

Informe de Resultados Red Multiambiental de Evaluación de Híbridos de Sorgo

Comisión de Agricultura CREA - Región Norte de Santa Fe

Campaña 2020/21

Comisión Agricultura



NORTE DE
SANTA FE



UNL. FACULTAD DE
CIENCIAS AGRARIAS



Índice

1. Introducción	1
2. Objetivos	2
3. Metodología	2
3.1. Sitios experimentales	2
3.2. Genotipos	3
3.3. Análisis estadístico	3
3.3.1. Variabilidad y ajuste por testigos	4
3.3.2. Estadísticas descriptivas	4
3.3.3. Diferencias de rendimiento	4
3.3.4. Análisis interacción genotipo x ambiente	5
3.3.5. Software	5
4. Resultados	5
4.1. Estadísticas descriptivas	5
4.2. Diferencias entre variedades	8
4.2.1. Modelo global	8
4.3. Interacción GA	9
4.4. Evaluación pulgones	11
5. Consideraciones finales	12
6. Agradecimientos	12
7. Bibliografía	12
8. Anexo	13
Rendimiento seco medio (sin ajustar) y coeficiente de variación por genotipo y localidad	13
Rendimientos ajustados modelo global	14
Humedad de cosecha	15

1. Introducción

El sorgo (*Sorghum bicolor*) es el quinto cereal en importancia a nivel mundial. Sus características agronómicas, e.g. mayor eficiencia de uso de agua, permiten incluirlo en rotaciones sustituyendo al maíz en ambientes edáficos más limitantes para la producción de forraje o grano.

El rendimiento de un cultivo (fenotipo) es función del resultado acumulativo de un número de factores que inciden en la interacción entre la expresión del material genético la variedad o variedad (genotipo) y las condiciones en las cuales la planta crece (ambiente). Los ambientes difieren en la cantidad y calidad de recursos que están disponibles para las plantas (agua, nutrientes y radiación), y las plantas capturan y convierten dichos recursos en biomasa y órganos de interés comercial, según su carga genética, que a su vez es modulada por el ambiente (Yan y Kang, 2002).

Según el objetivo de mejoramiento, los genotipos pueden ser seleccionados para mejorar su adaptación a un amplio rango de condiciones ambientales o bien para condiciones más específicas. En este último caso, la adaptación sitio-específica de los genotipos se relaciona con el fenómeno denominado *interacción genotipo-ambiente (GA)*, el cual se observa cuando la performance relativa de los fenotipos depende del ambiente en el que crecen (Malosetti et al., 2013).

La interacción **GA** reduce la asociación entre los valores fenotípicos y genotípicos, lo cual puede ocasionar que los genotipos seleccionados por su performance en un ambiente tengan un mal desempeño en otro. Es por ello que en presencia de fuerte interacción **GA**, gran parte del éxito productivo del cultivo de sorgo es el resultado de la elección de los materiales más aptos para cada ambiente.

2. Objetivos

- Resumir los datos de rendimiento de los genotipos de sorgo evaluados en la Red CREA RNSF de Ensayos Multiambientales durante la campaña 2020/21.
- Analizar estadísticamente los resultados comparando los rendimientos de los genotipos globalmente en toda la red.
- Comparar los rendimientos promedio de los genotipos y su estabilidad a través de las localidades de la Red.
- Explorar y describir los patrones de la interacción **GA**.

3. Metodología

3.1. Sitios experimentales

Durante la campaña 2020/21 se llevaron adelante ensayos comparativos de rendimiento de genotipos de sorgo en 3 localidades del Norte de la Provincia de Santa Fe. Los sitios seleccionados para los ensayos en cada localidad corresponden a establecimientos productivos de miembros CREA de la Región Santa Fe Norte (Tabla 1). La distribución espacial de las localidades se muestra en la Figura 1.

