

**CARACTERIZACIÓN DE LA ESTABILIDAD EN EL RENDIMIENTO DE CUATRO
HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) A TRAVÉS DE RASGOS ECOFISIOLÓGICOS
ASOCIADOS A LA DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE GRANOS.**

Autor: Mariano Andrés MONTENEGRO

Dirección: Ing. Agr. (MSc, Dr) Alfredo Gabriel CIRILO

Co-dirección: Ing. Agr. (Dr). Christian Weber

RESUMEN

La variabilidad espacial e interanual de la oferta de recursos ambientales para el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) y la alta probabilidad de que se produzcan déficits hídricos alrededor de su período crítico en torno a la floración para la determinación de su rendimiento hacen necesario disponer de híbridos que, además de potencialidad, tengan estabilidad frente a limitaciones en la oferta de recursos. El componente más importante del rendimiento, el número de granos por planta (NGP), se determina en ese período crítico y está estrechamente relacionado a la tasa de crecimiento de la planta en ese momento (TCP). La relación entre TCP y NGP resulta de dos componentes: i) la proporción del crecimiento que la planta asigna a la espiga, determinando la tasa de crecimiento de ese órgano durante la etapa crítica (TCE) y ii) la eficiencia de la espiga para fijar granos por unidad de TCE en dicho período. Variaciones en estos componentes pueden explicar las diferencias de estabilidad entre híbridos. Los objetivos del presente Trabajo Final fueron: (a) general: caracterizar la estabilidad del rendimiento en grano de cuatro híbridos de maíz desarrollados para la región maicera núcleo y (b) específicos: analizar diferencias en la relación entre NGP y TCP y sus componentes (TCE/TCP y NGP/TCE). Se llevaron a cabo dos experimentos (con alta y baja oferta de agua y nitrógeno) en la EEA INTA Pergamino utilizando cuatro híbridos adaptados a la zona norte de la provincia de Buenos Aires (SRM 565 MG RR2, SRM 563 RR2, SRM 566 MG y EXP 3536-5 MG) sembrados en tres densidades (4, 8 y 16 plantas m⁻²), determinando un amplio rango disponibilidad de recursos por planta para crecer. El híbrido SRM563 RR2 presentó mayor estabilidad del rendimiento frente a las variaciones en oferta de recursos evaluadas a causa de su limitado potencial de rendimiento con alta disponibilidad de recursos, mientras que el SRM 565 MG RR2 fue el más inestable por su marcada reducción de rendimiento en las situaciones más limitantes. En cambio, el híbrido EXP

3536-5 MG mostró elevado potencial de rendimiento con alta oferta de recursos y alcanzó el mayor rendimiento en condiciones restrictivas, explicado por mantener una alta proporción del crecimiento por planta asignada a la espiga en floración conjuntamente con una alta eficiencia de la espiga para fijar granos en tales condiciones desfavorables. Los resultados hallados permiten sugerir la utilidad del empleo de tales características ecofisiológicas como criterio de selección asistida por biotecnología en programas de mejoramiento que tengan como objetivo desarrollar híbridos capaces de capitalizar la oferta ambiental en años favorables y mantener rendimientos relativos altos en años desfavorables.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.), es uno de los granos más antiguos que se conocen y uno de los principales cereales, junto al arroz y al trigo, que se emplea en la alimentación humana y animal. Hoy constituye un alimento humano básico en partes de América Central y Sudamérica, de África, del Sudeste Asiático y China y su uso en alimentación animal como grano forrajero está mundialmente difundido. Es un cultivo estratégico para el desarrollo de los países por su capacidad para generar empleo, inversiones, desarrollo regional y por las innumerables oportunidades de crecimiento y progreso que ofrece, tanto en los países que lo producen en gran cantidad, como en aquellos que deben importarlo para abastecer sus industrias (Fernández Palma, 2014).

En Argentina, la producción de maíz representa en la actualidad el 25 % de la producción total de granos de los cuatro principales cultivos (i.e., soja, trigo, maíz y girasol). Tuvo un desarrollo sostenido en la última década, aunque con ciertos altibajos productivos debido a adversidades climáticas en algunos ciclos, superando en los últimos años las 20 millones de toneladas. En general, la producción nacional de maíz tuvo una tendencia

creciente durante dicho período, aunque con mayor variabilidad que la ocurrida a nivel mundial (Ghida Daza, 2013).

Hoy se presentan serios desafíos en materia de crecimiento demográfico y cobertura de necesidades básicas: alimentación, vivienda, trabajo, etc. Los recursos naturales para satisfacer dichas exigencias son escasos, tienden a agotarse y sumado a esto, el medioambiente ha sido fuertemente afectado por las diversas actividades productivas. Por tal motivo uno de los pilares para una agricultura productiva y sustentable destinada a suplir las necesidades humanas es la eficiencia en el uso de los recursos que la naturaleza nos provee. Otro de los grandes desafíos que tenemos como humanidad es prepararnos para afrontar de manera adecuada los efectos del cambio climático y la intensificación de los eventos meteorológicos extremos que, en la mayoría de los casos, implican condiciones adversas en detrimento de la calidad de vida de gran parte de la población mundial, especialmente la de los países menos desarrollados. La acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera potencia el “efecto invernadero” y deriva en el incremento de la temperatura media superficial del planeta, hecho conocido como “calentamiento global”. Además se alteran otras variables, como el viento y la precipitación originando lo que conocemos hoy como el fenómeno de “cambio climático”. Procesos recurrentes como “El Niño y La Niña” han provocado cambios en el clima, como incremento en las lluvias en determinadas regiones o sequías severas en otras. Los “años Niña” están caracterizados por importantes sequías en nuestra región pampeana que pueden llegar a afectar de manera notable los rendimientos de maíz en secano, como la sequía del año 2009 que derivó en la emergencia del sector agropecuario o la del año 2013 que, aunque no fue tan severa como la anterior, también redujo sensiblemente la producción de maíz en el norte de Buenos Aires y otras regiones maiceras. Ante el aumento de la frecuencia de estos eventos meteorológicos extremos es necesario contar

con híbridos de maíz que presenten mayor estabilidad en su rendimiento frente a estas condiciones extremas.

El área sembrada con maíz en la Argentina mostró en las últimas décadas un comportamiento irregular, rondando en la actualidad las 3 millones de hectáreas (SIIA, 2015). Desde 1997 se verificó un continuo desplazamiento del cultivo del maíz por el de soja, particularmente en la zona núcleo tradicional que involucra a la región noroeste de la provincia de Buenos Aires, producto de una serie de factores locales e internacionales relacionados con la rentabilidad y cuestiones financieras del cultivo (Peretti, 2003). Así, se llegó a alcanzar una relación de casi 4 hectáreas de soja por cada hectárea de maíz en la zona. La necesidad de mantener al maíz en las rotaciones agrícolas por su aporte de residuos de cosecha saludable para una agricultura sustentable plantean el desafío de revertir la tendencia del área sembrada con maíz en nuestro país que se viene verificando desde el año 2008. La disponibilidad de híbridos de mayor productividad y estabilidad es una necesaria contribución para ese fin.

