



**MAÍZIFICANDO
CONCIENCIA**
XII CONGRESO NACIONAL DE MAÍZ

Eje

Genética y mejoramiento

8, 9 y 10 de Noviembre
Pergamino, BA
UNNOBA



Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Ministerio de Economía
Argentina

20
22





MAÍCES DE BAJA ESTATURA: LA NUEVA VERSIÓN DE LA VIEJA REVOLUCIÓN DE RENDIMIENTO Y ESTABILIDAD

Melani, M.¹; Roig, J. ¹; Uribelarrea, M. ¹; Torrent, I. ¹; Van Becelaere, G. ¹

¹Bayer AG. LATAM Hybrid Breeding

marcelo.melani@bayer.com

julian.roig@bayer.com

SHORT STATURE CORN: THE NEW VERSION OF THE OLD REVOLUTION OF YIELD AND STANDABILITY

Abstract

Unlike wheat, rice, and sorghum, brachytic corn was not part of the crops that were boosted by the '60s Green Revolution. The advantages given by the *br* genes conferring resistance to both stalk and root lodging to the semi-dwarf plants were shaded by the yield drag observed. Interest on the brachytic corn resumed after the discovery of the *br2* allele, which allowed to obtain semi-dwarf maize without yield drag. More than ten years ago, Bayer AG started an initiative to launch brachytic hybrids in the Mexican corn market. Nowadays, that initiative is ongoing worldwide and the goal of this communication is to share advancements made in Argentina. Brachytic lines and hybrids were obtained by introgression of *br2* into locally developed germplasm. After three years of testing across temperate region, the results are extremely promising. Significant reduction of both plant and ear height were achieved, and stalk and root lodging improved significantly when comparing the brachytic vs tall hybrids. Regarding grain yield, selected brachytic hybrids were found to be competitive when compared with current commercial checks, and highly outperformed tall hybrids at locations with high level of stalk and root lodging. Opportunities of short corn on differential management (e.g. late spraying, more efficient application of fertilizers, increased densities) are also being explored.



Introducción

Durante la llamada “Revolución Verde”, iniciada en la década de los 60s, una de las claves del mejoramiento en cereales fue desarrollar variedades enanas o semi-enanas de alto rendimiento en grano (CIMMYT, 2020). Como resultado de ese proceso, se produjeron novedosas y productivas variedades comerciales de trigo, arroz y sorgo, las cuales no sólo incrementaron el rendimiento en grano, sino que también redujeron las pérdidas de cosecha por la mejora en dos caracteres agronómicos muy importantes: el vuelco de raíz y el quebrado de tallos. Estas variedades han sido la base fundamental del germoplasma usado por programas de mejoramiento de instituciones públicas y empresas privadas a lo largo de muchos años.

A pesar del éxito de la estrategia de mejoramiento utilizada en los cereales mencionados, la mejora genética del maíz durante y después de la “Revolución Verde” no pudo explotar de manera significativa las ventajas de los fenotipos de baja estatura. Si bien la existencia de los genes **br**, los cuales producen el fenotipo braquítico o semi-enano en maíz, fue publicada un siglo atrás (Kempton, 1921), su uso en la producción de variedades o híbridos comerciales estuvo limitado, principalmente debido al efecto deletéreo sobre el rendimiento en grano. El interés en los maíces de baja estatura adquirió relevancia al caracterizarse el gen braquítico 2 (*br2*), dado que este gen nativo provoca una reducción de los entrenudos del tallo por debajo de la inserción de la espiga sin causar cambios significativos en otros órganos de la planta (Sprague and Dudley, 1988). Además, el interés aumentó en los últimos años, cuando se comenzó a investigar sobre sistemas de cultivo más resilientes a los cambios climáticos y más eficientes en el uso de recursos. En este sentido, los beneficios de los maíces de baja estatura en cuanto a la protección contra los daños causados por vuelco de raíz y quebrado de tallo ya han sido demostrados en diferentes regiones del mundo donde ocurrieron eventos climáticos caracterizados por fuertes vientos, y las potenciales ventajas relacionadas a sustentabilidad han sido hipotetizadas (Barten et al., 2022).

Hace más de una década, en Bayer AG se comenzó con el plan de lanzar híbridos baja estatura en el mercado de maíz de México, y desde entonces la compañía ha ido expandiendo los esfuerzos en esta tecnología a varias regiones del mundo. El objetivo de esta comunicación es compartir los avances del proyecto en Argentina.

