequía de los híbridos de maíz a través de estas tres premisas:

- La mejora continua del germoplasma a través del mejoramiento convencional, la selección y el testeo;
- El uso de nuevas herramientas genéticas y técnicas de mejoramiento aplicadas a genes nativos de maíz (el Programa Sequía I); y
- La identificación e incorporación de los eventos transgénicos para la tolerancia a la sequía (Programa Sequía II).

Este artículo también describirá la investigación agronómica y prácticas de manejo que Pioneer Argentina promueve para ayudar a los productores a mejorar la performance de los híbridos bajo estrés por sequía.

MEJORAMIENTO CONTINUO DEL GERMOPLASMA

El progreso en el pasado

Los científicos de Pioneer han multiplicado y seleccionado híbridos de maíz con tolerancia a la sequía por décadas. Generación tras generación de mejoramiento se han logrado acumular genes con tolerancia superior. El énfasis de Pioneer en la obtención de performances superiores ya sea en condiciones óptimas como de sequía ha tenido como resultado híbridos que pueden producir grano bajo ciertos niveles de sequía y a la vez rendir competitivamente en épocas de adecuada provisión hídrica.

Para analizar el progreso en la mejora de la tolerancia a la sequía, Pioneer ha realizado en Estados Unidos estudios comparando el rendimiento histórico y el actual de los híbridos sometidos a condiciones de falta de agua. En estos estudios los tres mejores híbridos de Pioneer de cada década en los últimos 80 años fueron cultivados en ambientes bajo estrés (Woodland, California). Recibieron sólo 305 mm de riego durante la estación de crecimiento (un riego sin limitaciones en ese ambiente sería de 760 mm). Como indica la Figura 1, el rendimiento producido por cada milímetro de agua ha mejorado notablemente a lo largo de los años, desde menos de 10 Kg/mm hasta la década de 1950, hasta casi 25 Kg/mm en la década de 1990.

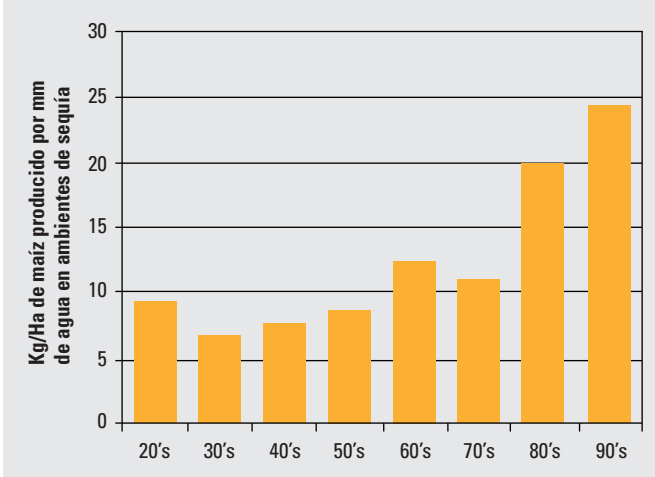
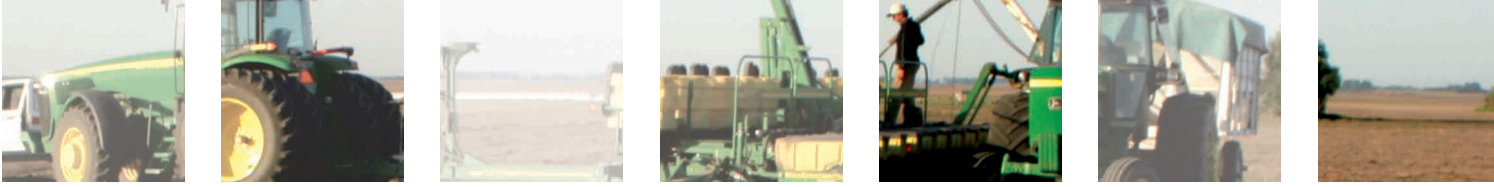


Figura 1. Kilogramos de grano producidos por milímetro de agua en híbridos de ocho décadas (1920 a 1990) cultivados bajo sequía.