La planta de maíz es altamente eficiente en la producción de biomasa y el voluminoso rastrojo y su elevada relación C/N tienen un reconocido efecto beneficioso sobre las propiedades edáficas y la sustentabilidad de la agricultura. El rendimiento de maíz se compone, como en el resto de los cultivos de grano, del número de granos producidos y del peso medio de los mismos. Tanto el número como el peso de los granos responden a los cambios que experimentan las condiciones de crecimiento del cultivo en los momentos del ciclo en que cada componente es determinado (Andrade et al., 1996). De los dos componentes, el número de granos maduros es la variable que está más estrechamente relacionada con las variaciones en el rendimiento (Cirilo y col, 2012). Dicha variable puede sufrir considerables variaciones en respuesta a las condiciones que experimenta el

cultivo durante el período de cuatro semanas centrado en la floración femenina, cuando la supervivencia de los granos en formación en la espiga es particularmente sensible a cualquier estrés de crecimiento, lo que repercute fuertemente en el número final de granos logrados (Cirilo y col., 2012). Durante la primera mitad de dicho período crítico, previa a la aparición de los estigmas, queda determinado el número de espigas por planta capaces de granar, mientras que en la segunda mitad del período se determina la cantidad de flores diferenciadas que queda como granos fijados por espiga granada que alcanzan la cosecha. Entonces, el número de granos cosechados en el cultivo responde a las variaciones en la tasa de crecimiento que experimenta el cultivo durante ese período crítico (Cirilo y col., 2012). Existe una estrecha relación en maíz entre el número de granos fijados y la tasa de crecimiento de la planta en esta etapa, en la que se observa un umbral a bajos valores de crecimiento por la planta por debajo del cual no tendrá una espiga con granos a la cosecha (espiga estéril); por encima de ese umbral se da una zona de respuesta decreciente de la granazón a incrementos en la tasa de crecimiento de la planta; y, finalmente, otro umbral a altos valores de crecimiento por planta por encima del cual es posible lograr una segunda espiga viable en la planta que varía según la prolificidad del híbrido (Cirilo y col., 2012). Diferencias entre genotipos de maíz en los parámetros de esta relación pueden resultar de diferencias en la partición de la biomasa producida en la planta durante la etapa hacia las espigas en crecimiento (índice de partición a espiga) y/o en la eficiencia con la que dichas espigas aprovechan esa biomasa asignada para fijar granos (índice de fertilidad de espigas). Estas variaciones pueden explicar diferencias entre genotipos en la estabilidad del número de granos fijados por planta y, en consecuencia, del rendimiento en grano ante reducciones en la disponibilidad de recursos para crecer durante la etapa crítica de la floración.

OBJETIVOS

a. General:

Caracterizar la estabilidad del rendimiento en grano en cuatro híbridos de maíz frente a limitaciones en la oferta de recursos ambientales durante la etapa crítica alrededor de la floración para la determinación del número de granos.

b. Específico:

Analizar diferencias en la relación entre el número de granos fijados y la tasa de crecimiento de la planta durante la etapa alrededor de la floración a través de la caracterización de la partición de dicho crecimiento hacia las espigas y de la eficiencia con que las espigas utilizan dicha asignación para fijar granos.

HIPOTESIS

Variaciones en la partición del crecimiento de la planta alrededor de floración hacia las espigas y en la eficiencia reproductiva de las espigas para fijar granos permiten caracterizar las diferencias entre híbridos en cuanto a la estabilidad de su rendimiento ante variaciones en las condiciones para el crecimiento del cultivo durante la floración.

MATERIALES Y METODOS

a) Sitio experimental.

Se condujo una experimentación a campo en la Estación Experimental Agropecuaria del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria en Pergamino (latitud 33° 53' Sur,

longitud 60° 34' Oeste) durante la campaña agrícola 2012-2013 sobre un suelo Argiudol Típico, serie Pergamino (fase ligeramente erosionada), con un contenido de materia orgánica (por combustión húmeda con método Walkley y Black) de 1,7% (estrato 0–20 cm), 0,9% (estrato 20–40 cm) y 0,5% (estrato 40–60 cm) al momento de la siembra. La disponibilidad natural de nitrógeno inorgánico (cálculo por método Kjeldahl) fue de 31 ppm, 15 ppm y 7 ppm para el mismo momento en los mismos estratos de suelo, respectivamente. En el mismo orden y momento, la disponibilidad natural de fósforo disponible (fósforo extractable por método Bray y Kurtz I) fue de 33, 10 y 7 ppm y la de azufre (azufre de sulfatos por método turbidimétrico) fue 3, 2 y 1 ppm, respectivamente.

b) Tratamientos: genotipos y disponibilidad de recursos por planta.

Se utilizaron cuatro híbridos de la empresa Sursem S.A. (SRM565 MG RR2; SRM 563 RR2, SRM566MG y un híbrido experimental). Estos híbridos fueron sometidos a diferente disponibilidad de recursos para crecer por planta durante la estación de crecimiento del cultivo. Se generaron dos condiciones contrastantes de disponibilidad de recursos por planta: a) alta disponibilidad (con riego y agregado de 30 g N m⁻² como fertilizante nitrogenado en el estado de 4 a 6 hojas desplegadas) y b) baja disponibilidad (secano y sin agregado de fertilizante nitrogenado). Dentro de cada condición de disponibilidad hídrica y nutricional se modificó la competencia por recursos entre plantas a través de la variación de la densidad de siembra (4, 8 y 16 plantas m⁻²). Además, sólo en la condición de secano con la densidad más alta, se generó una reducción de la radiación incidente sobre el cultivo durante un período de cuatro semanas alrededor de la floración mediante la colocación de redes de sombreado sostenidas sobre soportes de hierro y alambres que redujeron 50% de la radiación incidente. En total se generaron 7 condiciones de

disponibilidad de recursos por planta distintos:

- 1- Riego + 4 plantas/m² + C/N (con nitrógeno)
- 2- Riego + 8 plantas/m² + C/N
- 3- Riego + 16 plantas/m² + C/N
- 4- Secano + 4 plantas/m² + S/N (Sin nitrógeno)
- 5- Secano + 8 plantas/m² + S/N
- 6- Secano + 16 plantas/m² + S/N
- 7- Secano + 16 plantas/m² + S/N + 50% sombra en floración

c) Diseño experimental y condiciones de cultivo.

Los tratamientos se distribuyeron con un diseño en parcelas subdivididas con tres repeticiones en ambas condiciones contrastantes de disponibilidad hídrica y nutricional. La densidad de plantas fue asignada a la parcela mayor y los híbridos fueron asignados a las sub-parcelas.