Desarrollo de germoplasma

La obtención de maíces braquíticos adaptados a la región templada de Argentina comenzó hace más de 5 años, impulsada por la expectativa sobre los beneficios que esta tecnología podía brindar a la producción de maíz en el país en base a experiencias de otras regiones. Existen diferentes maneras de desarrollar germoplasma de baja estatura adaptado: a través de mejoramiento tradicional o utilizando técnicas de biotecnología como transgénesis o edición génica. Es de público conocimiento que Bayer AG está trabajando activamente en todas estas estrategias (Smith, 2022). En el caso de Argentina los primeros híbridos serán desarrollados por mejoramiento tradicional y serán lanzados al mercado a mediados de esta década combinados con los paquetes biotecnológicos comerciales para protección de insectos y malezas. La primera observación a campo de germoplasma adaptado en el país ocurrió en la campaña 2019/2020 (Imagen 1).



Imagen SEQ Imagen * ARABIC 1 – Primera evaluación a campo de híbridos braquíticos adaptados (frente), comparados con híbridos de altura normal (fondo).



Características evaluadas en el programa de mejoramiento genético

Los primeros atributos observados en germoplasma braquítico adaptado fueron la altura de planta y la altura de inserción de la espiga. Se observó que los fenotipos semi-enanos tuvieron una altura de planta de aproximadamente dos tercios de la de sus iso-híbridos “altos” (Figura 1), y una marcada reducción en la altura de inserción de la espiga en la caña (Figura 2).

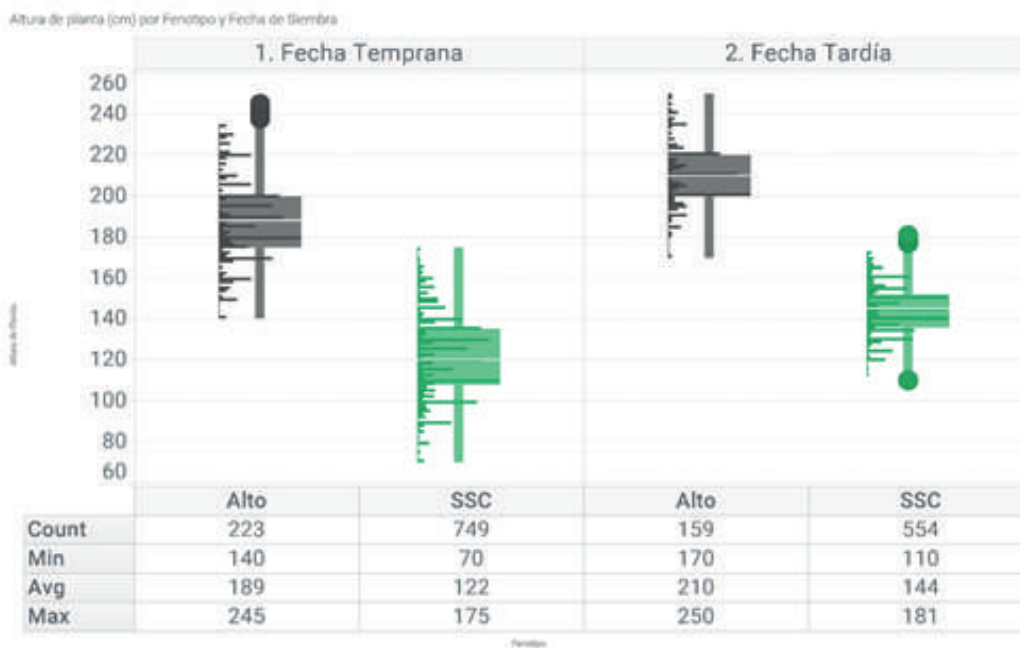


Figura 1 - Distribución de altura de planta de híbridos braquíticos (SSC) y de altura normal (Alto) sembrados en dos épocas de siembra en la región templada de Argentina en la campaña 2021/22.

