

# RED DE ENSAYOS DE EVALUACIÓN IDEAGRO (REEI)

**SORGO / Campaña 2022/23**



*Investigación y Desarrollo  
Agropecuario para el  
Chaco Paraguayo*



# RESUMEN

---

La red de ensayos de variedades de sorgo de la Fundación IDEAGRO tuvo como objetivo comparar y evaluar el comportamiento agronómico y productivo de híbridos de sorgos de las distintas empresas proveedoras de semillas, en igualdad de condiciones, en cuatro distintos ambientes del Chaco Central.

Se realizó un ensayo en cada localidad, utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar (BCA).

Participaron 28 híbridos (tratamiento, 15 híbridos graníferos y 13 sileros).

La comparación se realizó teniendo en cuenta los rendimientos de granos para los graníferos y los rendimientos de planta entera para los de aptitud silero.

Las siembras fueron realizadas en fechas distintas según condiciones edafoclimáticas en cada localidad. La estimación del rendimiento de granos se realizó por medio de la cosecha de toda la franja con cosechadora, pesando el producto y ajustando el rendimiento a una humedad a 14% de los granos.

La estimación de la biomasa producida, para sorgos sileros, se realizó a través de un muestreo manual, determinando el porcentaje de MS del material cosechado en estufa para el cálculo de biomasa seca producida por ha. En el rendimiento de biomasa se pudo demostrar cuatro niveles de diferencias significativas considerando las distintas localidades en conjunto. En rendimiento de granos, estadísticamente las cuatro localidades difieren entre sí, Cambisol ( $5.109 \text{ kg ha}^{-1}$ ), seguido por Colonia 4 con ( $4.228 \text{ kg ha}^{-1}$ ), luego Neuland ( $2.647 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e Isla Poí como último con ( $2.111 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

El factor ambiente fue el que más influencia tuvo sobre el rendimiento de granos en comparación con el factor genético.

Con respecto a los híbridos graníferos, el ADV 1202 AX fue el de mayor rendimiento con  $4.098 \text{ kg ha}^{-1}$  seguido por ADV 1304 con  $4.007 \text{ kg ha}^{-1}$  y para los sileros con el mayor rinde fue AD 91 Sucrol con  $13.980 \text{ kg ha}^{-1}$  mientras ADV 2650 IG fue segundo con  $12.120 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS.

Analizando los ambientes se pudo demostrar que en MS de biomasa los lugares Cambisol ( $14.590 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y Colonia 4 ( $13.780 \text{ kg ha}^{-1}$ ) tenían mayor rendimiento que en Neuland ( $10.870 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e e Isla Poí, con un suelo arenoso, ( $4.090 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

# Red de Ensayos de Evaluación IDEAGRO (REEI)

## VARIEDADES DE SORGO

### Campaña 2022/23

#### 1. INTRODUCCIÓN

La rusticidad del Sorgo hace que el interés en su cultivo se mantenga vigente y se hace aún más interesante en años de condiciones climáticas complicadas. Además, para zonas marginales, con problemas de salinidad o suelos con encharcamiento temporario, se presenta como una buena alternativa para la producción de grano o forraje para ensilaje. La versatilidad del sorgo en el campo (producción de granos ricos en energía, planta entera para ensilaje, para pastoreo directo y/o para cobertura del suelo) también juega un factor importante a la hora de definir el cultivo a realizar. El rebrote posterior a la cosecha permite generar cobertura, siendo una ventaja del rastrojo del sorgo su degradación lenta comparada con la del maíz. El nivel de inversión que requiere el cultivo de sorgo es relativamente bajo, aunque a menudo también la rentabilidad es muy justa. La rentabilidad baja se debe en gran parte a la pérdida de granos y de la calidad de las panojas por ataque de pájaros, lo cual produce pérdidas importantes. Además, la incidencia de algunas plagas (pulgón) y/o enfermedades (antracnosis, bipolaris, etc.) producen severas pérdidas de rendimiento en función/de acuerdo a ciertas condiciones ambientales.

En la actualidad existe un importante mejoramiento genético del sorgo, llevadas a cabo por las empresas obtentoras, lo que crea la necesidad de evaluación del comportamiento productivo, la adaptación de los nuevos materiales a los diferentes ecosistemas y la aceptación y adaptación de los productores a las nuevas tecnologías. Los obtentores con frecuencia retiran ciertos materiales del mercado para la introducción de nuevos materiales superiores, los cuales son evaluados en otras

regiones y condiciones edafoclimáticas, aunque los retirados sigan siendo interesantes localmente. Además, existe un importante desarrollo de tolerancias/resistencias a plagas y herbicidas que ofrecen más opciones de manejo que las convencionalmente conocidas. Por lo tanto, es importante el conocimiento de los nuevos materiales y realizar ensayos comparativos para validar estas tecnologías localmente.

Desde la Fundación IDEAGRO se pretende contribuir al desarrollo de esta región del país con investigación sostenida ayudando así a los obtentores y representantes de híbridos a exponer y evaluar in situ las cualidades de su material genético. Con esta red de ensayos (REEI), IDEAGRO se posiciona como importante aliado tanto para el productor, para el técnico como también para los obtentores de variedades y su cadena de comercialización.



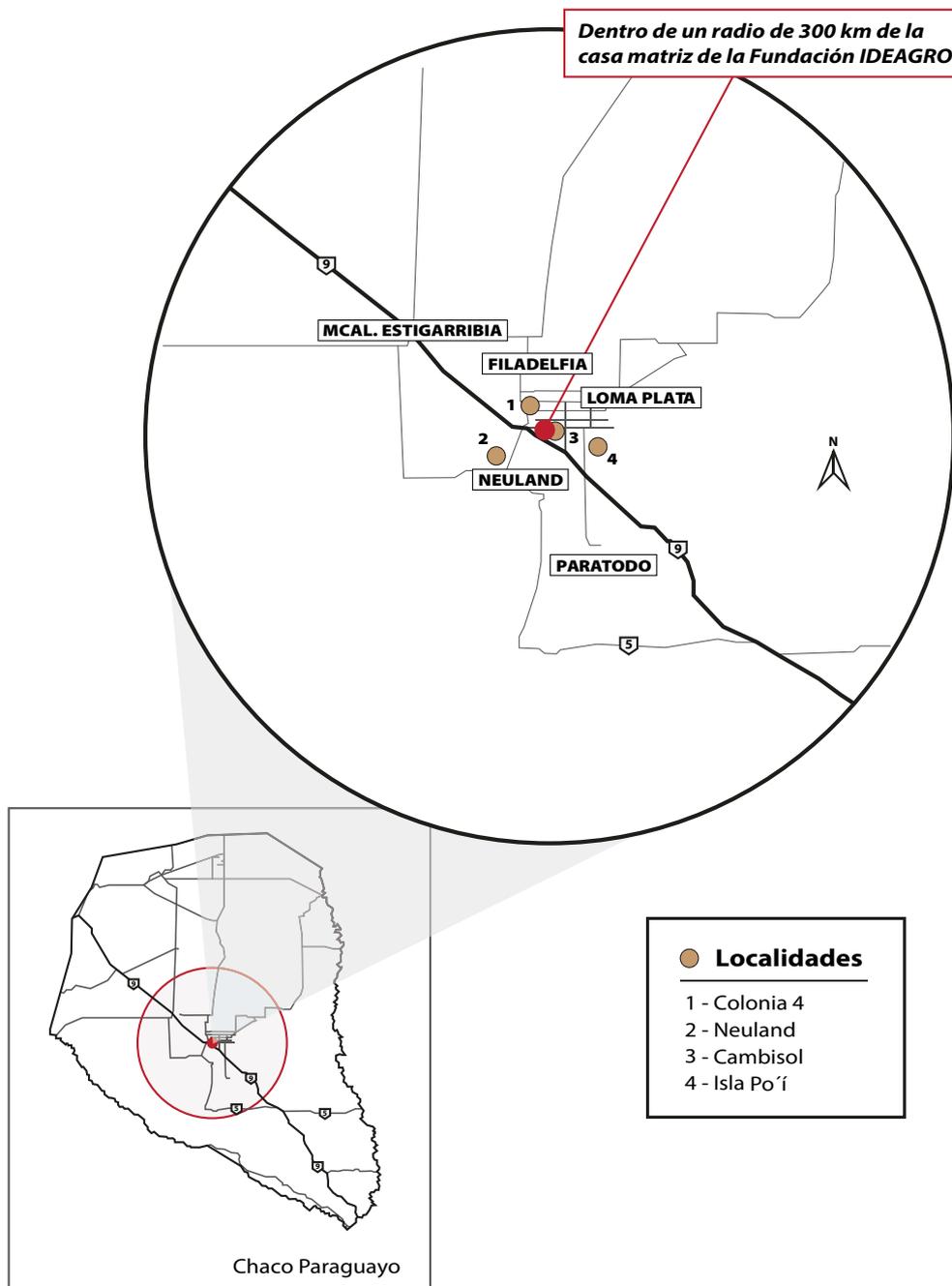
## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Instalación y manejo del ensayo

La REEI 2022/23 incluyó cuatro localidades del Chaco Central paraguayo, principalmente en las estaciones experimentales de las Cooperativas. Tres de los ensayos fueron ubicados en el departamento de Boquerón y uno en Presidente Hayes (Figura 1). Todas las parcelas fueron sembradas con el sistema de siembra directa y la mayoría tienen historial en este sistema de por lo menos 4 años. Para la decisión de siembra se trató de respetar un umbral objetivo de agua acumulada en el perfil del suelo antes de la siembra de mínimamente 1 m de profundidad de suelo mojado, lo cual fue logrado en todas las localidades. Las fechas de siembra se presentan en la Tabla 1 y varían entre el 10 de enero 2023 y el 14 de marzo del año 2023. Todas las parcelas fueron sembradas con un distanciamiento entre hileras de 45 cm. Las semillas fueron tratadas con Acronis 125 cc (Thiofanato metílico y Piraclostrobin) + Certicor 150 cc (Thiametoxam y Lamdacihalotrina) en 100 kg de semillas para todas las localidades por igual. El manejo de las parcelas se realizó según criterio del lote comercial del productor, los productos fitosanitarios fueron proveídos por

**ECOP/Agrolatina** para el manejo fitosanitario, la decisión del uso o no quedó a cargo del propietario. El manejo fitosanitario se hizo como si fueran todos híbridos convencionales en lo que respecta manejo de pulgón y de malezas. La única parcela que recibió fertilizante químico fue la de Isla Po'í con 150 kg ha<sup>-1</sup> de la fórmula triple 15 (N-P-K) en la siembra y 40 kg ha<sup>-1</sup> de cobertura con sulfato de amonio. También se utilizó S-Metolaclor en posemergencia del Sorgo para controlar otras gramíneas en la localidad de Isla Po'í por tratarse de suelo arenoso que tiene mucha presión de malezas de hojas finas. Las aplicaciones fitosanitarias fueron en forma transversal a las franjas de cultivo. El ancho de las franjas fue ajustado de acuerdo con el cabezal de la cosechadora del productor o de su sembradora, teniendo en cuenta la necesidad de cosechar por separado cada material. La cosecha se realizó en tandas según el ciclo de maduración de los híbridos. Para cada experimento se contrató a personas que se dedican a espantar pájaros, que son una plaga muy dañina para el cultivo del Sorgo.





**Figura 1.**

Ubicación geográfica de los ensayos de la REEI para la zafra 2021/22.