Tabla 1: Localidades incluidas en la campaña 2020/21

ID	Localidad	CREA	Miembro
1	Arroyo Ceibal	Villa Ocampo	La Lonja SRL
2	Calchaqui	Cuña Boscosa	Laura Dalla Fontana
3	Curupaity	San Cristobal - La Lucila	Inversora Santa Esperanza S.A.

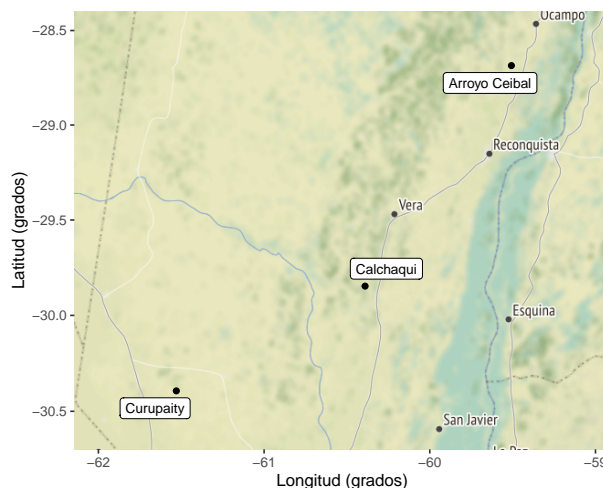


Figura 1: Distribución espacial de las localidades incluidas en la campaña 2020/21

En cada sitio se establecieron ensayos comparativos de rendimiento (ECR) utilizando un diseño experimental sin réplicas con controles sistemáticos (Kempton, 1997). Los materiales fueron sembrados con espaciamento entre surco (EES) de 52 cm en franjas de 4.16 m de ancho por 150 a 190 m de longitud. Las fechas de siembra, densidad, fertilización y fecha de cosecha de cada ensayo se detallan en la Tabla 2.

En la localidad de Calchaquí se refertilizó aplicando una dosis de 100 L/ha (132 kg/ha) UAN.

Tabla 2: Características generales de los ensayos por localidad

ID	Localidad	Siembra	Densidad	Fertilizante (kg/ha)	Refertilización (kg/ha)	Cosecha
1	Arroyo Ceibal	08/10/2020	11	DAP (170)		01/03/2021
2	Calchaqui	31/10/2020	11	MAP (80)	UAN (132)	29/05/2021
3	Curupaity	07/12/2020	11		UAN (132)	28/04/2021

3.2. Genotipos

Los tratamientos evaluados fueron 21 genotipos los cuales se presentan en la Tabla 3 junto al número de localidades en las que fueron evaluados.

Tabla 3: Genotipos evaluados y localidades en las que fueron incluidos

Semillero	Genotipo	Ciclo	Destino	Localidades
A.C.A.	ACA 563	IL	G	1, 2, 3
Advanta	ADV 1250 IG	IC	G	1, 2, 3
Advanta	ADV 1350 IG	IL	G	1, 2, 3
Argenetics	MALON	IC	G	1, 2, 3
Don Atilio	LIDER 140	IL	G	1, 2, 3
Druetto	DP 31-01	IL	DP	1, 2, 3
Druetto	EXP. DS60	C	G	2, 3
Fanseeds	FAN 172 AT	IC	G	1, 2, 3
Fanseeds	FAN 274	IL	DP	1, 2, 3
Genesis Seed	GEN 21T	IC	G	1, 2, 3
Genesis Seed	GEN 311	IL	G	1, 2, 3
Genesis Seed	GEN 417	IL	DP	1, 2, 3
Nuseed	NUGRAIN 202T	UP	G	1, 2, 3
Nuseed	NUSS 441 IG	IL	G	1, 2, 3
Nuseed	SPRING T60	C	G	1, 2, 3
Nuseed	SUMMER II	IL	G	1, 2, 3
San Pedro	APACHE	IL	G	1, 2, 3
San Pedro	ATACAMA	IL	G	1, 2, 3
San Pedro	GUARANI	IL	G	1, 2, 3
Tobin	TOB 2802	IL	G	1, 2, 3
Tobin	TOB 62	IL	G	1, 2, 3

Ciclos:

IL (intermedio largo), IC (intermedio corto), C (corto), UP (ultra precoz)

Destino:

G (grano), DP (doble propósito)

A excepción de EXP. DS60, el resto de los genotipos fueron evaluados en todas las localidades. En cuanto a longitud de ciclo, la mayoría de los genotipos evaluados corresponden a ciclo intermedio-largo (IL) y destino grano.