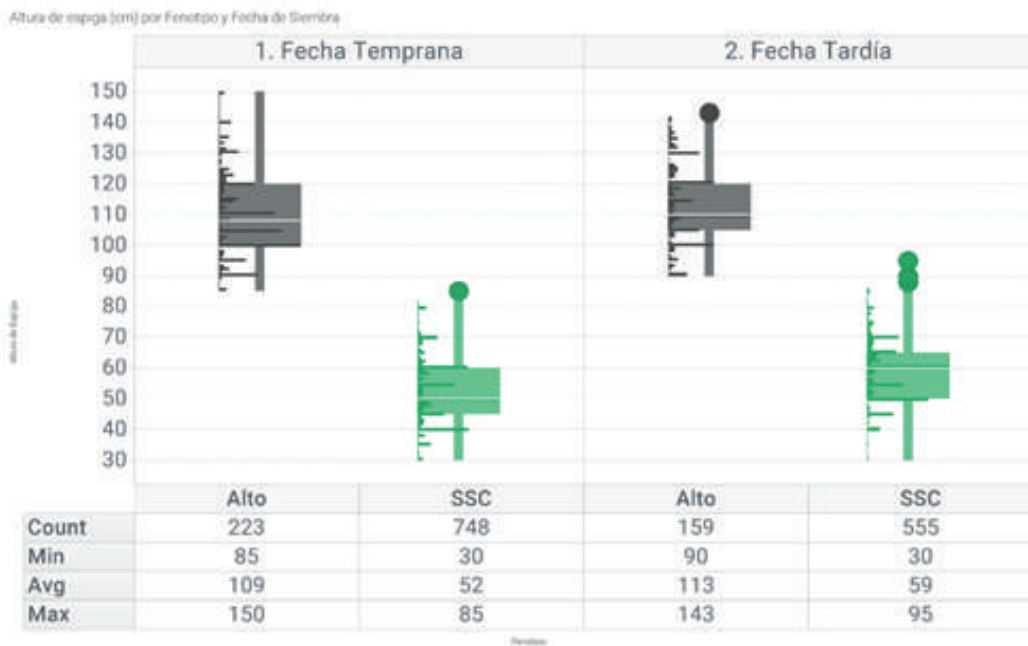


Figura 2 - Distribución de altura de inserción de la espiga de híbridos braquíticos (SSC) y de altura normal (Alto) sembrados en dos épocas de siembra en la región templada de Argentina en la campaña 2021/22.

Es interesante notar que en los híbridos braquíticos la altura de la espiga podría constituirse en uno de los caracteres más importantes en un programa de mejoramiento, dado que debe ser lo suficientemente alta como para no causar pérdidas durante la cosecha mecánica. Este problema puede profundizarse en siembras tempranas y en situaciones de estrés.