■ SITUACIÓN EN ARGENTINA: AVANCES EN TOLERANCIA A SEQUÍA

Los cultivos de maíz en la Argentina, aun en regiones con rendimientos medios históricos elevados, se encuentran ocasionalmente expuestos a situaciones de estrés hídrico. Para que un híbrido sea exitoso dentro de esta región debe entonces mostrar un buen nivel de tolerancia a la sequía, al mismo tiempo que una alta capacidad de aprovechamiento de recursos que permita maximizar el rendimiento en condiciones óptimas. Para lograr este objetivo, Pioneer Argentina ha diseñado una estrategia de evaluación de híbridos experimentales que maximiza la probabilidad de obtener un gran rango de condiciones ambientales dentro de cada año de evaluación. Los híbridos seleccionados son aquellos que muestran un comportamiento superior en todas estas condiciones, como muestra el gráfico de la Figura 2, en su cuadrante superior derecho.

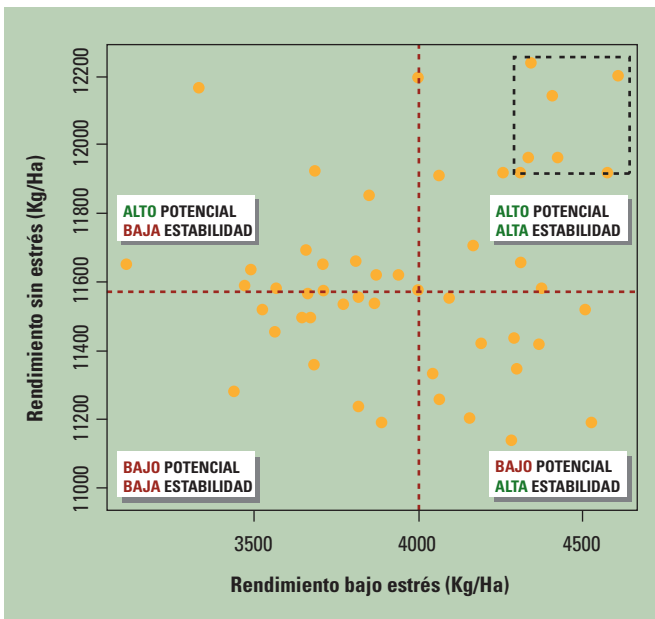


Figura 2. Rendimiento en localidades sin estrés vs. rendimiento en localidades con estrés. Se resalta en el recuadro negro un grupo de híbridos con destacado rendimiento en ambos ambientes. Cada punto representa un híbrido.

El estudio preciso de los mecanismos de tolerancia a la sequía requiere la realización de ensayos donde el momento y la intensidad de la sequía son conocidos. Con este objetivo, además de la red de ensayos nacional, Pioneer realiza ensayos en localidades de clima desértico en Argentina, Chile y Estados Unidos, donde se imponen tratamientos con diferentes niveles de estrés hídrico (Foto 2).



Foto 2. Localidad de investigación con sequía controlada.

Los resultados de la red de ensayos de investigación pueden también estudiarse graficando el comportamiento de cada híbrido con respecto al promedio de rendimiento de cada localidad de experimentación, usando este valor a modo de índice ambiental o de oferta de recursos. De esta manera, se pueden ver patrones de comportamiento como los representados en la Figura 3. El híbrido 1A, por ejemplo, es de muy alto potencial y alta respuesta a la oferta de recursos. Aunque su pendiente es pronunciada, aun en los peores ambientes muestra un comportamiento superior al promedio de los híbridos evaluados. El híbrido 1B, en cambio, presenta una estabilidad superior aunque con un menor potencial de rendimiento. Ambos híbridos son modelos aceptables y forman un buen complemento para maximizar el beneficio a través de un rango ambiental. El híbrido 2, si bien muestra un potencial de rendimiento limitado, puede ser una buena opción para situaciones de baja oferta ambiental consistente a través de años. El híbrido 3, en cambio, muestra una elevada inestabilidad y su alto potencial difícilmente sea lográble en ambientes restrictivos como los del híbrido 2, de manera que es altamente probable que este híbrido se encuentre en desventaja con respecto a los otros 3 en la mayoría de las situaciones reales de campo.