Se aseguraron condiciones sanitarias (malezas, plagas animales o enfermedades) no limitantes a través de controles oportunos con agroquímicos. Se evitaron limitaciones de otros nutrientes mediante su agregado por fertilización en base al análisis previo de suelo del sitio experimental. La siembra se realizó a mano con bastón en sobre-densidad y se ralearon las parcelas a la densidad objetivo en el estado de 2 hojas desplegadas (V₂). La unidad experimental fue de 16.8 m² (3 surcos a 70 cm de distancia entre sí y de 8 m de largo).

d) Determinaciones y mediciones

Se hicieron determinaciones de biomasa acumulada en pre-floración (aprox. 7-10 días previos a antesis) y post-floración (aprox. 20 días posteriores a antesis). En cada momento se colectó la parte aérea de las plantas presentes en aproximadamente 0,7 m² por parcela sobre el surco central (3, 5 o 10 plantas colectadas, según la densidad de la parcela), asegurando suficiente distancia de plantas de bordura entre muestreos y desde los extremos de las parcelas. Las plantas colectadas fueron inmediatamente trozadas y secadas en estufa a 60°C hasta peso constante y pesadas una vez secas. En el muestreo de post-floración se separaron las espigas (sin chalas, estigmas ni pedúnculos) y se secaron y pesaron en bolsas por separado. Se calculó el peso promedio de planta de cada parcela en cada momento de muestreo y de espigas por planta en el muestreo de post-floración. Se asumió como despreciable el peso de espigas en el momento de pre-floración, momento en que recién se inicia el crecimiento rápido de las espigas (Cirilo et al., 2012). Se estimó la tasa de crecimiento de planta alrededor de la floración (TCP) como la diferencia de los pesos estimados de planta en postfloración y prefloración dividida por los días transcurridos entre ambos muestreos. La tasa de crecimiento de espigas alrededor de la floración (TCE) se estimó como el cociente entre el peso de espiga por planta en post-floración y el tiempo transcurrido desde el muestreo de pre-floración. El **índice de partición de biomasa a espigas** alrededor de la floración se estimó como el cociente TCE/TCP.

Se determinó el rendimiento de cada parcela mediante la cosecha manual de las espigas presentes en aprox. 3,5 m² sobre el surco central de cada parcela cuando los granos presentaron entre 15 y 18% de humedad. Se registró la distancia cosechada de cada

surco y las plantas presentes en cada superficie cosechada por parcela. Las espigas de cada parcela fueron desgranadas en trilladora estacionaria y los granos resultantes se pesaron inmediatamente y se determinó su humedad con humidímetro. El rendimiento en grano resultante de cada parcela se expresó por m^2 (corregido a 14% de humedad) y por planta (corregido a 0% de humedad) según la superficie cosechada y la densidad de cosecha resultante en cada parcela. Inmediatamente luego de la trilla se pesó de cada muestra de granos resultantes una alícuota de 500 granos para estimar el peso promedio de los mismos. Con los valores obtenidos de rendimiento (por m^2 y por planta) y el peso promedio estimado de grano (corregido a 14% y 0% de humedad, respectivamente) se calculó el número de granos fijados por m^2 y por planta (NGP), respectivamente. El cociente NGP/TCE se calculó como estimador de la eficiencia con la que las espigas aprovecharon la biomasa asignada alrededor de la floración para fijar granos (**índice de fertilidad de espiga**). A su vez, el cociente NGP/TCP se calculó como estimador de la **eficiencia reproductiva por planta**.

e) Análisis estadístico.

Se realizó análisis de la varianza (ANOVA) de las variables evaluadas para ambas condiciones de disponibilidad hídrica y nutricional utilizando el software estadístico Statistix 7.0. En cada caso se realizaron pruebas de separación de medias por Diferencia Mínima Significativa (DMS) con nivel de significancia de 5% ($\alpha=0,05$). Se realizaron análisis de regresión entre variables para el conjunto completo de datos experimentales. Se empleó la metodología propuesta por Eberhart y Rusell (1966) para caracterizar la estabilidad del rendimiento de los híbridos evaluados a través del valor de la pendiente de la función de regresión entre el rendimiento de cada híbrido y el índice ambiental de cada

situación de disponibilidad de recursos por planta, calculado como el promedio del rendimiento de todos los híbridos en cada situación. Valores de pendiente menores a la unidad corresponden a híbridos estables, mientras que híbridos con valores superiores a la unidad se asumen como inestables.

RESULTADOS

a- Caracterización climática

Entre siembra y cosecha la temperatura máxima media se ubicó en 25,6°C, ligeramente superando los 30°C sólo en el mes de enero; por su parte, la temperatura mínima media del mismo período fue de 12,1°C, determinando una temperatura media de alrededor de 18,9°C. La radiación global incidente diaria promedió 18,1 MJm⁻² en el mismo lapso. En la figura 1 se muestra la evolución de estas variables.

Las precipitaciones acumuladas durante el período de crecimiento del cultivo totalizaron 958,5 mm, con valores decádicos generalmente por encima del promedio histórico (figura 1). Sin embargo, las lluvias fueron particularmente inferiores a dicho promedio histórico entre mediados de diciembre y fines de enero, y también en la primera década de marzo. Las parcelas regadas recibieron riegos complementarios en esos momentos, totalizando 363 mm (figura 1). El primero de estos períodos de escasez de lluvias coincidió, en su mayor parte, con el período de 30 días centrados en la floración del cultivo de las parcelas (figura 1). En cambio, el segundo período de escasas lluvias (principio de marzo) ocurrió sobre la madurez fisiológica de las parcelas (figura 1).

b- Rendimiento

En el experimento con riego y fertilización nitrogenada no hubo diferencias significativas en rendimiento por efecto de la densidad y tampoco hubo interacción densidad por híbrido. Sí se observaron diferencias significativas entre híbridos (tabla 1). El híbrido SRM 563 fue superado en 20,5% por los demás materiales, mientras que entre ellos no existieron diferencias. En el experimento en seco y sin fertilización nitrogenada no se registraron diferencias significativas en el factor híbrido, ni existió interacción. Pero, en cambio, sí se observaron diferencias significativas para el factor densidad, superando la menor densidad en un 118,5% al promedio de las restantes, entre las que no hubo diferencias significativas. El rendimiento promedio del experimento en seco fue 6 veces inferior al promedio del experimento de riego, revelando la incidencia de la escasez de lluvias durante el período de floración.

b1- Estabilidad del rendimiento

El híbrido SRM 563 RR2 presentó el menor valor de la pendiente de la recta de regresión del rendimiento en función del índice ambiental calculado para esa variable. Este menor valor de pendiente se debió a sus menores valores de rendimiento en condiciones de alta disponibilidad de recursos hídricos y nutricionales. En cambio, el híbrido SRM 565 MG RR2 presentó la pendiente más elevada, asociado a su alta productividad en esas buenas condiciones (figura 2).

b2- Componentes del rendimiento

b2.1- Número granos/m²

Para la condición de riego con fertilización nitrogenada no se encontraron diferencias significativas entre híbridos ni entre densidades ni hubo interacción entre ambos factores