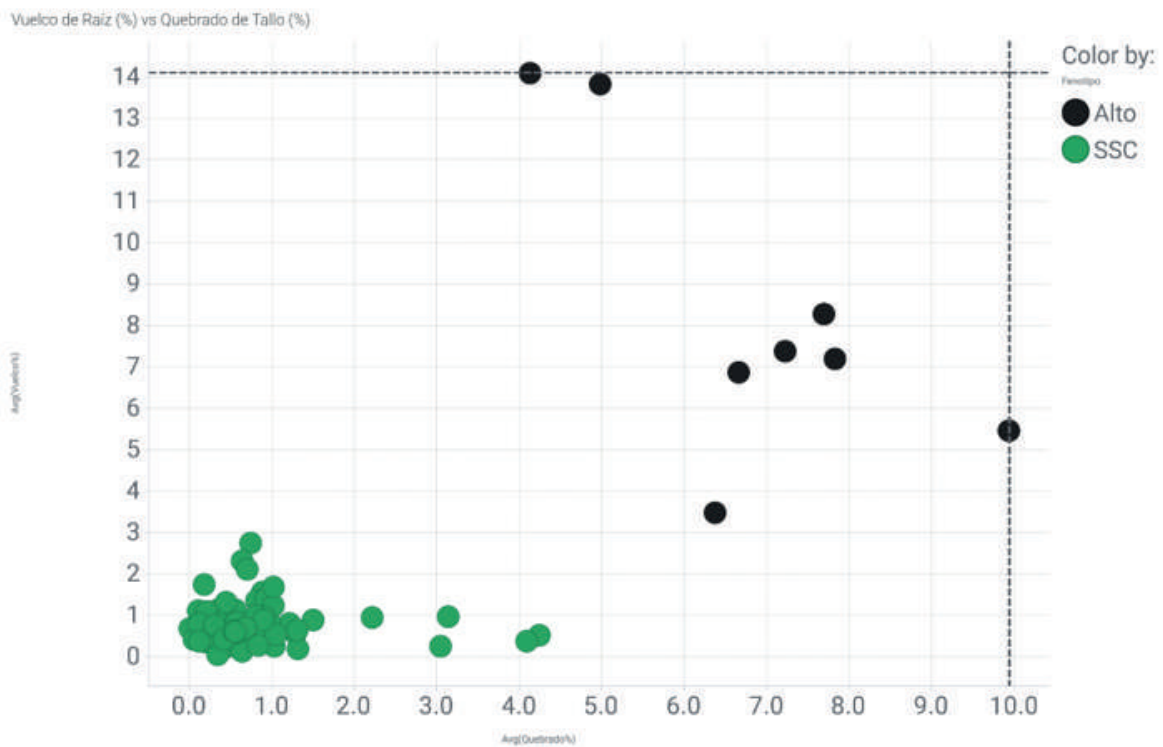


Figura 4 - Porcentajes de vuelco de raíz y quebrado de tallo en híbridos experimentales braquíticos (SSC) en comparación con híbridos comerciales de altura normal (Alto) en localidades de la zona Pampeana (campaña 2021/22).

Otros atributos evaluados, y quizás los de mayor interés para proteger la producción a campo, son el vuelco de raíz y el quebrado de tallo. Como se mencionó anteriormente, los beneficios de los maíces de baja estatura sobre la protección contra estos problemas ya habían sido demostrados en diferentes regiones del mundo, y se confirmaron rápidamente para las condiciones de Argentina. Los primeros experimentos realizados con maíces de baja estatura mostraron que los mismos tuvieron valores de vuelco de raíz y quebrado de tallo marcadamente menores que los híbridos de estatura normal (Figura 4). Para los testigos comerciales se registraron rangos de 3,5% a 14% para vuelco de raíz y de 4% a 10% para quebrado de tallo, mientras que para los híbridos de baja estatura los valores máximos observados fueron de 3% y de 4,3% para vuelco de raíz y para quebrado de tallo, respectivamente. Es importante mencionar que en las localidades donde se llevaron a cabo estos experimentos no se registraron tormentas con vientos fuertes, por lo tanto, y conociendo lo que ha sucedido en este sentido en otras regiones del mundo, es válido proyectar beneficios aún mayores a los reportados en este informe en casos de eventos climáticos más extremos.

Finalmente nos referiremos al atributo más relevante: el rendimiento en grano por hectárea. A pesar de que el grupo de híbridos braquíticos evaluado pertenecía a la primera cohorte de conversiones, para la cual es esperable que los rendimientos no sean tan promisorios, los resultados fueron alentadores. Las evaluaciones realizadas durante las campañas 2020/21 y 2021/22 en la región Pampeana permitieron detectar que los rendimientos de los mejores híbridos braquíticos tuvieron un rango de rendimiento similar a los híbridos comerciales de altura normal, con una leve tendencia a ciclos más largos, pero sin superar a los más tardíos de los comerciales (Figura 6). Es importante aclarar que las densidades de siembra de ambos tipos de híbridos fue la misma en cada localidad, y que el manejo agronómico de los ensayos fue el que se utiliza para evaluación de todos los materiales experimentales pre-comerciales de la compañía. Además, el diseño experimental fue en parcelas divididas para evitar el efecto de sombreado de los híbridos altos sobre los braquíticos.