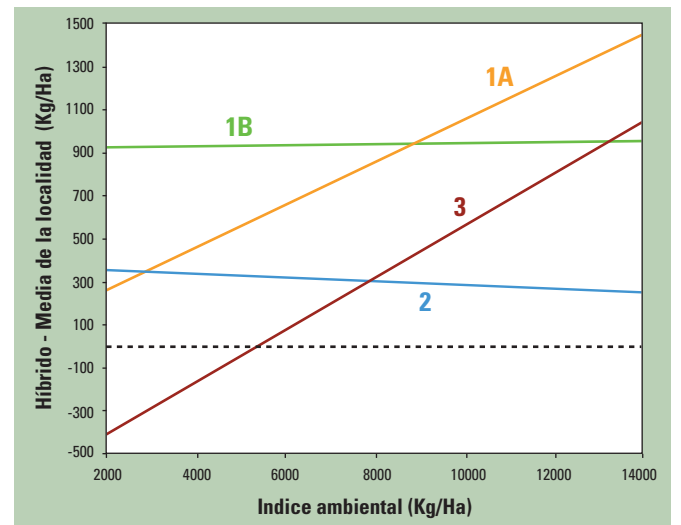


Figura 3. Diferencia de rendimiento entre diferentes tipos de híbridos y el promedio de la localidad (línea punteada negra) en función del rendimiento promedio de la localidad (índice ambiental).

■ PROGRAMA SEQUÍA I – APLICANDO NUEVAS HERRAMIENTAS GENÉTICAS Y TÉCNICAS DE MEJORAMIENTO UTILIZANDO GENES NATIVOS DEL MAÍZ

Durante muchos años Pioneer ha aplicado nuevas herramientas genéticas, como la selección asistida por marcadores moleculares, para lograr híbridos más tolerantes a la sequía.

Los híbridos del Programa Sequía I contienen genes de tolerancia que han sido identificados a través de la selección asistida por marcadores y utilizando las herramientas de la “Tecnología de rendimiento acelerado” (AYT por sus siglas en inglés) de Pioneer. El sistema AYT es una novedosa integración de una matriz de tecnología de mejoramiento molecular dentro del proceso de desarrollo del producto, que tiene como objetivo duplicar la tasa de ganancia genética sobre rendimiento, reduciendo la variabilidad del mismo y mejorando su predicción. Este sistema se utiliza también en Argentina para evaluar múltiples materiales genéticos a campo y seleccionar aquellos que poseen combinaciones multi-génicas con las mejores respuestas a los ambientes tanto de déficit hídrico como de elevado rendimiento de nuestro país. La exposición a una gama amplia de ambientes a través de la red de localidades de evaluación mencionada en la sección previa es un aspecto clave para el logro de los objetivos de este programa.

Los híbridos de este programa serán comercializados para ambientes con alta probabilidad de estrés, donde las expectativas de rendimiento son de medias a bajas (<9000 Kg/ha) debido a una menor oferta hídrica. El rendimiento objetivo para los híbridos de maíz Sequía I es del 5% al 10 % superior que el de los híbridos líderes actualmente disponibles en estas regiones.

Una ventaja adicional de este sistema es que además de ser muy eficaz para seleccionar productos superiores, al trabajar con genes nativos del maíz, no necesitan pasar por procesos de desregulación para su comercialización.

■ PROGRAMA SEQUÍA II - UTILIZACIÓN DE FUENTES TRANSGÉNICAS DE RESISTENCIA A LA SEQUÍA

En el Programa Sequía II, nuestros investigadores están combinando tolerancia nativa con transgenes con la meta de lograr mayores rendimientos en todo tipo de ambientes. Pioneer comenzó la prueba de transgenes en el año 2000, y ha probado cientos de genes en pruebas a campo replicadas. Esta investigación ha identificado varios genes (o eventos) que han demostrado ser promisorios para alcanzar o exceder los objetivos del programa. Los incrementos porcentuales de rendimiento en ensayos a campo debido a cada gen se muestran en la Figura 4.

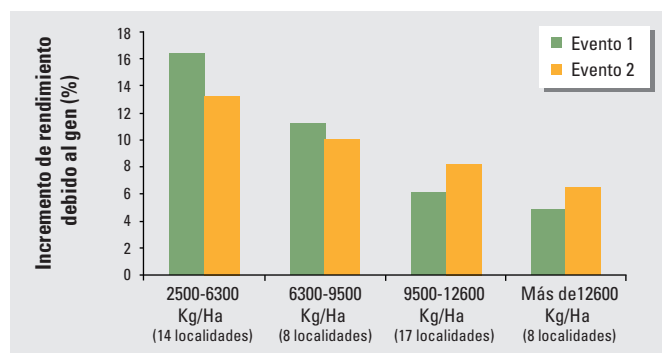


Figura 4. Porcentaje de aumento en el rendimiento para dos eventos del programa Sequía II a través de diferentes niveles de estrés, 2006 – 2008. Total de 225 repeticiones. Datos provenientes de Estados Unidos y Chile.