**Tabla 1.**

*Ubicación y fecha de siembra de los ensayos de sorgo 2022-2023.*

Departamento	Distrito	Localidad	Fecha de siembra
Boquerón	Filadelfia	Colonia 4	10/01/2023
Presidente Hayes	Irala Fernández	Isla Po'í	03/02/2023
Boquerón	Loma Plata	Cambisol	06/02/2023
Boquerón	Boquerón	Neuland	14/03/2023

## 2.2. Diseño y análisis de los experimentos

Para la comparación de los híbridos en varias localidades, se utilizó un diseño experimental bifactorial. El primer factor fue la localidad, incluyendo 4 niveles (localidades). El segundo factor fue el híbrido, incluyendo 15 y 13 niveles (híbridos) para los materiales graníferos y sileros, respectivamente. Dentro de cada localidad se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) con tres bloques.

La variable de respuesta fue el rendimiento de granos o de planta entera (MS) según la aptitud del material. La superficie cosechada varió según el método de cosecha empleado en cada localidad: cosecha por método de muestreo manual para los sorgos de aptitud silero de 4,5 m<sup>2</sup> por unidad experimental y trilla mecánica para la determinación de rendimiento de granos entre 264 y 1515 m<sup>2</sup> por unidad experimental. El pesaje de los granos fue realizado en la tolva de la cosechadora con báscula incluida o tolva sobre báscula móvil, excepto para el muestreo manual de los materiales sileros se utilizó balanza electrónica fija.

La humedad del grano fue luego ajustada a 14% para la determinación del rendimiento, para la comparación y su análisis posterior mediante la fórmula  $P_{14\%} = P_0 \cdot (1 - (H^0 - 14) / (100 - 14))$ , donde:  $P_{14\%}$  es el peso corregido a 14% de humedad,  $P_0$  es el

peso con la humedad a cosecha y  $H^0$  es la humedad medida a cosecha. Los rendimientos de planta entera están expresados en materia seca para lo cual se determinó el porcentaje de MS de cada híbrido con la ayuda de una estufa.

El análisis de varianza (ANOVA) fue realizado con el programa estadístico InfoGen para el conjunto de localidades como también para las localidades por separado. También se analizó la interacción entre genotipo y ambiente (GxA). Para la comparación se utilizó la prueba de Scott&Knott con un nivel de significancia del 5%.

Para expresar las diferencias significativas entre variedades, en las Figuras, se optó por diferencias en el color de las barras. Según necesidad se presenta la desviación estándar (DE) y el coeficiente de variación (CV), los cuáles son parámetros de dispersión de los datos con relación a la media. La DE es el promedio de las desviaciones individuales de las observaciones respecto a la media general de la distribución y su unidad es la misma que la media, en este caso kg ha<sup>-1</sup> dando su magnitud una buena idea de la variabilidad de los datos. El coeficiente de variación (CV) es la DE expresada en porcentaje con relación a la media.

## 2.3. Híbridos evaluados

Los materiales utilizados fueron proveídos por cinco empresas semilleras obtentoras (Tabla 2). Los híbridos presentaron diferentes tecnologías incluidas como Aphix (tolerancia a pulgón amarillo) e

Igrowth (IG, tolerancia a herbicidas imidazolinonas). En esta campaña no fueron utilizados materiales sin taninos en los granos.

**Tabla 2.**

Listado de híbridos evaluados en sus respectivas aptitudes y sus obtentores

HÍBRIDOS GRANIFEROS	EMPRESA
ADV 1202 AX _____ ADV 1304 _____ ADV 1350 IG _____ ADV 1250 IG	
AD 86 NG	
Nugrain 440 T _____ Spring T60	
Malon _____ Argensor 134 T _____ Argensor 130 T	
TOB 41 T _____ TOB 49 T _____ TOB 63 T _____ TOB 66 T _____ TOB 69 IG	
HÍBRIDOS SILEROS	EMPRESA
ADV 2450 IG _____ ADV 2650 IG	
AD 86 PLUS _____ AD 87 Bicolor _____ AD 91 Sucrol	
Nusil 484 _____ Qualisilo _____ Nugrain 440 T	
Argensor 151 DP _____ Fortin Colón	
TOB 78 DP _____ TOB 84 SIL _____ TOB Padrillo Max	

## 2.4. Caracterización de la campaña 2022/23

La campaña 2022/23 se caracterizó por condiciones meteorológicas muy buenas y con abundante precipitación. Arrancando la época de barbecho con precipitaciones más bien bajas en octubre y noviembre, pero a partir de diciembre y hasta abril con abundantes acúmulos de agua para el cultivo (Tabla 3). En ninguna de las localidades se registraron déficit de agua para el desarrollo

adecuado del cultivo y con temperaturas óptimas que no llegaron a los 40°C en la fase crítica (Figura 2). Luego del mes de febrero, los meses marzo y abril presentaron superávit hídrico (mayor precipitación que Evapotranspiración potencial (Eto), Figura 2).

Tabla 3.

Distribución de la precipitación en las localidades de la REEI 2022/23

Localidad	Precipitación (mm)										Precip. acumulada (mm)		
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Barbecho	Ciclo	Total	
Cambisol	43	70	47	151	94	250	109	34	0	311	<b>521</b>	832	
Isla Po'í	57	46	91	55	118	338	109	47	2	249	<b>612</b>	861	
Colonia 4	23	69	85	135	100	160	128	16	4	220	<b>480</b>	700	
Neuland	50	23	124	108	155	278	123	58	18	600	<b>337</b>	937	

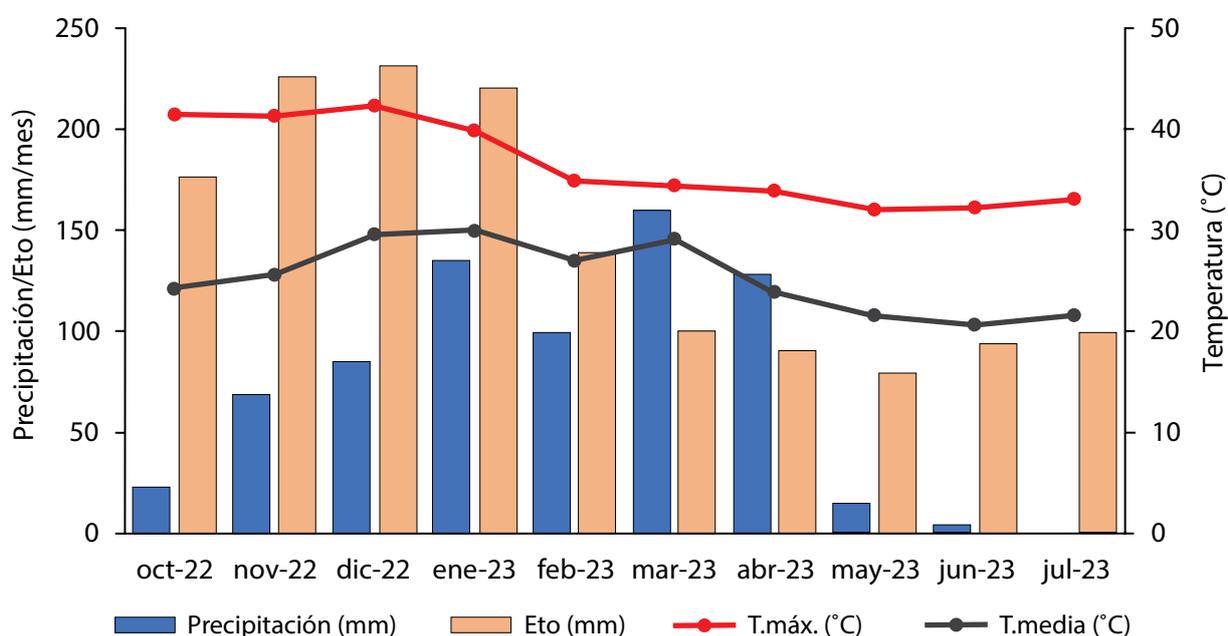


Figura 2.

Datos meteorológicos del campo experimental Colonia 4 - Filadelfia 2022/23.

### 3. RESULTADOS

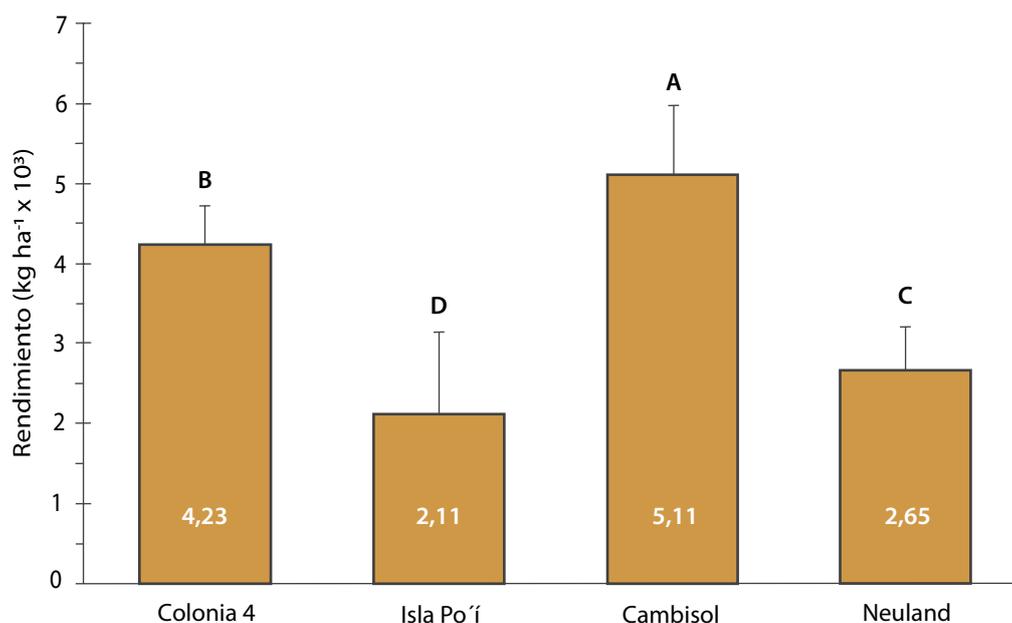
#### 3.1. Resultados globales de la REEI 2022/23

##### 3.1.1. Rendimiento por localidad

Los rendimientos promedios por localidad de los sorgos graníferos se presentan en la Figura 3. El mayor rendimiento en grano se logró en la localidad de Cambisol con un promedio de  $5.109 \text{ kg ha}^{-1}$ , significativamente superior al rendimiento en las otras localidades como Colonia 4 y Neuland con  $4.228$  y  $2.647 \text{ kg ha}^{-1}$  respectivamente. La localidad de Isla Po'í presentó el rendimiento más bajo con  $2.111 \text{ kg ha}^{-1}$ , todos significativamente diferentes entre sí. La relación entre rendimiento y precipitación recibida durante el ciclo se presenta en la Figura 4 en donde no se observa un aumento de productividad a mayor precipitación. El efecto suelo tuvo su influencia en los rendimientos en donde la localidad de Isla Po'í es la única con