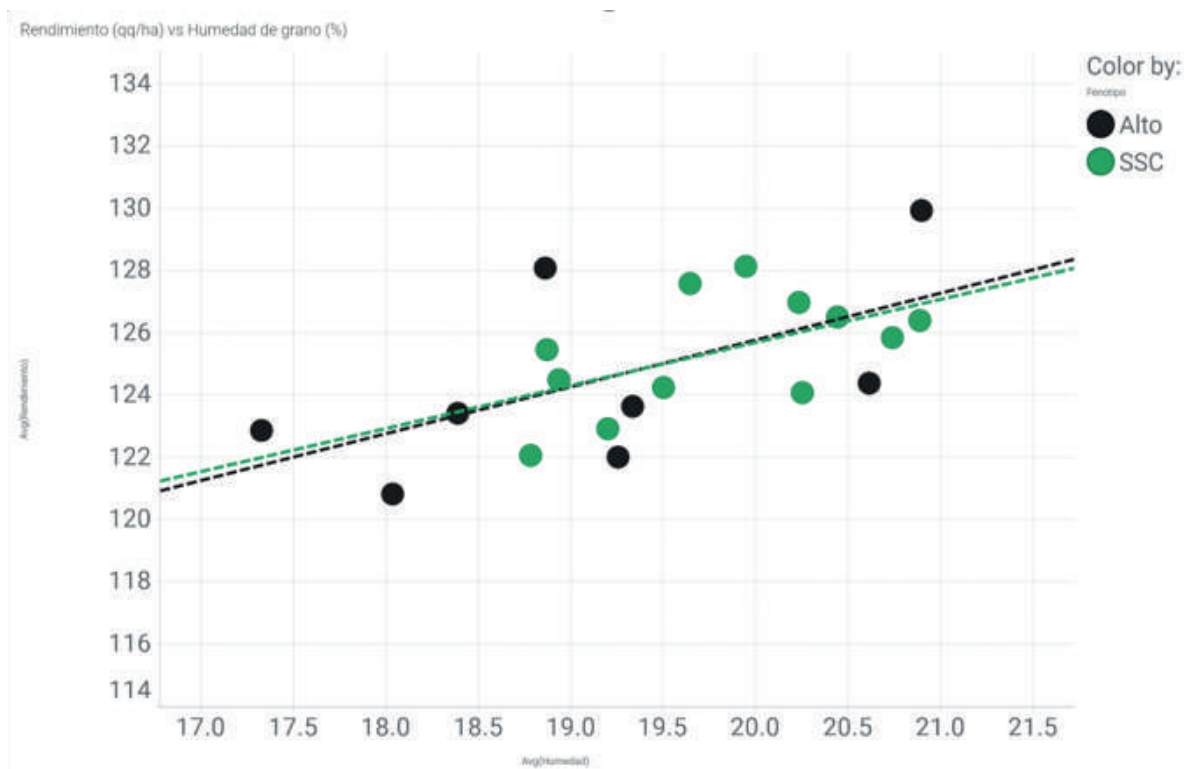


Figura 6 - Relación entre el rendimiento y humedad de grano a cosecha para híbridos braquíticos seleccionados (SSC) e híbridos comerciales de altura normal (Alto)

Pérdidas de rendimiento en grano por quebrado y vuelco

Para los híbridos de baja estatura resulta especialmente interesante analizar el rendimiento en grano en condiciones de presiones moderadas a altas de vuelco de raíz y de quebrado de tallo. En las condiciones de estos experimentos y para los materiales evaluados, se observó que el rendimiento de los híbridos braquíticos superó significativamente al de los híbridos de altura normal cuando se presentaron niveles elevados de daño, tanto de vuelco de raíz (Figura 7) como de quebrado de tallo (Figura 8). Como se mencionó anteriormente, es esperable que en condiciones de presiones aún mayores de estos factores los beneficios de los maíces de baja estatura sean aún más importantes.

En los párrafos anteriores mencionamos los atributos más importantes de los maíces braquíticos y los resultados que observamos para los mismos en los primeros años de evaluación en Argentina: la altura de planta e inserción de espiga, el vuelco de raíz y el quebrado de tallo, y el rendimiento en grano. Para complementar, es necesario agregar que en el programa de mejoramiento también se evalúan otras características de estos híbridos, como resistencia a las principales enfermedades de la zona templada, para las cuales no se han observado diferencias significativas entre los híbridos braquíticos y sus iso-híbridos altos en ensayos inoculados (roya común y tizón común) o inducidos (mal de Rio Cuarto)