(tabla 2). En cambio en el experimento en secano y sin fertilización nitrogenada se observaron diferencias significativas en los efectos principales. El híbrido EXP 3536-5 superó en número de granos a los híbridos SRM 565 MG RR2 y SRM 566 MG, logrando un 31,6% más de granos por m². Mientras que entre estos dos últimos y el híbrido SRM 563 RR2 no existieron diferencias significativas. En cuanto a la densidad, las densidades de 4 y 8 plantas/m² superaron significativamente a las densidades de 16 y 16 plantas/m² + 50% sombra en floración, sin diferencia entre las superiores para esta variable. El rendimiento en grano mostró una estrecha asociación con el número de granos por m² ($R^2=0,93$; figura 3A).

b2.2- Peso de los granos

En el experimento con riego y fertilización se observaron diferencias significativas entre híbridos (tabla 3). Los materiales SRM 566 MG y SRM 565 MG RR2 no presentaron diferencias significativas entre ellos, pero ambos superaron a los otros dos híbridos por un 17,9%. En cambio, el híbrido EXP 3536-6 MG superó al material SRM 563 RR2 en sólo 9,4%. En la situación de baja disponibilidad de recursos, sin riego ni fertilización, se detectaron diferencias significativas sólo para el factor híbrido, siendo el híbrido SRM 566 MG el que presentó un peso de grano promedio superior al de los restantes de 229,5 mg/grano, es decir, un 33,7% más que el promedio de los demás. El rendimiento en grano también mostró asociación con el peso promedio de los granos ($R^2=0,81$; figura 3B).

b2.3- Número de granos por planta

En el experimento con riego y fertilización nitrogenada hubo interacción densidad por híbrido (tabla 4).

Para la condición de secano se encontraron diferencias por los factores híbrido y

densidad. El híbrido EXP 3536-5 no difirió del SRM 563 RR2, pero sí superó significativamente a los demás materiales, produciendo un 25,7% más de granos por planta. En cuanto a la densidad, la más baja superó en el número de granos 136,2% y 768,3% a las parcelas de 8 plantas/m² y al promedio de las dos restantes, respectivamente.

c- Crecimiento

c1- Crecimiento de la planta

Para el experimento de alta disponibilidad de recursos hubo diferencias en la tasa de crecimiento de planta en el período alrededor de la floración (TCP) entre las densidades (tabla 5). Las plantas sembradas a 4 plantas/m² crecieron a una tasa 1,65 y 3,3 veces superior de aquellas que lo hicieron en parcelas de 8 y 16 plantas/m², respectivamente. Todos los híbridos disminuyeron sus tasas de crecimiento con el aumento de la densidad. En condiciones de baja disponibilidad de recursos también se encontraron diferencias por efecto de la densidad. La menor densidad superó a los tres tratamientos restantes, mientras que entre ellos no hubo diferencias. Las plantas que crecieron en la densidad de menor competencia por planta lo hicieron a una tasa 4,7 más alta que el promedio de los tratamientos restantes.

c2- Crecimiento de la espiga

En condiciones de alta disponibilidad de recursos se encontraron diferencias entre híbridos y densidades en la tasa con que crecieron las espigas en la misma etapa alrededor de la floración, sin interacción significativa entre ambos factores (tabla 6). Las espigas del SRM 563 RR2 crecieron a un ritmo 1,35 veces superior que las espigas de los híbridos SRM 566 MG y SRM 565 MG RR2, pero no hubo diferencias con el EXP 3536-5

MG. En cuanto al efecto de la densidad, las espigas que crecieron en la menor densidad lo hicieron 2 y 3,9 veces más rápido que aquellas que lo hicieron en parcelas sembradas a 8 y 16 plantas/m², respectivamente. Para todos los híbridos las tasas disminuyeron con el aumento de la densidad. En la condición de baja disponibilidad también se encontraron diferencias debidas a los efectos principales sin interacción significativa entre ambos. Nuevamente los híbridos SRM 563 RR2 y EXP 3536-5 no tuvieron diferencias en el crecimiento de sus espigas, mientras que las espigas del primero crecieron a una tasa 1,8 más rápida que el SRM 566 MG y el SRM 565 MG RR2. En cuanto a la densidad, las plantas sembradas en la densidad de 4 plantas/m² superaron en la TCE por 4,7 veces al promedio del resto de los tratamientos.

d- Estimadores de eficiencia

d1- Índice de partición a espigas

En el experimento de alta disponibilidad de recursos hubo diferencias entre híbridos (tabla 7). SRM 563 RR2 mostró un índice de partición a espiga superior a los demás híbridos, 31,5% mayor al promedio de los restantes. Igualmente para la otra situación también se encontraron diferencias debidas al factor híbrido. Entre SRM 563 y EXP 3536-5 no hubo diferencias significativas, pero ambos superaron a los otros dos híbridos al particionar 83% más de biomasa que estos últimos.

d2- Índice de fertilidad de espigas

En el experimento con riego y fertilización se encontraron diferencias entre híbridos (tabla 8). El SRM 563 RR2 fue superado en 31,3% por los otros materiales. Para los bloques en secano no se encontraron diferencias debidas a los efectos principales, no efectos de

interacción.

d3- Eficiencia reproductiva de la planta

Para la condición de riego se observaron diferencias debidas al factor densidad (tabla 9). La densidad intermedia fue superada en 11,5% por los otros dos tratamientos, mientras que entre ellas no hubo diferencias significativas. Mientras que en el otro experimento las diferencias fueron debidas al factor híbrido. El EXP 3536-5 MG superó en 67,15% al promedio de los otros materiales, mientras que entre ellos no hubo diferencia.

DISCUSIÓN

La estabilidad en el rendimiento de un híbrido está determinada por el comportamiento del rendimiento en grano frente a diferentes situaciones ambientales y comparándolo con otros materiales que crezcan en iguales condiciones. Con respecto a la caracterización de la estabilidad en el rendimiento según el análisis propuesto por Eberhart y Rusell (1966), el híbrido SRM563 RR2 presentó mayor estabilidad del rendimiento frente a las variaciones en oferta de recursos evaluadas, según indica la menor pendiente de su recta de regresión y el valor positivo de ordenada al origen (figura 1). Sin embargo esta ventaja no fue acompañada por un alto potencial de rendimiento como lo muestra su comportamiento en el experimento sin limitaciones hídricas ni nutricionales donde este híbrido fue superado significativamente por los otros en esa condición de alta disponibilidad de recursos (tabla 1). Por su parte, el SRM 565 MG RR2 reveló ser el más inestable por su marcada reducción de rendimiento en las situaciones más limitantes (mayor pendiente del ajuste de regresión y ordenada al origen negativa). En cambio, el híbrido EXP 3536-5 MG mostró elevado potencial de rendimiento con alta oferta de

recursos y alcanzó el mayor rendimiento en condiciones restrictivas (pendiente ligeramente inferior a 1 y ordenada al origen alta y positiva).