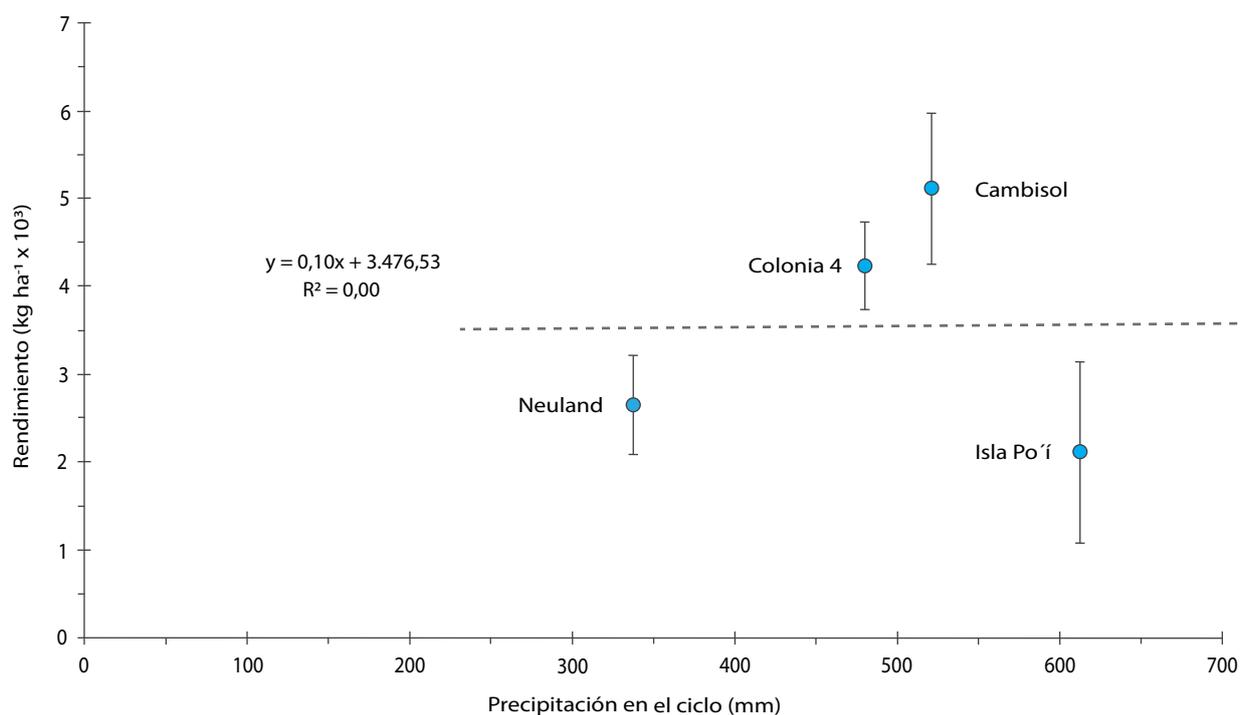
suelo de textura arenosa y consecuentemente un potencial más bajo lo que reflejan los datos aún con abundante precipitación y con la fertilización realizada (Figura 4). En los promedios de las otras tres localidades se observa un aumento de rendimiento al aumentar la precipitación en el ciclo.





**Figura 3.**

Rendimiento promedio de sorgo granífero por localidad en orden de fecha de siembra considerando todos los híbridos cosechados. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según Scott&Knott ( $n=30-45$ ,  $\alpha=0.05$ ). Barras de error  $\pm 1DE$ .

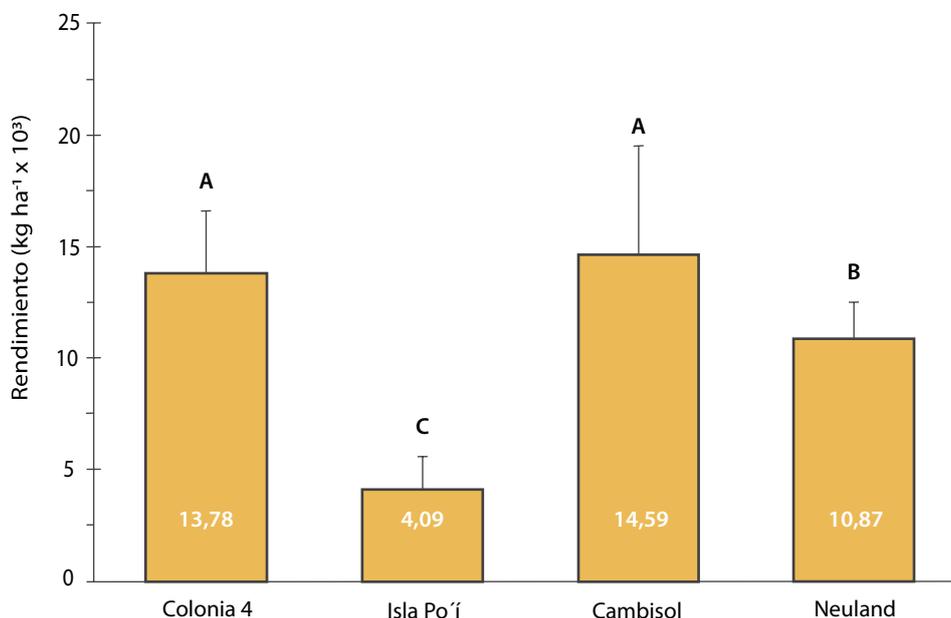


**Figura 4.**

Relación entre rendimiento en grano y precipitación durante el ciclo del cultivo por cada localidad. Rendimiento promedio por localidad indicados por puntos con barras de error  $= \pm 1DE$  ( $n=30-45$ ). Para el análisis de regresión se consideró solamente medias de localidades cosechadas.

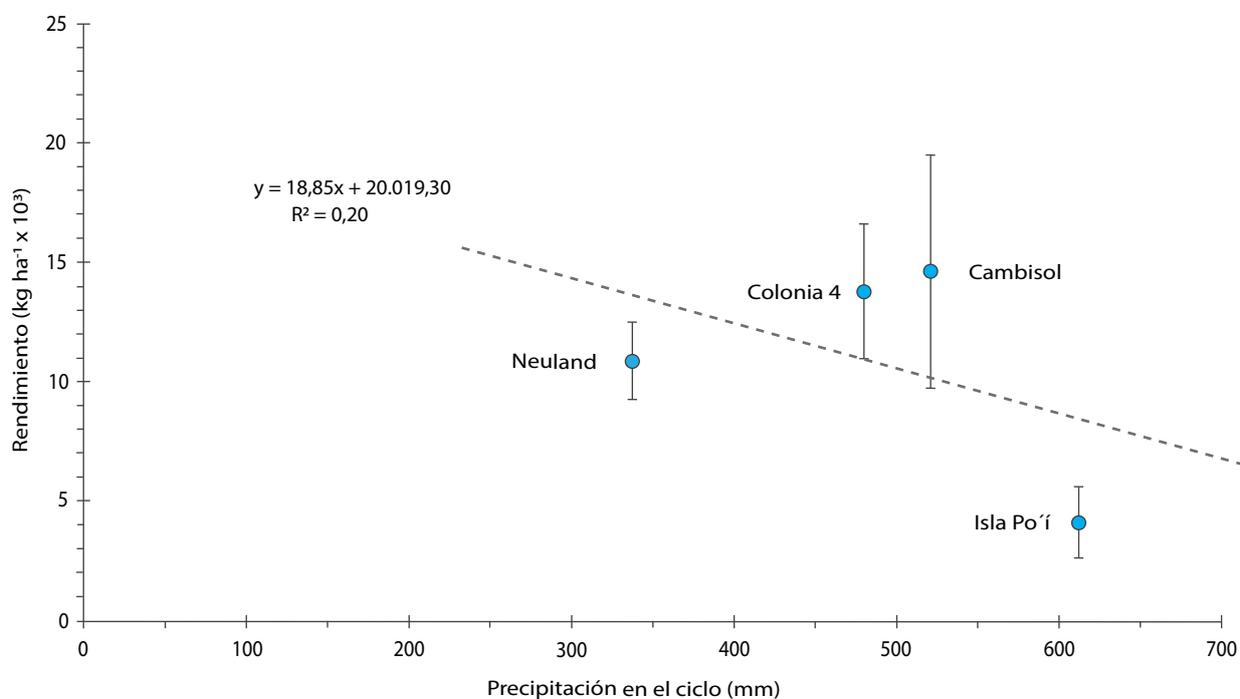
El rendimiento promedio por localidad de planta entera (ensilaje) en materia seca se presenta en la Figura 5. Los mayores rendimientos fueron registrados en las localidades de Cambisol y Colonia 4 con un rendimiento en materia seca (MS) de 14.590

kg ha<sup>-1</sup> promedio, seguidos por Neuland que presentó rendimientos significativamente menor a los anteriores con 10.870 kg ha<sup>-1</sup>. La localidad de Isla Po'í fue la de menor rendimiento que el resto con 4.090 kg ha<sup>-1</sup>.



**Figura 5.**

Rendimiento promedio de sorgo silero por localidad en orden de fecha de siembra considerando todos los híbridos cosechados. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según Scott&Knott (n=30 -39, alfa= 0.05). Barras de error +1DE.



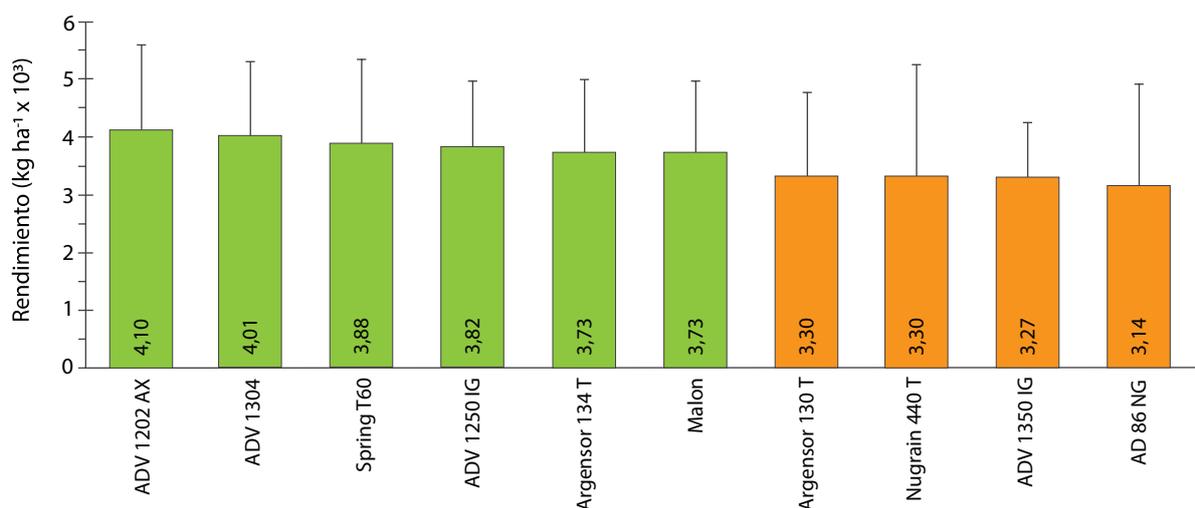
**Figura 6.**

Relación entre rendimiento planta entera MS y precipitación durante el ciclo del cultivo por cada localidad. Rendimiento promedio por localidad indicados por puntos con barras de error = ±1DE (n=30-45). Para el análisis de regresión se consideró solamente medias de localidades cosechadas.

### 3.1.2. Rendimiento por híbrido

Considerando el comportamiento de cada híbrido en el conjunto de localidades permite tomar ciertas decisiones generales. Los rendimientos en grano promediados por híbrido se presentan en la Figura 7 y los rendimientos en planta entera (ensilaje) se presentan en la Figura 8. En la comparación de híbridos graníferos (Figura 7) figuran todos los materiales de los que se obtuvo

datos, aunque no fueran completos en todas las localidades. Así para algunos híbridos se tiene datos de cuatro localidades, mientras de otros solo dos localidades. Hubo dos niveles de rendimientos estadísticamente diferentes, diferenciados en la Figura por barras con colores diferenciados.