Cabe mencionar que en el caso de NUGRAIN 202T, al tratarse de un material ultra precoz, su maduración anticipada resultó en un mayor daño por pájaros (entre el 60 y 70 % en todas las localidades) lo cual lo dejó en desventaja respecto al resto. Es por eso que no se lo debe descartar de entre los materiales dado que puede ser interesante para siembras tardías por su corto ciclo.

3.3. Análisis estadístico

Para este análisis se utilizaron los datos de todos los genotipos con presentes en al menos tres localidades, por lo que el material EXP. DS60 fue excluido.

3.3.1. Variabilidad y ajuste por testigos

La información proveniente de las franjas testigo repetidas se utilizó para evaluar la variación dentro de las localidades y la existencia de tendencia espacial de los rendimientos según su ubicación en el experimento. Este procedimiento asume que la variabilidad expresada por este material es un indicador de la respuesta del resto de los genotipos a la variación del ambiente dentro de la localidad.

Para esto último, en cada localidad se evaluaron modelos lineales de los rendimientos de los testigos en función del orden de la parcela:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i$$

donde: y_i representa la respuesta del testigo en la parcela i , X_i es el número de posición de la parcela en el experimento, y β_0 y β_1 coeficientes de regresión. Un coeficiente de regresión significativo indicaría la ocurrencia de un patrón de variabilidad que podría ser conveniente removerlo.

3.3.2. Estadísticas descriptivas

Se calcularon estadísticas de resumen y gráficos descriptivos por genotipo y localidad para la variable respuesta rendimiento seco, expresado en kg ha^{-1} con 15% de humedad. El promedio de cada genotipo en la red se calculó utilizando la siguiente expresión:

$$\bar{y}_i = \frac{\sum y_{ij}}{n_i}$$

donde: \bar{y}_i es el rendimiento medio del genotipo i , y_{ij} es el rendimiento del genotipo i en la localidad j y n_i es el número de localidades donde fue evaluado el genotipo i . En aquellos casos donde se contó con más de una franja por localidad, los datos fueron promediados dentro de cada localidad. Así mismo el coeficiente de variación (CV) de cada genotipo en la red se calculó mediante la siguiente expresión:

$$CV_{y_i} = \frac{s_{y_i}}{\bar{y}_i} \times 100$$

donde: \bar{y}_i es el rendimiento medio del genotipo i y s_{y_i} es el desvío estándar de los rendimientos del genotipo i a través de las localidades:

$$s_{y_i} = \sqrt{\frac{\sum (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{n_i - 1}}$$

Cabe mencionar que el tamaño de la muestra de ambientes es pequeño lo cual hace que los promedios y estimaciones de la variabilidad de los rendimientos a través de los ambientes sean limitadas.

3.3.3. Diferencias de rendimiento

3.3.3.1. Modelo global Para comparar y determinar las diferencias de respuesta de los materiales evaluados a nivel región se ajustó a los datos un modelo lineal mixto, i.e. con efectos fijos y aleatorios sobre el rendimiento medio global de la Red. Los genotipos fueron considerados efectos fijos, mientras que las localidades efectos aleatorios.

$$y_{ij}^* = \mu + \tau_i + l_j + e_{ij}$$

donde: y_{ij}^* representa la respuesta del genotipo i sembrado en la localidad j , corregido por efecto de la posición de la parcela en caso necesario; μ es la media general de los ensayos de la red, τ_i es efecto o diferencia del genotipo i respecto a la media general del ensayo, l_j el efecto de la localidad j , y e_{ij} el error experimental asociado al genotipo i sembrado en la localidad j . Se asume que l_j como e_{ij} son independientes y tienen distribución normal con media 0 y varianzas σ_l^2 y σ_e^2 .