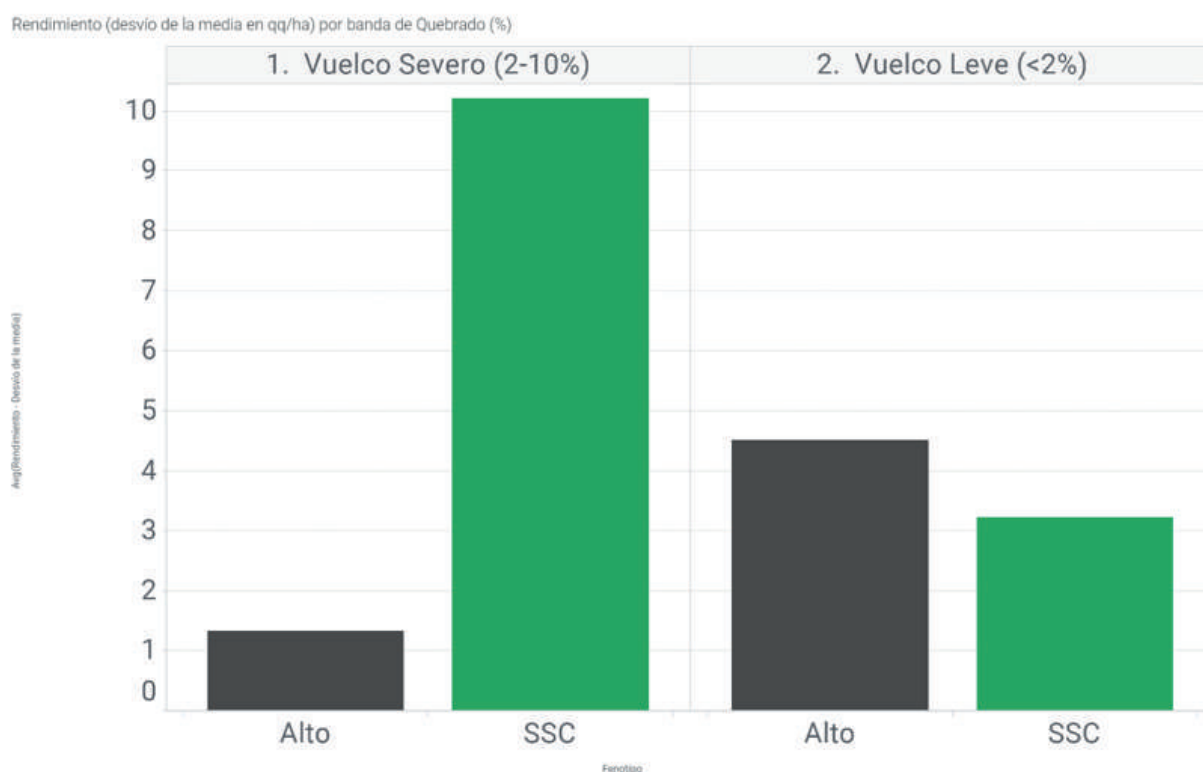


Figura 7 - Los híbridos braquíticos (SSC) rindieron significativamente más que los de altura normal (Alto) en los ambientes adonde se registraron valores de vuelco de raíz promedio para la localidad en el rango de 2 a 10%.

Rendimiento (desvío de la media en qq/ha) por banda de Quebrado (%)