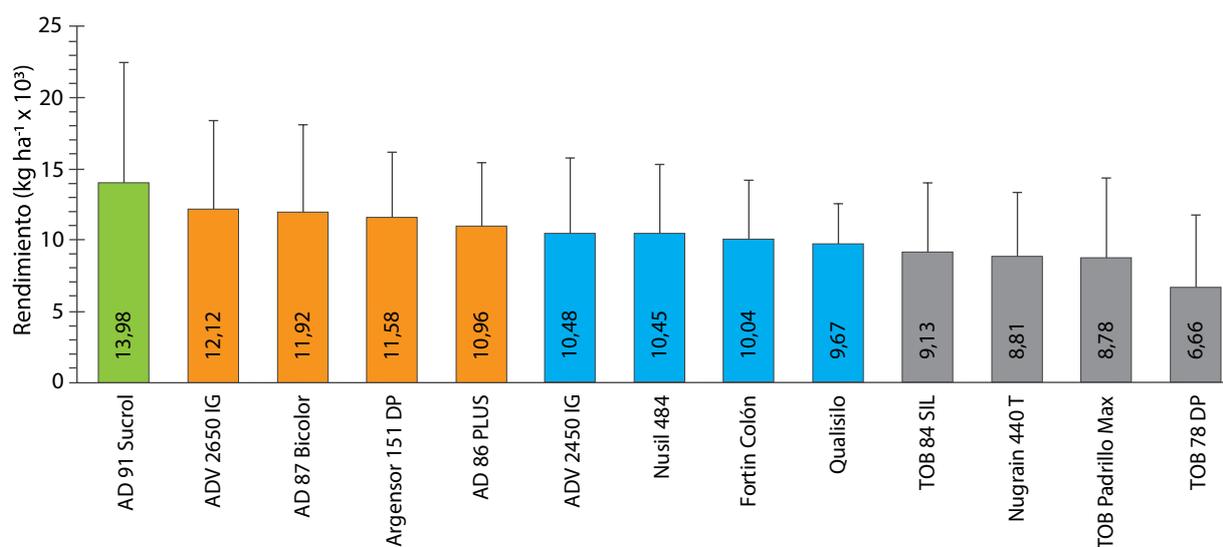


**Figura 7.**

Rendimiento de granos por híbridos entre todas las localidades cosechadas. Barras del mismo color no difieren significativamente según Scott&Knott ( $n=6-12$ ,  $\alpha=0.05$ ). Barras de error  $+1DE$ .

El rendimiento promedio de planta entera (Figura 8) esta expresado en kg ha<sup>-1</sup> de MS. Se pudo determinar cuatro niveles de diferencias

significativas entre los rendimientos de estos híbridos sileros a un nivel de significancia del 5%.



**Figura 8.**

Rendimiento promedio de planta entera en MS por híbrido, entre todas las localidades cosechadas. Barras del mismo color no difieren significativamente según Scott&Knott ( $n=30-39$ ,  $\alpha=0.05$ ). Barras de error  $+1DE$ .

### 3.2. Rendimiento de los híbridos graníferos y sileros según localidad

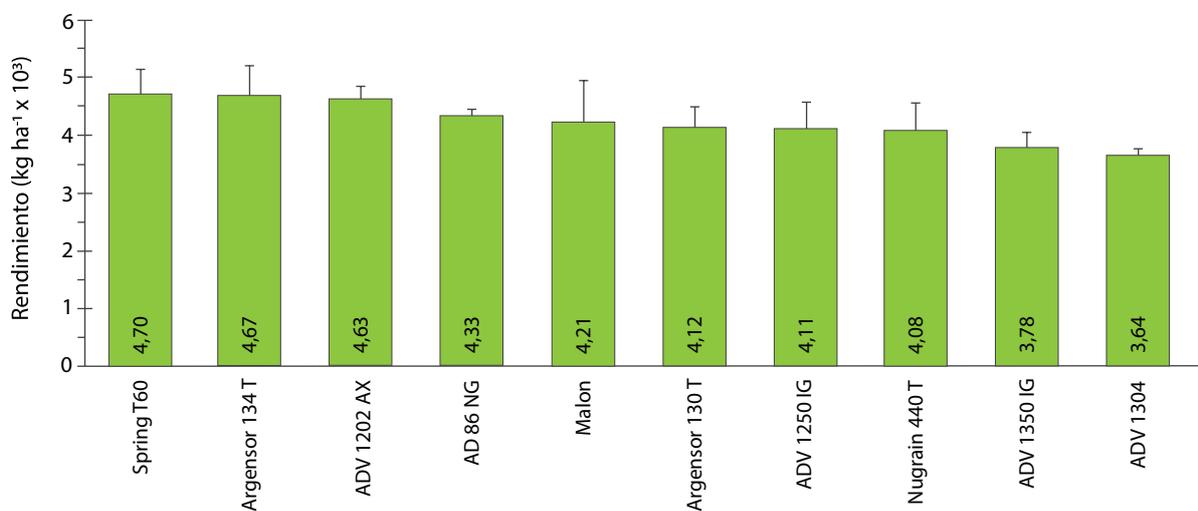
Para cada localidad que participó en le REEI 2022/23 de sorgos presentamos los datos obtenidos como

rendimiento de granos y rendimiento como planta entera (ensilaje) en MS.

#### 3.2.1. Resultados del ensayo de la localidad Colonia 4

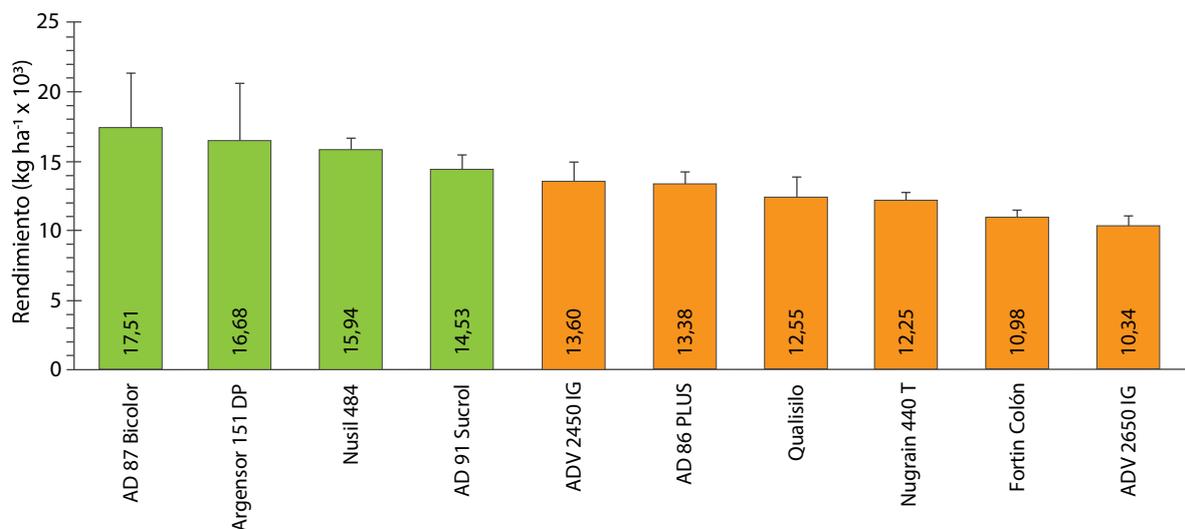
El rendimiento promedio de los híbridos en grano y en planta entera obtenidos en la localidad de Colonia 4 se presentan en la Figura 9 y 10, respectivamente. En esta localidad la siembra del ensayo fue realizada a principios de enero, siendo la primera de las localidades. Los rendimientos promedios de grano logrados fueron altos y con baja variabilidad con un rango de 1.065 kg ha<sup>-1</sup> en donde el máximo fue de 4.705 kg ha<sup>-1</sup> y el mín-

imo de 3.639 kg ha<sup>-1</sup> con un promedio de 4.228 kg ha<sup>-1</sup> y sin diferencias significativas entre híbridos. Los rendimientos de planta entera (ensilaje) presentan un rango de 7.180 kg ha<sup>-1</sup> entre el híbrido con mayor y menor rendimiento. El rendimiento máximo fue de 17.510 kg ha<sup>-1</sup> y el mínimo de 10.340 kg ha<sup>-1</sup>, con un promedio de 13.780 kg ha<sup>-1</sup>, obteniendo dos niveles de diferencias significativas entre híbridos (Figura 10).



**Figura 9.**

Rendimiento de granos por híbrido en la localidad de Colonia 4. Barras del mismo color no difieren significativamente según Scott&Knott ( $n=3$ ,  $\alpha=0.05$ ). Barras de error +1DE.



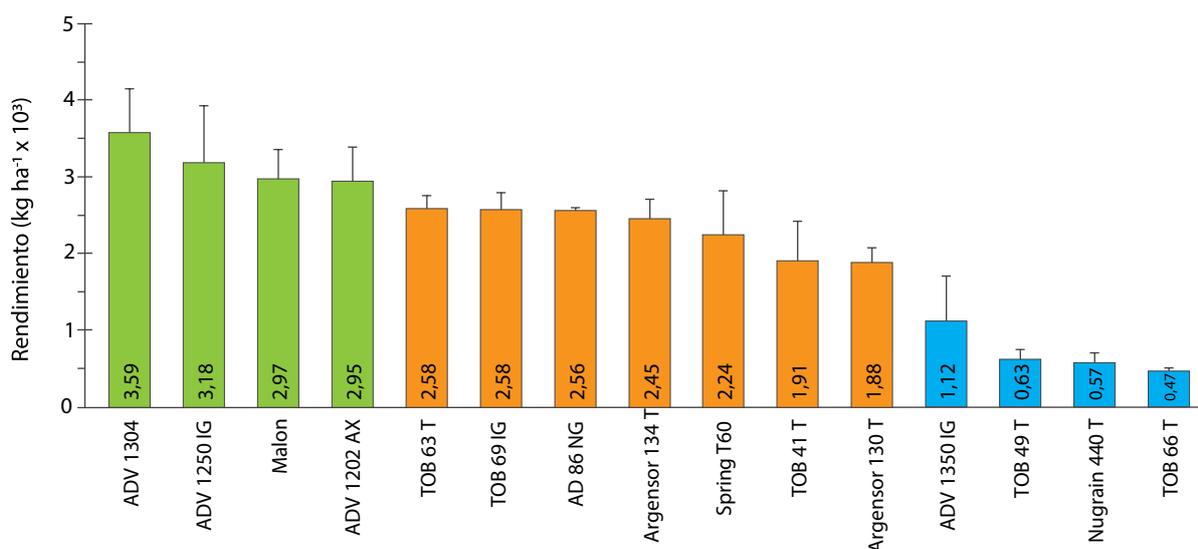
**Figura 10.**

Rendimiento de planta entera en MS por híbrido en la localidad de Colonia 4. Barras del mismo color no difieren significativamente según Scott&Knott ( $n=3$ ,  $\alpha=0.05$ ). Barras de error +1DE.