Las variaciones en el rendimiento en grano fueron estrechamente explicadas por las variaciones en el número de granos/m² provocadas por los tratamientos evaluados (figura 3A). El híbrido EXP 3536-5 MG alcanzó, en la mayoría de las situaciones, mayor número de granos por m² que el resto, aún en las situaciones de mayor limitación de recursos por planta del experimento en secano (tabla 2). En cambio, el híbrido SRM 565 MG RR2 mostró, en general, el menor número de granos por m², particularmente en situaciones de baja disponibilidad de recursos por planta. A nivel de planta estos comportamientos se repiten, donde el híbrido EXP 3536-5 MG alcanzó casi siempre mayor número de granos por planta que el resto, mientras que el SRM 565 MG RR2 mostró los menores valores para esta variable en situaciones restrictivas para el crecimiento de la planta (tabla 4).

La tasa crecimiento de la planta en el período centrado en la floración determina el número de granos fijados en el cultivo de maíz (Cirilo y Andrade, 1994, Otegui, 1995). Esta relación está caracterizada por una zona de respuesta positiva del número de granos fijados ante aumentos en la tasa de crecimiento, hasta un valor a partir del cual el aumento del número de granos fijados se hace sensiblemente menor. Este comportamiento está relacionado con el estado fisiológico de las plantas individuales en el cultivo alrededor de la floración. Dicho estado se refleja en su tasa de crecimiento, y determina su capacidad para fijar granos durante esa etapa crítica (Vega et al., 2001). Si bien este tipo de respuesta es característico de la especie, se ha encontrado variabilidad genotípica en los parámetros de la función de respuesta (Tollenaar y col., 1992; Cárcova y Otegui, 2001; Echarte y col., 2004; Luque y col., 2006). La relación es consistente aún para diversas situaciones de densidad de siembra, disponibilidad de agua, radiación,

nitrógeno o régimen térmico que afectan la tasa de crecimiento de la planta (Andrade y col., 1999; Cantarero y col., 1999; Otegui y Andrade, 2000; Andrade y col., 2002), aunque se ha encontrado importante variabilidad genotípica en la respuesta ante estrés hídrico (Echarte y Tollenaar, 2006) o nitrogenado (D'Andrea y col., 2006; D'Andrea y col., 2008)

En el presente trabajo se confirmó esta relación al registrarse una marcada respuesta del número de granos por planta a las modificaciones provocadas por la oferta de recursos sobre la tasa de crecimiento de planta en floración (tablas 4 y 5). Al respecto, no se observaron diferencias genotípicas en la tasa de crecimiento de planta en el período crítico (TCP; tabla 5) pero sí las hubo en la eficiencia reproductiva de la planta (tabla 9), presentando el híbrido EXP 3536-5 MG el valor más alto para esta variable en la mayoría de las situaciones evaluadas, particularmente en aquellas con mayores limitaciones en la oferta de recursos por planta para crecer. Han sido reportadas para maíz diferencias en la cantidad de granos por unidad de crecimiento de la planta durante la floración debidas a una asignación diferencial del crecimiento hacia la espiga en la etapa (D'Andrea y col., 2006; D'Andrea y col., 2008) o variaciones en la sincronía floral y su incidencia sobre la fecundación de las flores (Cárcova y Otegui, 2001). En el presente trabajo, el comportamiento diferencial de los híbridos estuvo vinculado con diferencias genotípicas en la partición del crecimiento de la planta hacia la espiga en el período de floración (tabla 7), determinando la tasa de crecimiento de ese órgano (TCE; tabla 6), y con la eficiencia con que la espiga fija granos por unidad de TCE (índice de fertilidad de espiga; tabla 8).

Los híbridos SRM 563 RR2 y el EXP 3536-5 MG tuvieron TCE semejantes y superiores a los otros dos híbridos (tabla 6) como resultado de sus mayores índices de partición a la espiga en floración (tabla 7). Pero mientras el híbrido EXP 3536-5 MG también presentó altos valores de índice de fertilidad de espigas (tabla 8), el SRM 563 RR2 apenas mostró

los menores valores para esta variable. Por su parte, el híbrido SRM 565 MG RR2, el que se mostró como el más inestable en su rendimiento, tuvo altos valores de índice de fertilidad de espigas pero los menores valores de índice de partición a la espiga en floración.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran la utilidad de analizar la eficiencia reproductiva de la planta de maíz en la floración a través de sus dos componentes, tanto la partición del crecimiento de la planta en la etapa hacia las espigas como la capacidad de las espigas para fijar granos, para caracterizar la potencialidad y estabilidad del rendimiento entre genotipos de maíz. El híbrido EXP 3536-5 se comportó como intermedio desde el punto de vista de la estabilidad, mostrando ser eficiente en particionar biomasa a la espiga en floración como el SRM 563 RR2, a la vez que presentó alta eficiencia en fijar granos por unidad de tasa de crecimiento de la espiga como el SRM 565 RR2, demostrando también alta potencialidad de rendimiento en situaciones favorables. Esto sugiere que la potencialidad de rendimiento y la estabilidad del mismo no son mutuamente excluyentes. Las investigaciones futuras que tiendan a combinar características de potencialidad y estabilidad de rendimiento en programas de mejoramiento serán de gran importancia para lograr genotipos capaces de capitalizar la oferta ambiental en años favorables traduciéndola en altos rendimientos y mantener rendimientos relativamente satisfactorios en años desfavorables. Serán necesarias nuevas investigaciones que profundicen el estudio de la relación entre padres y progenie, la variabilidad y la heredabilidad de los rasgos deseables, de manera de diseñar las estrategias de mejoramiento genético que resulten más convenientes, asistiendo a la mejora genética con la utilización de marcadores moleculares asociados a la expresión de

los caracteres evaluados en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade F.H., L. Echarte, R. Rizzalli, A. Della Maggiora y M. Casanovas. 2002c. Kernel number prediction in maize under nitrogen or water stress. *Crop Sci.*:42:1173-1179.
- Andrade F.H., C. Vega, S.A. Uhart, A.G. Cirilo, M.G. Cantarero y O. Valentinuz. 1999. Kernel number determination in maize. *Crop Sci.*:39:453-459.
- Cantarero M.G., A.G. Cirilo y F.H. Andrade. 1999. Night temperature at silking affects kernel set in maize. *Crop Sci.*, 39:703-710.
- Cárcova J. y M.E. Otegui. 2001. Pollination asynchrony and kernel abortion in maize. *Crop Sci.*, 41:1809-1815.
- Cirilo A.G. y F.H. Andrade. 1994 b. Sowing date and maize productivity: II. Kernel number determination. *Crop Sci.* 34:1044-1046.
- Cirilo A., Andrade, F., Otegui M., Maddonni G., Vega, C. y Valentinuz, O. 2012. Ecofisiología del cultivo de maíz. P. 25-56. Capítulo 2. En "Bases para el manejo del cultivo de maíz". G. Eyherabide (Ed.). Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires Argentina. 297pp.
- D'Andrea K.E., Otegui M.E., Cirilo A.G. 2008. Kernel number determination differs among maize hybrids in response to nitrogen. *Field Crops Res*, 105:228-239.
- D'Andrea K.E., Otegui M.E., Cirilo A.G. y Eyherabide G. 2006. Genotypic Variability in Morphological and Physiological Traits among Maize Inbred Lines – Nitrogen Responses. *Crop Science*, 46:1266-1276.
- Echarte, L., y Tollenaar, M. 2006. Kernel set in maize hybrids and their inbred lines exposed to stress. *Crop Sci.* 46, 870–878.
- Echarte, L., Andrade, F.H., Vega, C.R.C., Tollenaar, M., 2004. Kernel Number Determination in Argentinean Maize Hybrids Released between 1965 and 1993. *Crop Sci.* 44, 1654–1661
- Luque, S.F., Cirilo A.G., Otegui, M.E. 2006. Genetic gains in grain yield and related physiological attributes in Argentine maize hybrids. *Field Crops Res*, 95:383-397.