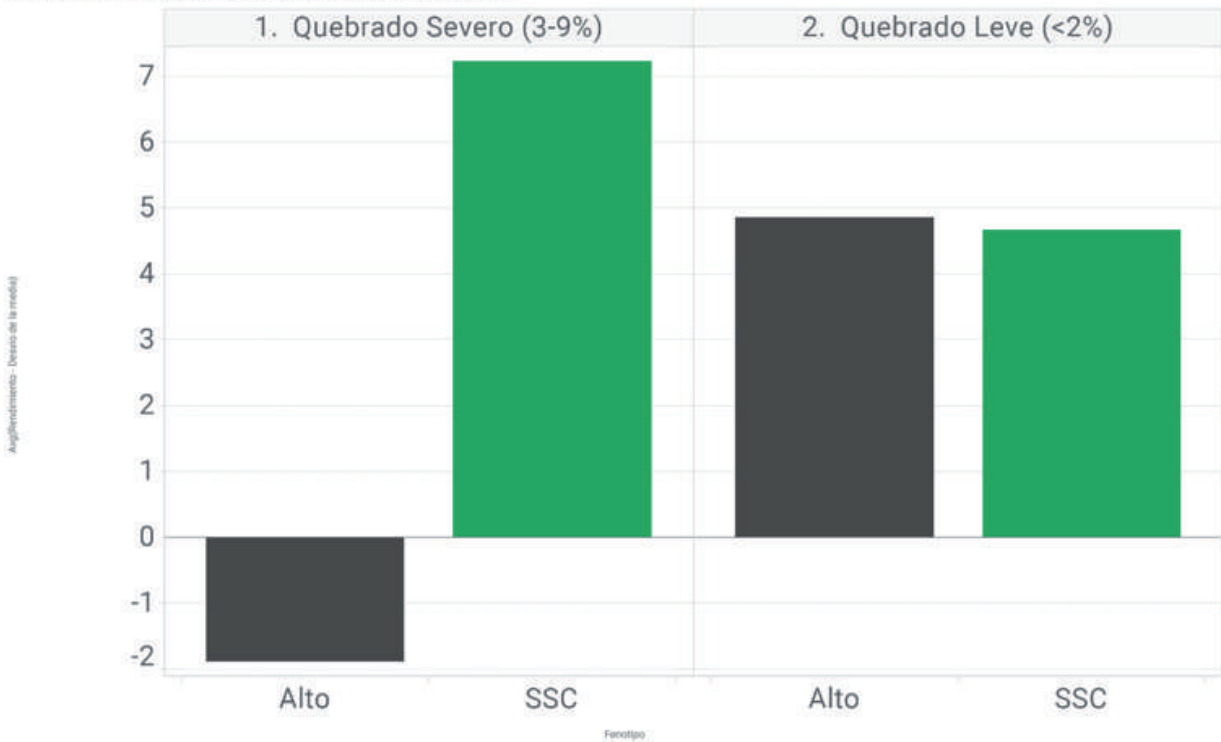


Figura 8 - Los híbridos braquíticos (SSC) rindieron significativamente más que los de altura normal (Alto) en los ambientes adonde se registraron valores de quebrado de tallo promedio para la localidad en el rango de 3 a 9%.

El futuro ya llegó

El desarrollo de híbridos braquíticos adaptados a diferentes regiones ya es una realidad dentro de los programas de mejoramiento alrededor del mundo. Esta tecnología ya fue lanzada a nivel comercial en países como México y Estados Unidos, y su implementación avanza rápidamente en muchos otros países. En Argentina, actualmente los esfuerzos y recursos están orientados al desarrollo de germoplasma adaptado, la introgresión de biotecnología, la investigación privada y público-privada sobre respuesta de los maíces braquíticos al uso de recursos y la generación de rendimiento, y a la experimentación de esta tecnología en campos de productores de maíz. Todas estas acciones conducirán a tener híbridos braquíticos en el mercado argentino en los próximos años, que reunirán todas las ventajas de esta nueva tecnología con las que ya conocemos de los paquetes de protección contra insectos y malezas.

Además, la investigación con estos híbridos y la experimentación a campo con productores serán la base fundamental para que estos híbridos sean parte de un sistema que contenga recomendaciones precisas de manejo, recientemente divulgado como “Smart Corn System” (Bayer AG, 2022). A través de este sistema, se logrará disminuir significativamente las pérdidas de rendimiento, hacer un mejor uso de los principales recursos y aumentar la eficiencia en el uso del suelo.

Ya sabemos que la “Revolución Verde” cambió radicalmente a la agricultura global, potenciando a cultivos como el trigo, el arroz y el sorgo. Estamos transitando una época en la que es la oportunidad de que el maíz muestre beneficios similares, o mejores aún en la agricultura global. Argentina debe ser parte de esta nueva revolución y estamos en la situación privilegiada de ser testigos de ese momento.

Referencias bibliográficas

Barten, T.J.; Kosola, K. R.; Dohleman, F.G.; Eller, M.; Brzostowski, L.; Mueller, S.; Mioduszewski, J.; M.; Gu, C.; Kashyap, S.; Ralston, L.; Renaud, A.; Hall, M.; Mack, D. and Gillespie, K. 2022. Short-stature maize reduced wind damage during the 2020 Midwestern Derecho, improving yields and greenhouse gas outcomes. <https://doi.org/10.1002/csc2.20823>.

Bayer AG. 2022. Short Corn is Smart Corn. Consultado en: <https://www.bayer.com/en/innovation/short-corn-is-smart-corn>

CIMMYT, 2020. Consultado en: <https://www.cimmyt.org/es/multimedia/conmemoran-50-anos-de-construir-paz-a-traves-de-la-agricultura/>

Kempton, J.H., 1921. A brachytic variation in maize. U.S. Dept. Ag. Bulletin, 925 (1921), pp. 1-28. <https://archive.org/details/brachyticvariati925kemp/page/n1>

Smith, P. 2022. Artículo de divulgación periodística consultado en: <https://www.dtnpf.com/agriculture/web/ag/news/article/2022/02/17/bayer-updates-pipeline-short-corn>

Sprague, G. F. and Dudley, J. 1988. Corn and Corn Improvement. American Society of Agronomy. 3ra ed.