### 3.2.2. Resultados del ensayo de la localidad Isla Po'í

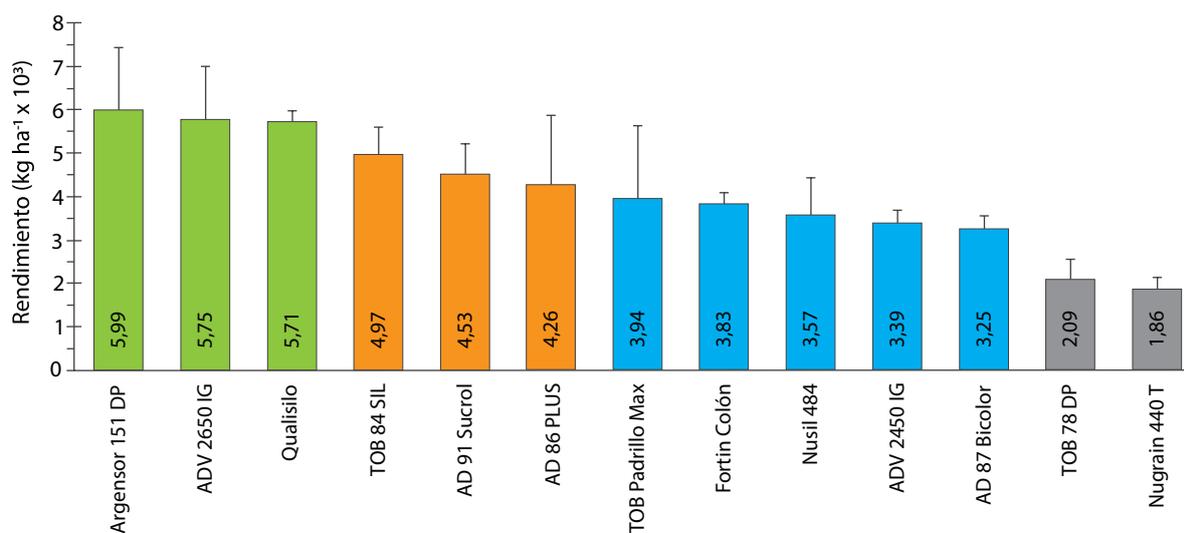
En general los rendimientos logrados (Figura 11) fueron relativamente bajos considerando la precipitación que se registró en la localidad. La parcela de ensayo en la localidad de Isla Po'í está ubicada en un paleocauce antiguo con suelo de textura arenosa y reducida fertilidad. El suelo tiene una capacidad de acumulación de agua reducida en comparación con las demás localidades. También es el único lugar donde se aplicó una fertilización química (ver metodología). Los rendimientos promedios de grano logrados tuvieron un rango de 3.116 kg ha<sup>-1</sup> en donde el

máximo fue de 3.585 kg ha<sup>-1</sup> y el mínimo de 469 kg ha<sup>-1</sup> con un promedio de 2.111 kg ha<sup>-1</sup> y con diferencias significativas entre híbridos. Los rendimientos de planta entera (ensilaje) presentan un rango de 4.130 kg ha<sup>-1</sup> de MS entre el híbrido con mayor y menor rendimiento. El rendimiento máximo fue de 5.990 kg ha<sup>-1</sup> y el mínimo de 1.860 kg ha<sup>-1</sup>, con un promedio de de 4.090 kg ha<sup>-1</sup>, obteniendo tres niveles de diferencias significativas entre híbridos (Figura 12).



**Figura 11.**

Rendimiento de granos por híbrido en la localidad de Isla Po'í. Barras del mismo color no difieren significativamente según Scott&Knott ( $n=3$ ,  $\alpha=0.05$ ). Barras de error +1DE.



**Figura 12.**

Rendimiento de planta entera en MS por híbrido en la localidad Isla Po'í. Barras del mismo color no difieren significativamente según Scott&Knott ( $n=3$ ,  $\alpha=0.05$ ). Barras de error +1DE.

### 3.2.3. Resultados del ensayo de la localidad Cambisol

En la localidad Cambisol se obtuvo el mayor rendimiento promedio tanto en grano como en planta entera. El ensayo fue sembrado sobre una excelente cobertura de *Brachiaria ruziziensis* y con óptimas condiciones de humedad del suelo. Los rendimientos promedios de grano logrados presentaron un rango de 2.694 kg ha<sup>-1</sup> en donde el máximo fue de 6.118 kg ha<sup>-1</sup> y el mínimo de 3.424 kg ha<sup>-1</sup> con un promedio de 5.109 kg ha<sup>-1</sup>. El análisis estadístico determinó dos niveles de

diferencias significativas entre híbridos (Figura 13). Los rendimientos de planta entera presentan un rango de 15.680 kg ha<sup>-1</sup> entre el híbrido con mayor y menor rendimiento. El rendimiento máximo fue de 25.080 kg ha<sup>-1</sup> y el mínimo de 9.400 kg ha<sup>-1</sup>, con un promedio de 14.590 kg ha<sup>-1</sup>, obteniendo dos niveles de diferencias significativas entre híbridos (Figura 14).

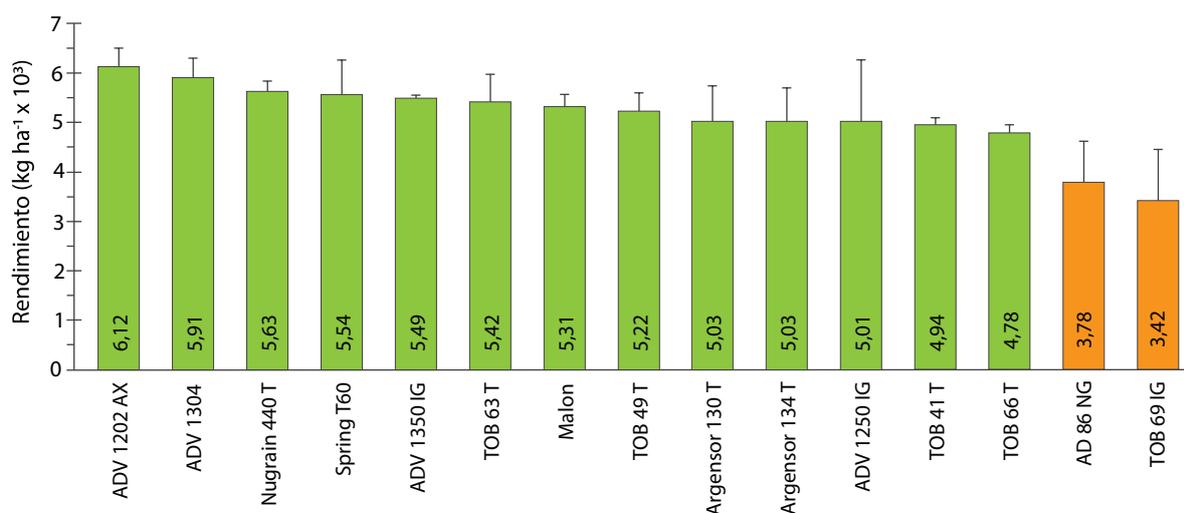


Figura 13.

Rendimiento de granos por híbrido en la localidad de Cambisol. Barras del mismo color no difieren significativamente según Scott&Knott ( $n=3$ ,  $\alpha=0.05$ ). Barras de error +1DE.

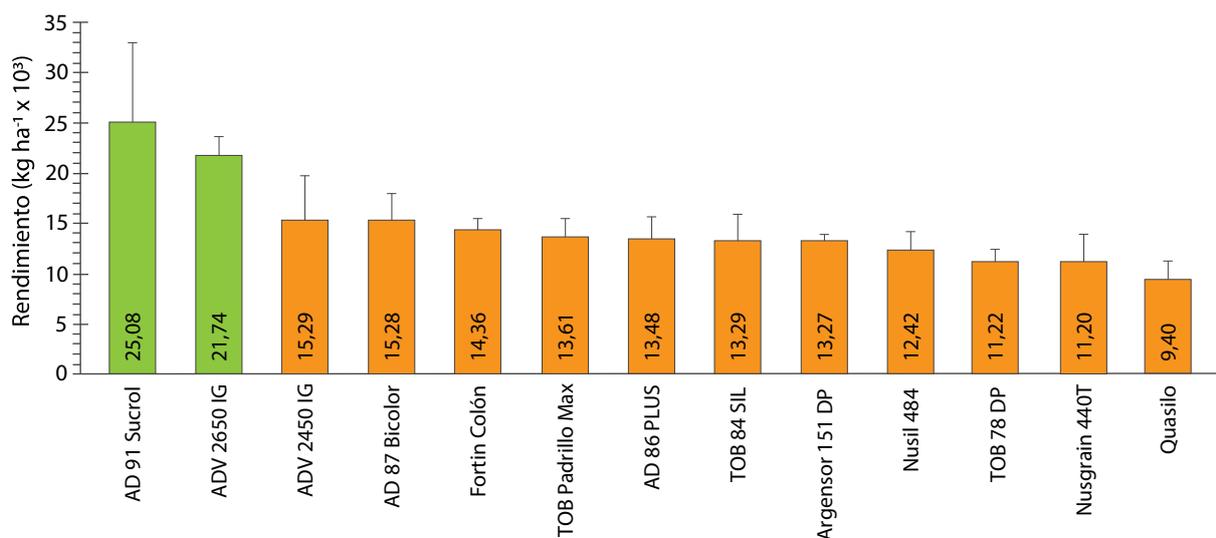


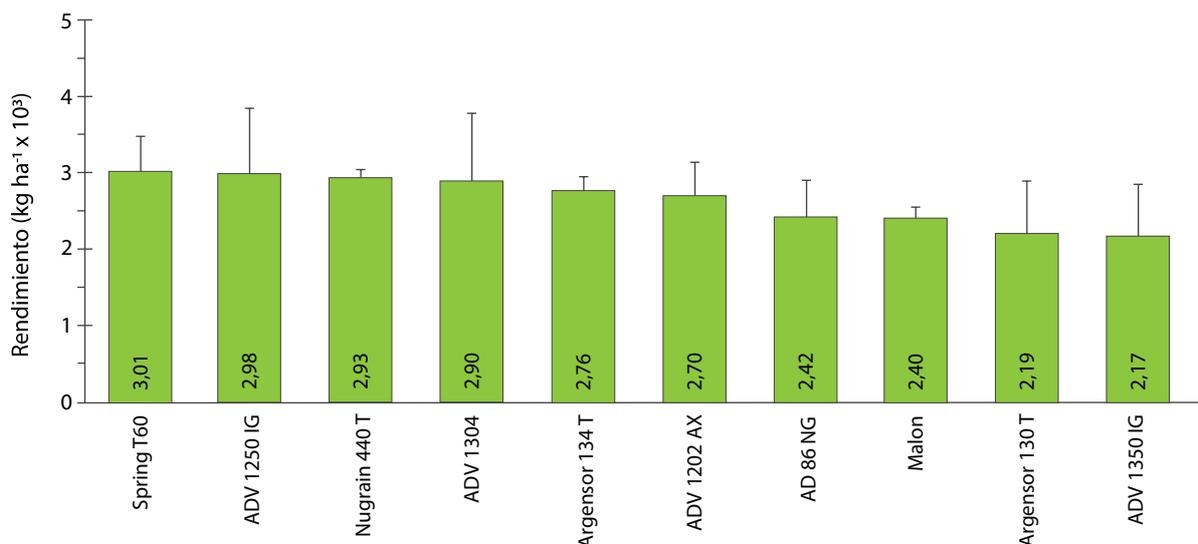
Figura 14.