Otegui M.E.. 1995. Prolificacy and grain yield components in modern argentinean maize hybrids. *Maydica*, 40:371-376.

Otegui M.E.y F.H Andrade. 2000. New relationships between light interception, ear growth, and kernel set in maize. In: *Physiology and modeling kernel set in maize*. CSSA Special Publication Number 29, CSSA and ASA, Madison WI, USA, pp. 89-102.

Tollenaar M., L.M. Dwyer y D.W. Stewart. 1992. Ear and kernel formation in maize hibrids representing three decades of grain yield improvement in Ontario. *Crop Sci.* 32:432-438.

Vega, C.R.C., F.H. Andrade, V.O. Sadras, S.A. Uhart, and O.R. Valentinuz. 2001b. Seed number as a function of growth. A comparative study in soybean, sunflower, and maize. *Crop Science* 41:748-754.

ANEXO: TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1 – Rendimiento en grano (kg ha^{-1} ; 14% de humedad) de cuatro híbridos sembrados en tres densidades (plantas m^{-2}) en dos experimentos con distinta disponibilidad de agua (riego y seco) y disponibilidad nitrogenada en Pergamino (zona Norte de Bs. As.) durante 2012-2013.

Rendimiento (14% humedad) kg/ha

			Híbridos			
Experimento		Densidad	SRM 565 MG RR2	SRM 563 RR2	SRM 566 MG	EXP 3536 - MG
Riego	Fertilización Nitrogenada	4	13835	11428	13141	13248
		8	14318	12091	15032	14435
		16	14126	11455	14825	13441

Densidad = ns	sd
Híbrido = 0,0001	DMS (5%) = 763
dxh = ns	sd

			Híbridos			
Experimento		Densidad	SRM 565 MG RR2	SRM 563 RR2	SRM 566 MG	EXP 3536 - MG
Secano	Sin Fertilización Nitrogenada	4	4757	3825	4897	4579
		8	2672	2410	3160	2892
		16	1631	1726	1673	1909
		16 + Sombra	1049	1580	1778	2311

Densidad = 0,02	DMS (5%) = 1542
Híbrido = ns	sd
dxh = ns	sd

Tabla 2 - Número de granos por m² de cuatro híbridos sembrados en tres densidades (plantas m⁻²) en dos experimentos con distinta disponibilidad de agua (riego y seco) y disponibilidad nitrogenada en Pergamino (zona Norte de Bs. As.) durante 2012-2013.

Número de granos (Granos m ⁻²)						
--	--	--	--	--	--	--

			Híbridos			
Experimento		Densidad	SRM 565 MG RR2	SRM 563 RR2	SRM 566 MG	EXP 3536 - MG
Riego	Fertilización Nitrogenada	4	3902	3673	3375	4213
		8	4064	4060	3882	4700
		16	4524	4663	4773	4375

Densidad = ns	sd
Híbrido = ns	sd
dxh = ns	sd

			Híbridos			
Experimento		Densidad	SRM 565 MG RR2	SRM 563 RR2	SRM 566 MG	EXP 3536 - MG
Secano	Sin Fertilización Nitrogenada	4	2104	2135	1819	2365
		8	1488	1828	1775	1863
		16	950	1047	793	1133
		16 + Sombra	611	1070	675	1357

Densidad = 0,01	DMS (5%) = 681
Híbrido = 0,05	DMS (5%) = 332
dxh = ns	sd

Tabla 3 – Peso promedio de grano (mg grano⁻¹; 14% de humedad) de cuatro híbridos sembrados en tres densidades (plantas m⁻²) en dos experimentos con distinta disponibilidad de agua (riego y seco) y disponibilidad nitrogenada en Pergamino (zona Norte de Bs. As.) durante 2012-2013.

Peso de Grano (mg/grano)						
--------------------------	--	--	--	--	--	--

			Híbridos			
Experimento		Densidad	SRM 565 MG RR2	SRM 563 RR2	SRM 566 MG	EXP 3536 - MG
Riego	Fertilización Nitrogenada	4	355	311	389	315
		8	353	298	388	309
		16	315	246	311	311

Densidad = ns	sd
Híbrido = 0,0001	DMS (5%) = 26
dxh = ns	sd

			Híbridos			
Experimento		Densidad	SRM 565 MG RR2	SRM 563 RR2	SRM 566 MG	EXP 3536 - MG
Secano	Sin Fertilización Nitrogenada	4	221	171	263	187
		8	193	128	180	155
		16	134	202	211	165
		16 + Sombra	169	165	264	170

Densidad = ns	sd
Híbrido = 0,001	DMS (5%) = 31
dxh = ns	sd

Tabla 4 – Número de granos por planta (granos planta⁻¹) de cuatro híbridos sembrados en tres densidades (plantas m⁻²) en dos experimentos con distinta disponibilidad de agua (riego y seco) y disponibilidad nitrogenada en Pergamino (zona Norte de Bs. As.) durante 2012-2013.

Número de granos por planta

			Híbridos			
Experimento		Densidad	SRM 565 MG RR2	SRM 563 RR2	SRM 566 MG	EXP 3536 - MG
Riego	Fertilización Nitrogenada	4	975	916	847	1076
		8	502	521	491	614
		16	293	303	313	311

Densidad = 0,0001	DMS (5%) = 0,30
Híbrido = 0,01	DMS (5%) = 0,26
dxh = ns	sd

			Híbridos			
Experimento		Densidad	SRM 565 MG RR2	SRM 563 RR2	SRM 566 MG	EXP 3536 - MG
Secano	Sin Fertilización Nitrogenada	4	542	541	454	600
		8	194	231	229	248
		16	60	63	52	78
		16 + Sombra	40	68	44	88

Densidad = 0,01	DMS (5%) = 0,54
Híbrido = 0,01	DMS (5%) = 0,19
dxh = ns	sd

Tabla 5 – Tasa de crecimiento de la planta alrededor de floración (g día⁻¹), período crítico para la determinación del número de granos por planta, de cuatro híbridos sembrados en tres densidades (plantas m⁻²) en dos experimentos con distinta disponibilidad de agua (riego y seco) y disponibilidad nitrogenada en Pergamino (zona Norte de Bs. As.) durante 2012-2013.