Estos prometedores resultados logrados en muchos ambientes a lo largo de 3 años demuestran que es posible alcanzar la meta de lanzar al mercado un producto comercial del programa Sequía II dentro de algunos años. En 2009 Pioneer Argentina comenzará con los ensayos regulados de estos eventos con el objetivo de obtener en el mediano plazo la aprobación para su comercialización en Argentina.

■ LA INVESTIGACIÓN AGRONÓMICA TAMBIÉN LLEVA A LA MEJORA DE LA PERFORMANCE BAJO SEQUÍA

Además de desarrollar híbridos para ambientes con sequía, los científicos agrónomos de Pioneer han desarrollado, refinado y promovido sistemas alternativos de producción de maíz para áreas con sequía. Un ejemplo es el uso de maíces ultraprecoces en siembras tempranas. Este método de producción está diseñado para ayudar a los productores a lograr buenos rendimientos al sembrar híbridos muy precoces que florecen y llenan granos antes que se den las condiciones más severas de estrés por sequía. Esto se logra posicionando el período crítico del cultivo en un momento de menor demanda atmosférica y cuando las reservas de agua del suelo todavía no se hayan agotado. Suponiendo una sequía progresiva, los maíces ultraprecoces estarían en ventaja comparados con maíces de ciclo completo, ya que estos últimos transcurrirían el período crítico más tarde, con menores reservas de agua en el suelo.

Otra práctica de manejo que está logrando difusión es el atraso de la siembra hacia inicios de Diciembre con lo cual el período crítico para la determinación del rendimiento se ubica pasado el mes de enero lo que, en muchos casos, genera una menor variabilidad en el rendimiento entre años. Pioneer Argentina realiza ensayos de investigación con fecha de siembra tardía para seleccionar híbridos adaptados a dicha práctica. La tecnología Herculex, con la que Pioneer cuenta, adquiere una mayor importancia que en fechas de siembra tradicionales debido a la mayor presión de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Asimismo, los híbridos adaptados a siembras tardías deben poseer una alta tolerancia a enfermedades tales como el tizón foliar (*Helminthosporium turcicum*).

Por otra parte la estrategia de Pioneer de posicionamiento campo por campo recomendando el híbrido y la densidad de plantas a utilizar es, tal vez, la contribución agronómica más importante para aumentar la productividad bajo sequía. Asegurarse que el producto correcto sea sembrado en la hectárea correcta es siempre la clave para obtener la mejor performance.

■ CONCLUSIÓN: UNA APROXIMACIÓN MULTIDIMENSIONAL ES CRÍTICA PARA CARACTERES COMPLEJOS COMO LA TOLERANCIA A SEQUÍA

- La sequía es un evento complejo que está muy ligado al rendimiento. Esta complejidad hace difícil que soluciones simplificadas (como por ejemplo insertar un solo gen) logren cumplir simultáneamente metas de aumento de rendimiento bajo condiciones de sequía y en ambientes de alto potencial.
- La combinación del mejoramiento convencional, la selección asistida por marcadores moleculares y el uso de eventos transgénicos permitirán aumentar sensiblemente los rendimientos bajo condiciones de estrés, incrementando la productividad por hectárea sobre todo en las áreas de déficit hídrico. Actualmente existen híbridos comerciales de Pioneer Argentina que fueron bio-mejorados con probada estabilidad bajo condiciones de estrés.
- Los híbridos del programa Sequía I, con destacada performance en ambientes de potenciales de rendimiento de medio a bajo debido a condiciones de sequía, estarán pronto disponibles en el mercado.
- Considerando el proceso de validación y desregulación de transgenes, es probable que los híbridos transgénicos del programa Sequía II, que permitirán rendimientos superiores en ambientes de sequía, así como buenos rendimientos en ambientes de alto potencial, estén disponibles en el mediano plazo.



PIONEER[®]
A DUPONT BUSINESS

Pioneer Argentina. S.R.L. – Hipólito Yrigoyen 2020 1º piso

(B1640HFP) Martínez – Provincia de Buenos Aires

Tel: (54-11) 4717-9100 – Fax: (54-11) 4717-9195

Octubre 2009