Rendimiento de planta entera en MS por híbrido, en la localidad de Cambisol. Barras del mismo color no difieren significativamente según Scott&Knott ( $n=3$ ,  $\alpha=0.05$ ). Barras de error +1DE.

### 3.2.4. Resultados del ensayo de la localidad Neuland

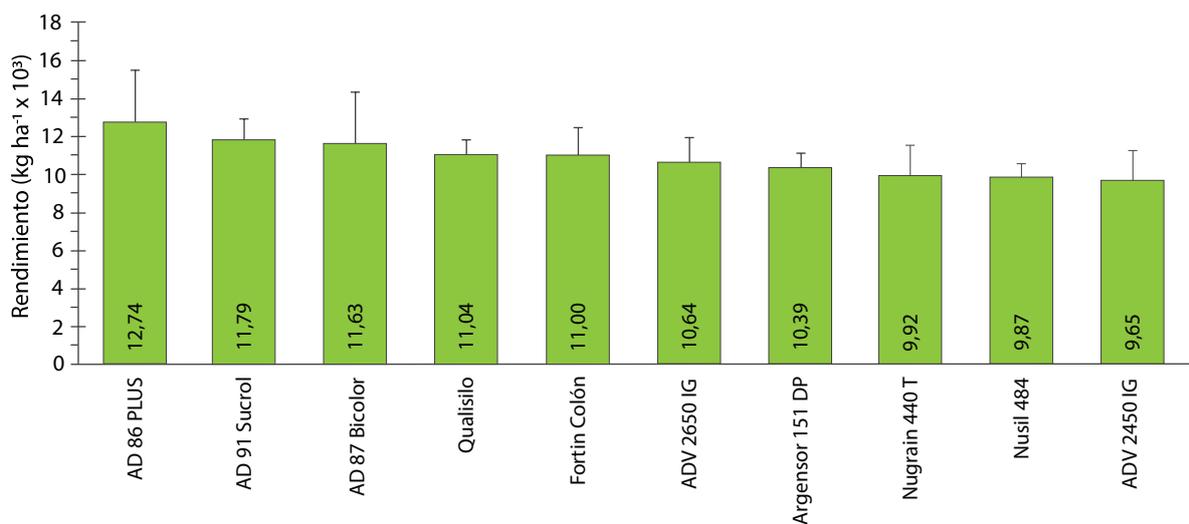
El ensayo de la localidad de Neuland fue el último que se sembró (Tabla 1), con un perfil del suelo bien cargado con agua. Luego de la siembra fue el que menos lluvia recibió en el ciclo debido a la siembra tardía. De igual manera se obtuvo buenos rendimientos. El promedio de rendimiento en grano logrado presentó un rango de solo 838 kg ha<sup>-1</sup>, con un máximo de 3.012 kg ha<sup>-1</sup> y el mínimo de 2.175 kg ha<sup>-1</sup>. El promedio fue de 2.647 kg ha<sup>-1</sup>

y no fue posible determinar diferencias significativas entre híbridos (Figura 15). Los rendimientos de planta entera presentaron un rango de 3.090 kg ha<sup>-1</sup> entre el híbrido con mayor y menor rendimiento, con un máximo de 12.740 kg ha<sup>-1</sup> y un mínimo de 9.650 kg ha<sup>-1</sup>. El promedio fue de 10.870 kg ha<sup>-1</sup> sin diferencias significativas entre híbridos (Figura 16).



**Figura 15.**

Rendimiento de granos por híbrido en la localidad de Neuland. Barras del mismo color no difieren significativamente según Scott&Knott ( $n=3$ ,  $\alpha=0.05$ ). Barras de error +1DE.



**Figura 16.**

Rendimiento de planta entera en MS por híbrido en la localidad de Neuland. Barras del mismo color no difieren significativamente según Scott&Knott ( $n=3$ ,  $\alpha=0.05$ ). Barras de error +1DE.

### 3.3. Análisis del comportamiento productivo

Para analizar el comportamiento productivo de cada híbrido se usó el método de rendimiento relativo (RR), que es la productividad de cada híbrido en forma proporcional al promedio de la localidad en que fue evaluado, asignándole a este último el valor 100. Por siguiente, el rendimiento relativo promedio es el promedio de los RR de un híbrido en las diferentes localidades. Los híbridos

que, en promedio, rindieron por encima del promedio de la localidad, tienen valores superiores a 100. Los que se sitúan por encima de 104 se consideran como híbridos con alto potencial productivo (Tabla 4 para graníferos y 5 para los sileros).

Tabla 4.

*Rendimiento relativo promedio de los híbridos graníferos, su coeficiente de variación (CV) y los respectivos rendimientos promedios por híbrido incluyendo todas las localidades.*

Híbrido	Rendimiento relativo promedio	CV rendimiento relativo (%)	Rendimiento promedio (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>ADV 1304</b>	<b>120,2</b>	<b>29,50</b>	<b>4.007</b>
<b>ADV 1202 AX</b>	<b>117,7</b>	<b>13,80</b>	<b>4.098</b>
<b>ADV 1250 IG</b>	<b>114,7</b>	<b>21,90</b>	<b>3.822</b>
<b>Spring T60</b>	<b>109,9</b>	<b>3,00</b>	<b>3.875</b>
<b>Malon</b>	<b>108,8</b>	<b>20,30</b>	<b>3.726</b>
<b>Argensor 134 T</b>	<b>107,3</b>	<b>7,10</b>	<b>3.728</b>
AD 86 NG	97,2	20,38	3.271
Argensor 130 T	91,9	8,07	3.304
Nugrain 440 T	86,1	46,38	3.303
ADV 1350 IG	83,0	27,28	3.410

Tabla 5.

*Rendimiento relativo promedio de los híbridos en planta entera (ensilaje), su coeficiente de variación (CV) entre localidades y los respectivos rendimientos promedios de la red de ensayo.*

Híbrido	Rendimiento relativo promedio	CV rendimiento relativo (%)	Rendimiento promedio (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>AD 91 Sucrol</b>	<b>121,7</b>	<b>24,0</b>	<b>13.980</b>
<b>ADV 2650 IG</b>	<b>113,2</b>	<b>28,6</b>	<b>12.118</b>
<b>Argensor 151 DP</b>	<b>111,6</b>	<b>22,3</b>	<b>11.583</b>
AD 87 Bicolor	103,0	20,0	11.918
AD 86 PLUS	101,1	11,7	10.964
Quasilo	97,6	31,1	9.674
Nusil 484	93,3	16,5	10.451
ADV 2450 IG	92,2	10,3	10.481
Fortin Colón	91,7	9,8	10.043
Nugrain 440 T	74,6	29,1	10.043

### 3.4. Interacción Genotipo x Ambiente

La interacción GxA se analizó solo para los materiales que están presentes en las cuatro localidades. El análisis de interacción GxA permite establecer si el orden de rango de las variedades

de acuerdo con su rendimiento es influenciado significativamente por el ambiente.

#### 3.4.1. Interacción GxA en Sorgos Graníferos

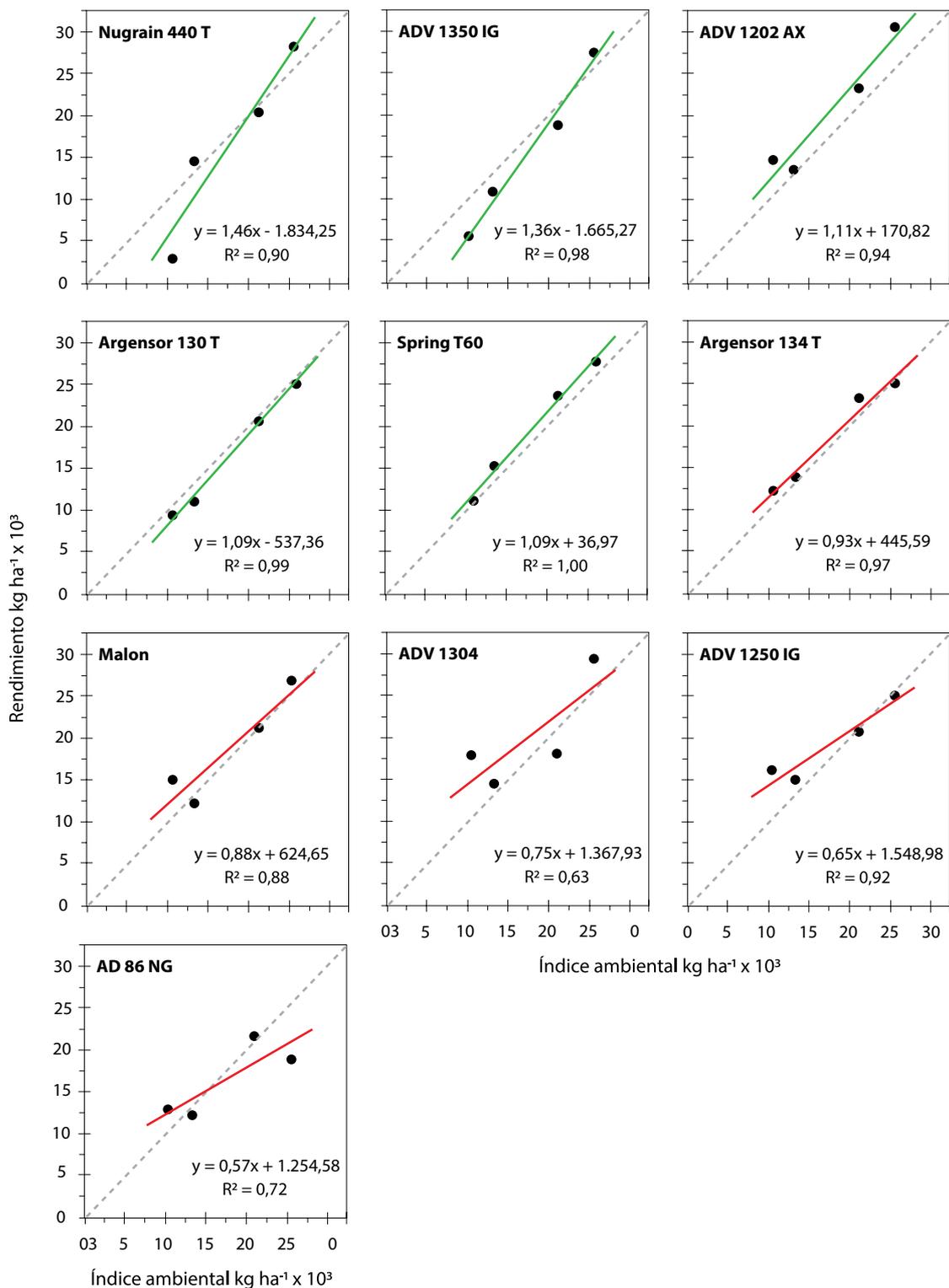
En esta campaña el modelo lineal utilizado para el análisis de la varianza explicó el 93% de la variabilidad total observada en rendimiento de los materiales graníferos. De este 93% de variabilidad explicada, el genotipo fue responsable por 7.2%, el ambiente por 72.6% y la interacción GxA fue responsable por 12.6%. El alto porcentaje de variabilidad explicada por el ambiente enfatiza la gran importancia que tienen los factores que se expresan conjuntamente como efecto ambiente, como son la cantidad de agua acumulada en el perfil del suelo antes de la siembra, siembra directa,

la cantidad de precipitación en el ciclo, la fecha de siembra, el manejo del cultivo, el suelo mismo, etc. Sin embargo, también la interacción GxA explicó parte considerable de la variación y fue significativa estadísticamente ( $p < 0.0001$ ). Por lo tanto, es interesante profundizar el análisis de la interacción GxA para la eventual determinación de variedades adaptadas a ciertos ambientes. Considerando lo anterior, se presenta a continuación el índice linealmente ajustado que permite cierta interpretación de esta interacción GxA.