Tasa de crecimiento de planta (g/día)

			Híbridos			
Experimento		Densidad	SRM 565 MG RR2	SRM 563 RR2	SRM 566 MG	EXP 3536 - MG
Riego	Fertilización Nitrogenada	4	7,3	7,2	7,4	7,2
		8	3,9	4,4	4,4	4,8
		16	2,3	2,0	2,2	2,2

Densidad = 0,0001

DMS (5%) = 0,2

Híbrido = ns

sd

dxh = ns

sd

			Híbridos			
Experimento		Densidad	SRM 565 MG RR2	SRM 563 RR2	SRM 566 MG	EXP 3536 - MG
Secano	Sin Fertilización Nitrogenada	4	5,2	4,8	4,6	5,2
		8	1,4	2,1	1,6	1,7
		16	0,7	0,8	1,2	0,9
		16 + Sombra	0,8	0,5	0,7	0,4

Densidad = 0,0001

DMS (5%) = 1,3

Híbrido = ns

sd

dxh = ns

sd

Tabla 6 – Tasa de crecimiento de la espiga alrededor de floración (g día⁻¹), período crítico para la determinación del número de granos por planta, de cuatro híbridos sembrados en tres densidades (plantas m⁻²) en dos experimentos con distinta disponibilidad de agua (riego y seco) y disponibilidad nitrogenada en Pergamino (zona Norte de Bs. As.) durante 2012-2013.

Tasa de crecimiento de la espiga (g día⁻¹)

			Híbridos			
Experimento		Densidad	SRM 565 MG RR2	SRM 563 RR2	SRM 566 MG	EXP 3536 - MG
Riego	Fertilización Nitrogenada	4	1,88	2,54	1,81	2,33
		8	0,85	1,28	0,98	1,17
		16	0,50	0,65	0,53	0,53

Densidad = 0,0001

DMS (5%) = 0,30

Híbrido = 0,01

DMS (5%) = 0,26

dxh = ns

sd

			Híbridos			
Experimento		Densidad	SRM 565 MG RR2	SRM 563 RR2	SRM 566 MG	EXP 3536 - MG
Secano	Sin Fertilización Nitrogenada	4	0,90	1,58	0,75	1,28
		8	0,24	0,62	0,40	0,40
		16	0,09	0,18	0,19	0,22
		16 + Sombra	0,09	0,15	0,08	0,14

Densidad = 0,01

DMS (5%) = 0,54

Híbrido = 0,01

DMS (5%) = 0,19

dxh = ns

sd

Tabla 7 – Índice de partición a espiga. Relación entre la tasa de crecimiento de la espiga alrededor de floración (TCE) y la tasa de crecimiento de la planta alrededor de floración (TCP) de cuatro híbridos sembrados en tres densidades (plantas m⁻²) en dos experimentos con distinta disponibilidad de agua (riego y secano) y disponibilidad nitrogenada en Pergamino (zona Norte de Bs. As.) durante 2012-2013.

Índice de partición a espiga (TCE/TCP)

			Híbridos			
Experimento		Densidad	SRM 565 MG RR2	SRM 563 RR2	SRM 566 MG	EXP 3536 - MG
Riego	Fertilización Nitrogenada	4	0,26	0,35	0,25	0,32
		8	0,21	0,29	0,22	0,24
		16	0,22	0,33	0,24	0,23

Densidad = ns	sd
Híbrido = 0,02	DMS (5%) = 0,05
dxh = ns	sd

			Híbridos			
Experimento		Densidad	SRM 565 MG RR2	SRM 563 RR2	SRM 566 MG	EXP 3536 - MG
Secano	Sin Fertilización Nitrogenada	4	0,16	0,31	0,16	0,23
		8	0,16	0,30	0,24	0,23
		16	0,11	0,23	0,15	0,21
		16 + Sombra	0,10	0,28	0,11	0,42

Densidad = ns	sd
Híbrido = 0,0001	DMS (5%) = 0,07
dxh = ns	sd

Tabla 8 - Índice de fertilidad de espigas. Relación entre número de granos por planta (NGP) y la tasa de crecimiento de la espiga alrededor de floración (TCE) de cuatro híbridos sembrados en tres densidades (plantas m⁻²) en dos experimentos con distinta disponibilidad de agua (riego y seco) y disponibilidad nitrogenada en Pergamino (zona Norte de Bs. As.) durante 2012-2013.

Índice de fertilidad de espigas						
---------------------------------	--	--	--	--	--	--

			Híbridos			
Experimento		Densidad	SRM 565 MG RR2	SRM 563 RR2	SRM 566 MG	EXP 3536 - MG
Riego	Fertilización Nitrogenada	4	521	376	467	467
		8	615	413	536	546
		16	591	472	593	625

Densidad = ns	sd
Híbrido = 0,03	DMS (5%) = 103
dxh = ns	sd

			Híbridos			
Experimento		Densidad	SRM 565 MG RR2	SRM 563 RR2	SRM 566 MG	EXP 3536 - MG
Secano	Sin Fertilización Nitrogenada	4	760	436	663	671
		8	955	366	732	670
		16	937	272	382	439
		16 + Sombra	450	401	853	665

Densidad = ns	sd
Híbrido = ns	sd
dxh = ns	sd

Tabla 9 - Eficiencia reproductiva de la planta. Relación entre el número de granos por planta (NGP) y la tasa de crecimiento de la planta alrededor de floración (TCP) de cuatro híbridos sembrados en tres densidades (plantas m⁻²) en dos experimentos con distinta disponibilidad de agua (riego y seco) y disponibilidad nitrogenada en Pergamino (zona Norte de Bs. As.) durante 2012-2013.

Eficiencia reproductiva de la planta

			Híbridos			
Experimento		Densidad	SRM 565 MG RR2	SRM 563 RR2	SRM 566 MG	EXP 3536 - MG
Riego	Fertilización Nitrogenada	4	133	128	115	150
		8	128	119	111	128
		16	127	154	140	139

Densidad = 0,01

DMS (5%) = 10

Híbrido = ns

sd

dxh = ns

sd

			Híbridos			
Experimento		Densidad	SRM 565 MG RR2	SRM 563 RR2	SRM 566 MG	EXP 3536 - MG
Secano	Sin Fertilización Nitrogenada	4	106	114	100	132
		8	135	111	164	152
		16	68	68	50	83
		16 + Sombra	46	130	62	275