##### 3.4.1.1. Índice lineal ajustado para Sorgos Graníferos

El análisis del índice ambiental es un método de regresión que explora la interacción entre el genotipo y el ambiente (GxA) en el que fue colocado comparando el comportamiento de la variedad en los distintos ambientes. Dos tipos de comportamiento pueden presentarse en este análisis: estable o adaptable. Un híbrido es estable cuando no cambia su comportamiento respecto al promedio de los híbridos de la localidad, en los distintos ambientes. Mientras que adaptable se entiende cuando un híbrido mejora su comportamiento cuando las condiciones cambian, diferenciándolos en híbridos adaptables a ambientes de baja o alta productividad. El índice ambiental linealmente ajustado considera la línea de tendencia obtenida por regresión lineal entre los rendimientos promedios de todos los híbridos por localidad evaluado y los rendimientos promedios del híbrido evaluado en los diferentes ambientes (localidades). La pendiente en relación con la línea 1:1 indica el índice varietal con el cual se clasifican las variedades en estable cuando la pendiente de la ecuación que mejor se ajusta a los datos está entre 0,95 y 1,04, adaptable a ambientes de alta productividad cuando la pendiente es mayor a 1,04 o adaptable a ambientes de baja productividad cuando la pendiente es menor a

0,95. Estos resultados del análisis de Índice lineal ajustado se presentan en la Figura 17, donde los colores de la línea de mejor ajuste indican la tendencia de adaptabilidad de los materiales: verde para materiales adaptables a ambientes de alta productividad y rojo para materiales adaptables a ambientes de baja productividad. Híbridos estables en este análisis no se ha encontrado entre los graníferos.



**Figura 17.**

Líneas de mejor ajuste con pendiente igual al índice varietal para todos los híbridos de Sorgo graníferos evaluados en las cuatro localidades. Los colores de la línea de mejor ajuste indican la tendencia de adaptabilidad: verde para híbridos adaptables a ambientes de alta productividad y rojo para híbridos adaptables a ambientes de baja productividad.

### 3.4.1.2. Regresión por ambiente (SREG) tipo GGA para Sorgos Graníferos

Como se ha explicado el efecto del ambiente en el rendimiento es muy grande. Por lo tanto, para entender mejor el efecto de la interacción GxA y el efecto del genotipo (híbrido) mismo, es de interés aislar estos últimos y dejar fuera el efecto del ambiente. Para ello son utilizados los modelos de regresión por sitio ya que remueven el efecto ambiente y expresan la respuesta solo en función del genotipo (G) y la interacción genotipo por ambiente (GxA). Para visualizar estos efectos han sido propuestos los gráficos GGA biplots. En ellos la dimensionalidad de los datos es reducida a dos dimensiones (Componente 1 y 2). En general, el componente 1 (CP1) expresa las respuestas de los ambientes que menos se asocian con cambio de rango en cuanto a la interacción GxA, y el componente 2 (CP2) con los ambientes que más presentan este cambio de rango. Los ambientes son representados por vectores que salen del origen y su magnitud absoluta está relacionada con cuan bien está representada la localidad. Los híbridos (G) están representados por puntos, cuánto más alejado del origen dentro de un determinado macroambiente, mejor se adapta a este macroambiente y mayor ha sido su rendimiento. Los resultados del análisis de Regresión por Ambiente (SREG) tipo GGA de los híbridos graníferos de la zafra 2022/23 son presentados en la Figura 18.

Por la reducida cantidad de ambientes incluidos en esta zafra, se debe tener cautela al momento de sacar conclusiones, sin embargo, este análisis ayuda en la interpretación del comportamiento productivo de los materiales dentro de determinados ambientes (localidades). De esta forma podemos observar que para el macroambiente de Isla Po'í, los híbridos ADV 1304, ADV 1202 AX y ADV 1250 IG se destacan. El macroambiente Cambisol se ubica a considerable distancia (en la Figura) de la localidad Isla Po'í en el eje del CP 2. Esto nos indica que los materiales no se adaptan de igual forma a estos dos macroambientes, y se ha observado cambio de rango entre ellos. Esto es de esperar, por la gran diferencia en el tipo de suelo, siendo el suelo de Cambisol de textura franco-arcillosa, y la de Isla Po'í arenosa. En el macroambiente definido por las líneas intermitentes para Cambisol no se destaca ningún híbrido, sin embargo, sabemos de la Figura 13, que los híbridos ADV 1202 AX y ADV 1304 presentaron los mayores rendimientos en esta localidad. Ambos están ubicados en la cercanía de este macroambiente. Los macroambientes Colonia 4 y Neuland no son bien representados en este análisis, ya que ambos no presentaron diferencias significativas de rendimiento entre híbridos.

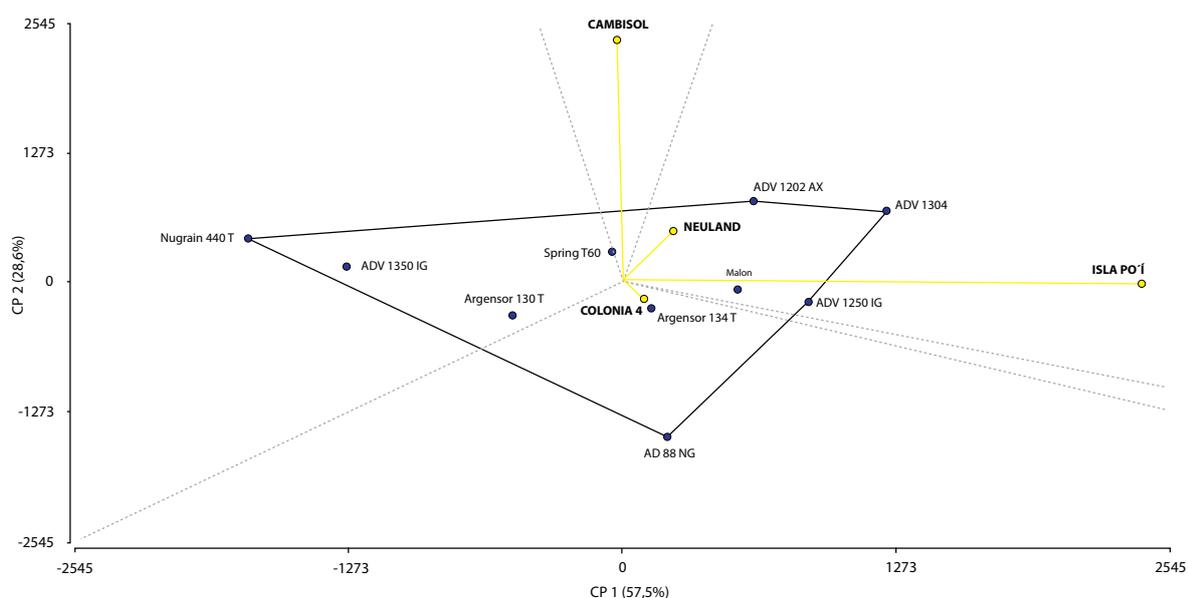


Figura 18.

*Biplot del tipo SREG GGxA para la identificación de los mejores genotipos de Sorgos graníferos en cada macroambiente. Los macroambientes son delimitados por líneas intermitentes. Las localidades son presentadas como vectores que salen del origen (centro del gráfico) con extremos amarillos. Los híbridos de sorgos graníferos como puntos azules.*

### 3.4.2. Interacción GxA en Sorgos Sileros

El modelo lineal utilizado para el análisis de la varianza de los rendimientos de planta entera expresados en kg de MS de los Sorgos sileros explicó el 90% de la variabilidad total observada. De este 90% de variabilidad explicada, el genotipo fue responsable por 7.3%, el ambiente por 66.4% y la interacción GxA fue responsable por 16%. El alto porcentaje de variabilidad explicada por el ambiente enfatiza la gran importancia que tienen los factores que se expresan conjuntamente como efecto ambiente, como son la cantidad de agua acumulada en el perfil del suelo antes de la

siembra, la cantidad de precipitación en el ciclo, la fecha de siembra, el manejo del cultivo, etc. Sin embargo, también la interacción GxA explicó considerable parte de la variación y fue significativa estadísticamente ( $p < 0.0001$ ). Por lo tanto, es interesante profundizar el análisis de la interacción GxA para la eventual determinación de variedades adaptadas a ciertos ambientes. Considerando lo anterior, se presenta a continuación el índice linealmente ajustado que permite cierta interpretación de esta interacción GxA.

#### 3.4.2.1. Índice lineal ajustado para Sorgos Sileros

El análisis del índice ambiental es un método de regresión que explora la interacción entre el genotipo y el ambiente (GxA) en el que fue colocado comparando el comportamiento de la variedad en los distintos ambientes. Dos tipos de comportamiento pueden presentarse en este análisis: estable o adaptable. Un híbrido es estable cuando no cambia su comportamiento respecto al promedio de los híbridos de la localidad, en los distintos ambientes. Mientras que adaptable se entiende cuando un híbrido mejora su comportamiento cuando las condiciones cambian, diferenciándolos en híbridos adaptables a ambientes de baja o alta productividad. El índice ambiental linealmente ajustado considera la línea de tendencia obtenida por regresión lineal entre los rendimientos promedios de todos los híbridos por localidad evaluado y los rendimientos promedios del híbrido evaluado en los diferentes ambientes (localidades). La pendiente en relación con la línea 1:1 indica el índice varietal con el cual se clasifican las variedades en estable cuando la pendiente de la ecuación que mejor se ajus-

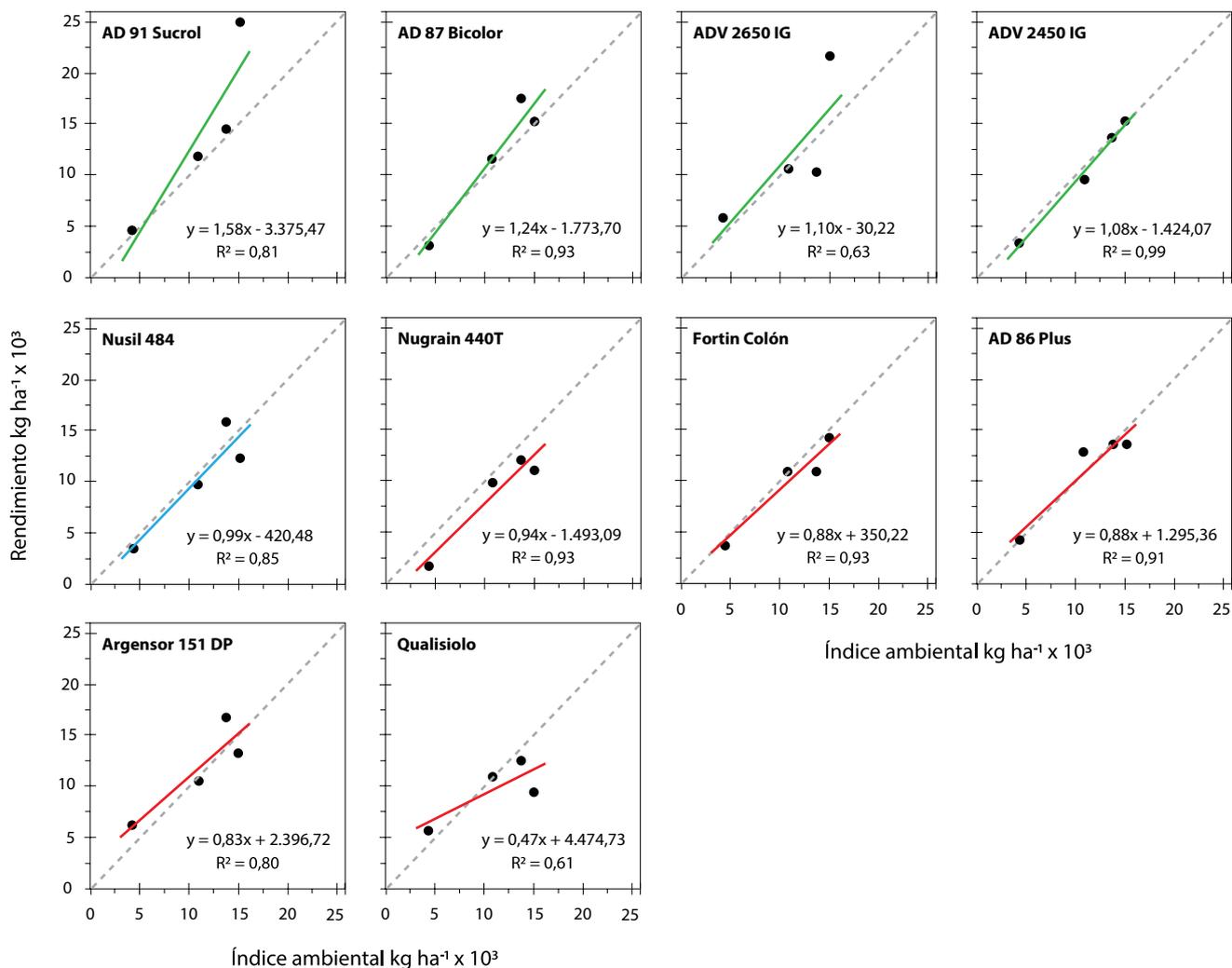
ta a los datos está entre 0,95 y 1,04, adaptable a ambientes de alta productividad cuando la pendiente es mayor a 1,04 o adaptable a ambientes de baja productividad cuando la pendiente es menor a 0,95. Los resultados del Análisis del Índice Ambiental se presentan en la Figura 19, los colores de la línea de mejor ajuste indican la tendencia de adaptabilidad de los materiales: verde para materiales adaptables a ambientes de alta productividad, azul para materiales estables y rojo para materiales adaptables a ambientes de baja productividad.



SORGO  
**MALON  
ARGENSOR 151 DP  
ARGENSOR 110 T**

 **Argenetics**  
semillas





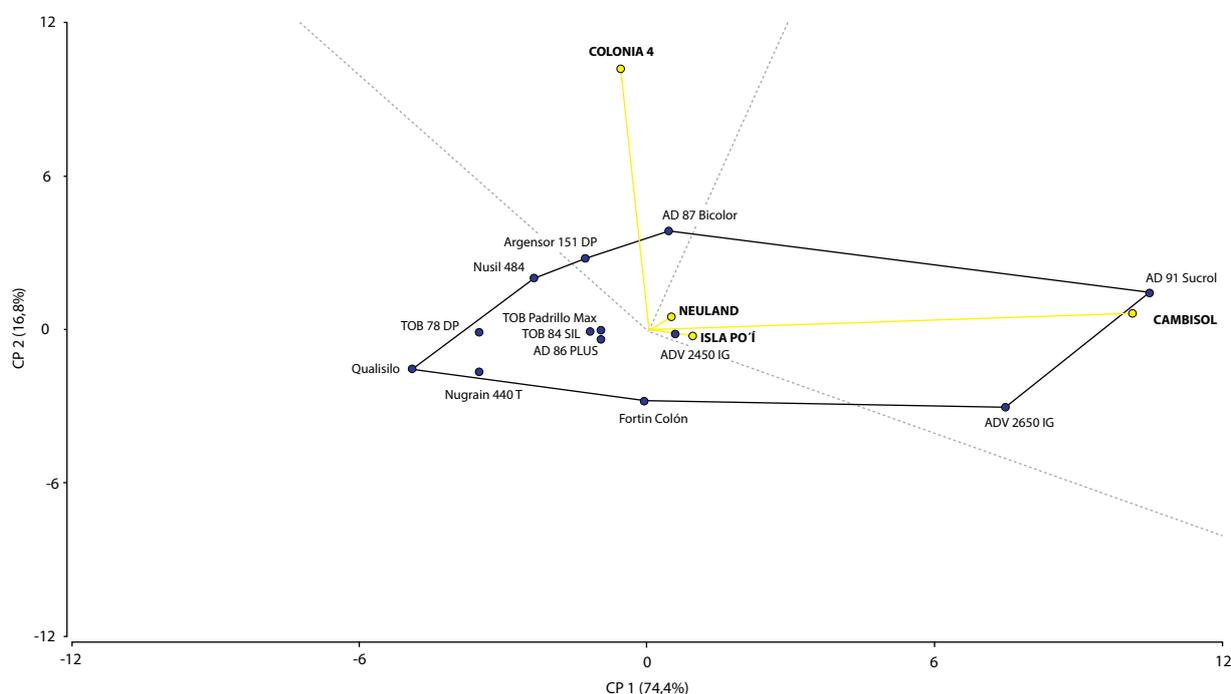
**Figura 19.**

Líneas de mejor ajuste con pendiente igual al índice varietal para todos los híbridos de Sorgo silero evaluados en las cuatro localidades. Los colores de la línea de mejor ajuste indican la tendencia de adaptabilidad: verde para híbridos adaptables a ambientes de alta productividad, azul para híbridos estables y rojo para híbridos adaptables a ambientes de baja productividad.

### 3.4.2.2. SREG tipo GGA para Sorgos Sileros

Como se ha explicado el efecto del ambiente en el rendimiento es muy grande. Por lo tanto, para entender mejor el efecto de la interacción GxA y el efecto del genotipo (híbrido) mismo, es de interés aislar estos últimos y dejar fuera el efecto del ambiente. Esto podemos hacer con los modelos de regresión por sitio ya que remueven el efecto ambiente y expresan la respuesta solo en función del genotipo (G) y la interacción genotipo por ambiente (GxA). Para visualizar estos efectos han sido propuestos los gráficos GGA biplots. En ellos la dimensionalidad de los datos es reducida a dos dimensiones (Componente 1 y 2). En general, el componente 1 (CP1) expresa las respuestas de los ambientes que menos se asocian con cambio de rango en cuanto a la interacción GxA, y el componente 2 (CP2) con los ambientes que más presentan este cambio de rango. Los ambientes son representados por vectores que salen del origen y su magnitud absoluta está relacionada con cuan bien está representada la localidad. Los híbridos (G) están representados por puntos, cuánto más alejado del origen dentro de un de-

terminado macroambiente mejor se adapta a este macroambiente y mayor ha sido su rendimiento. Los resultados del análisis de Regresión por Ambiente (SREG) tipo GGA aplicados a los híbridos sileros de la zafra 2022/23 son presentados en la Figura 20. Por la reducida cantidad de ambientes incluidos en esta zafra, se debe tener cautela al momento de sacar conclusiones, pero de hecho este análisis ayuda en la interpretación del comportamiento productivo de los materiales dentro de determinados ambientes (localidades). Se determinó dos macroambientes, el primero para la localidad Colonia 4, y el segundo incluyendo Cambisol, Neuland e Isla Po'í. Estos últimos dos no están bien representados en este análisis por no presentar diferencias significativas en el caso de Neuland y por presentar rendimientos muy bajos en general para la localidad Isla Po'í. En el macroambiente de Colonia 4 se destacan los híbridos AD 87 Bicolor y Argensor 151 DP mientras, en el macroambiente de Cambisol se destacaron AD 91 Sucrol y ADV 2650 IG.



**Figura 20.**

*Biplot del tipo SREG GGxA para la identificación de los mejores genotipos de Sorgos sileros en cada macroambiente. Los macroambientes son delimitados por líneas intermitentes. Las localidades son presentadas como vectores que salen del origen (centro del gráfico) con extremos amarillos. Los híbridos de sorgos sileros como puntos azules.*

## 4. CONCLUSIÓN

Mediante diferentes análisis de exploración de la interacción GxA se evaluó la adaptabilidad de los materiales a los ambientes.

La mayor parte de la variabilidad en el rendimiento fue explicada por el ambiente, tanto para los materiales graníferos (72.6%) como sileros (66.4%). Para los graníferos el factor híbrido (genotipo) explicó 7.2% y la interacción GxA 12.6%. Para los sileros el genotipo explicó 7.3% y la interacción GxA 16%.

En la Tabla 6 y 7 se presentan los materiales graníferos y sileros, respectivamente, que se destacaron por su RR mayor a 105.

**Tabla 6.**

*Híbridos graníferos con rendimiento relativo promedio superior a 104%, su coeficiente de variación entre localidades y el rendimiento medio de todos los ambientes evaluados.*

Híbrido	Rendimiento relativo promedio	CV rendimiento relativo (%)	Rendimiento promedio (kg ha <sup>-1</sup> )
ADV 1304	120,2	29,5	4.007
ADV 1202 AX	117,7	13,8	4.098
ADV 1250 IG	114,7	21,9	3.822
Spring T60	109,9	3,0	3.875
Malon	108,8	20,3	3.726
Argensor 134 T	107,3	7,1	3.728

**Tabla 7.**

*Híbridos sileros con rendimiento relativo promedio superior a 104%, su coeficiente de variación entre localidades y el rendimiento medio de todos los ambientes evaluados.*

Híbrido	Rendimiento relativo promedio	CV rendimiento relativo (%)	Rendimiento promedio (kg ha <sup>-1</sup> )
AD 91 Sucrol	121,7	24,0	13.980
ADV 2650 IG	113,2	28,6	12.118
Argensor 151 DP	111,6	22,3	11.583

## DÍAS DE CAMPO EN EL MARCO DE LA REEI

### Presentación de variedades de SORGO / 21.abril 2023



### Presentación de variedades de SOJA / 5.mayo 2023



### Presentación de híbridos de MAÍZ / 9.junio 2023



EXPO  
PIONEROS



DEL  
CHACO  
2024

5 ediciones  
haciendo  
el Chaco

22 al 25  
de mayo



# Participá

Nos estamos preparando para una nueva edición de Expo Pioneros 2024, con muchas novedades para seguir potenciando el Gran Chaco Sudamericano.

- agricultura
- ganadería
- capacitación
- maquinarias
- tecnología

Coordinador General Expo Pioneros:

**LUIS BONETTO**

+ 549 351 6534207

coordinador@expopioneros.com

Comercial:

**GUILLERMO BONETTO**

Arg. +549 351 6767351

Par. +595 985 351000

comercial@expopioneros.com

ORGANIZAN

PIONEROS  
DEL CHACO S.A.

FUNDACIÓN  
IDEAGRO

PATROCINAN



 [www.expopioneros.com](http://www.expopioneros.com)

  [expopioneros](https://www.instagram.com/expopioneros)



## INFORME DE RESULTADOS RED DE ENSAYOS DE EVALUACIÓN IDEAGRO (REEI) Campaña 2022/23 de Soja, Maíz y Sorgo



Participan:



[www.ideagro.org.py](http://www.ideagro.org.py)