Densidad = ns

sd

Híbrido = 0,03

DMS (5%) = 55

dxh = ns

sd

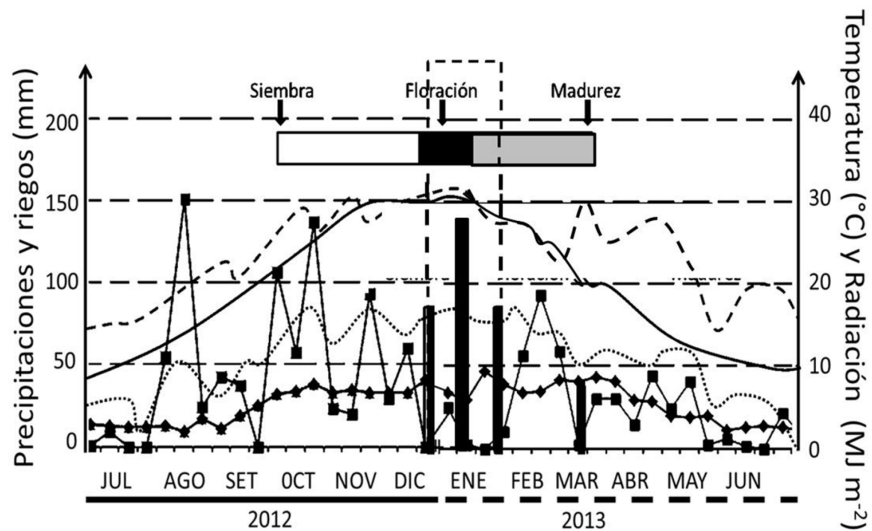


Figura 1 - Condiciones climáticas durante la estación de crecimiento del cultivo de maíz en Pergamino durante 2012-2013. La curva con línea negra llena representa la evolución de la radiación global incidente diaria, la curva con línea negra cortada en guiones representa la evolución de la temperatura máxima y la curva con línea negra punteada, corresponde a la evolución de la temperatura mínima. Los símbolos cuadrados representan el promedio decádico de precipitaciones, mientras que los símbolos en rombo corresponden al promedio decádico de precipitaciones histórico del período 1967-2011 para Pergamino. La barra ancha horizontal señala la ubicación (promedio aproximado para todos los híbridos) de los eventos de siembra, floración y madurez fisiológica. En la barra, el área en blanco representa la extensión del período hasta 15 días previos a la floración; el área en negro corresponde al período crítico para la determinación del número de granos; y el área en gris representa la extensión del período de llenado de los granos. Las barras verticales negras representan los riegos decádicos acumulados aplicados en las parcelas regadas. El área delimitada con recuadro en guiones indica el período con marcado déficit hídrico en las parcelas de secano.

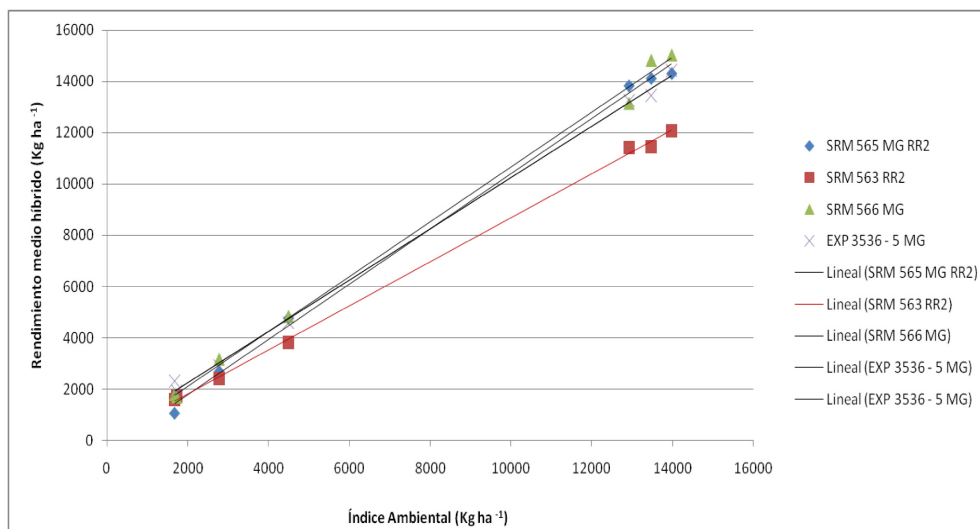


Figura 2 – Relación entre el rendimiento en grano y el valor de índice ambiental para las distintas condiciones de disponibilidad de recursos para el crecimiento de las plantas. Las funciones de regresión correspondientes a los ajustes lineales son las siguientes: $y = 1,075x - 359,2$ (SRM 565 MG RR2); $y = 0,857x + 104,3$ (SRM 563 RR2); $y = 1,067x + 0,29$ (SRM 566 MG); $y = 0,998x + 266,7$ (EXP 3536 - 5 MG). En todos los casos los R^2 de las regresiones superaron el valor de 0,99.

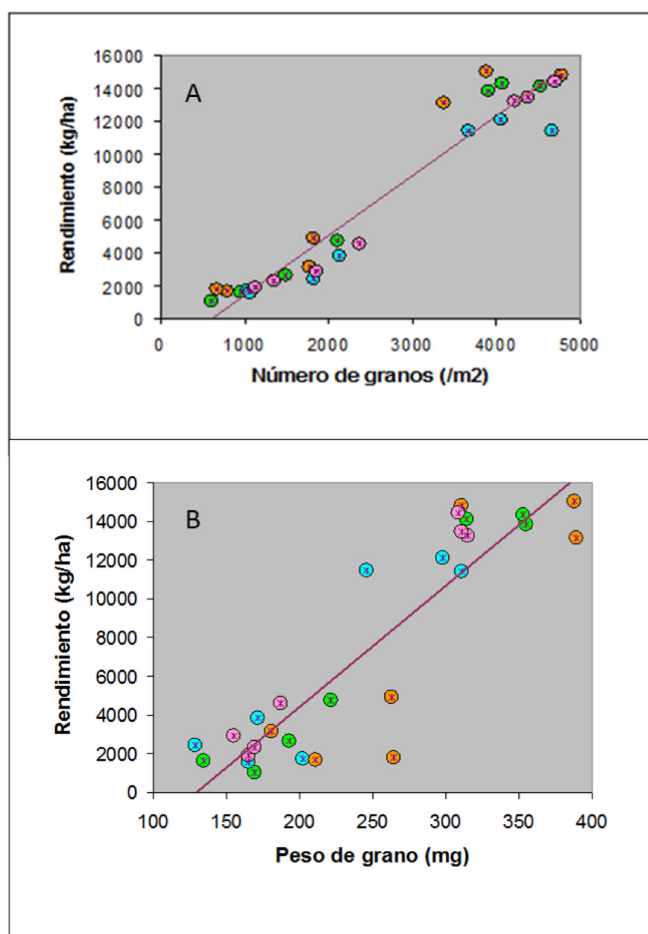


Figura 3 – Relación entre el rendimiento en grano y sus componentes: A) número de granos y B) peso promedio de grano. Las funciones de regresión correspondientes a los ajustes lineales son las siguientes: A) $y = 3,65x - 2242$, $R^2 = 0,93$ y B) $y = 62,58x - 8084$, $R^2 = 0,81$.