Este modelo asume que los niveles de Localidad es una muestra aleatoria de las localidades de la Región Norte y permite realizar inferencia más amplia sobre la respuesta de los genotipos. Debido a que los testigos

(variedades replicadas) difieren entre localidades, la interacción Variedad:Localidad no fue estimada (Piepho et al., 2012).

Las diferencias de rendimiento entre variedades se determinaron mediante la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, considerando un nivel de significancia de 10%. Asimismo, se evaluaron comparaciones de los materiales contra el testigo o genotipo más usada en la zona ACA 563 mediante la prueba de Dunnet.

3.3.4. Análisis interacción genotipo x ambiente

Para explorar los patrones de interacción **GA** se utilizó el procedimiento de regresión sobre la media (Finlay y Wilkinson, 1963)

La heterogeneidad ambiental explorada por los genotipos considerados en la red se caracterizó mediante los rendimientos medios de cada Localidad. Esta covariable denominada **Índice Ambiental (IA)** fue utilizada para modelar la interacción **GA** a partir del siguiente modelo:

$$y_{ij} = \mu_i + \beta_i X_j + e_{ij}$$

donde: y_{ij} es el rendimiento del genotipo i en el ambiente o localidad j , μ_i es la ordenada al origen de cada genotipo, X_j el índice ambiental de la localidad j , y β_i la pendiente o sensibilidad del genotipo i a los cambios del IA .

Según este modelo, μ_i representa el comportamiento de los genotipos en el ambiente promedio y los coeficientes β_i la sensibilidad de los Genotipos a la calidad del ambiente caracterizada por el rendimiento medio de la localidad. Entonces, si la interacción **GA** es significativa representa la heterogeneidad de respuestas, i.e. β distintos para los genotipos. El valor de β indica la sensibilidad el genotipo a los cambios de calidad del ambiente. Si $\beta_i > 1$ indica que el genotipo i tiene una respuesta mayor al promedio (a mayor calidad ambiental, mayor rendimiento), en cambio si $\beta_i < 1$, entonces el genotipo responde menos.

3.3.5. Software

Los datos fueron procesados utilizando el software estadístico R versión 4.0 (R Core Team, 2020) y los paquetes `nlme` (Pinheiro et al., 2018), `emmeans` (Lenth, 2019), y `tidyverse` (Wickham, 2017)

4. Resultados

4.1. Estadísticas descriptivas

En la Tabla 4 se muestran los rendimientos promedio por localidad de los genotipos utilizados como *check* o control.

Tabla 4: Rendimiento seco medio y coeficiente de variación por localidad de los genotipos utilizados como *check*

Localidad	media	CV
Arroyo Ceibal	2969	15
Calchaqui	3094	37
Curupaity	5040	7

A excepción de la localidad Curupaity donde la variación observada en los controles repetidos fue baja, las localidades restantes mostraron variabilidad moderada a alta. Especialmente Calchaquí donde se detectó un gradiente de rendimientos consistente en dirección al orden de las parcelas. No obstante el ajuste de los rendimientos por este factor no resultó en una mejora de los resultados por lo que los rendimientos originales fueron analizados.

La Figura 2 muestra los rendimientos medios por localidad y el rendimiento medio de la campaña con línea continua. Se observa menor rendimiento promedio en la localidad Arroyo Ceibal y rendimientos mas altos que el promedio en Curupaity. En la localidad Calchaquí se observa una mayor dispersión. Los rendimientos de las parcelas control o *checks* estuvieron dentro del rango de rendimientos observados para los otros materiales.

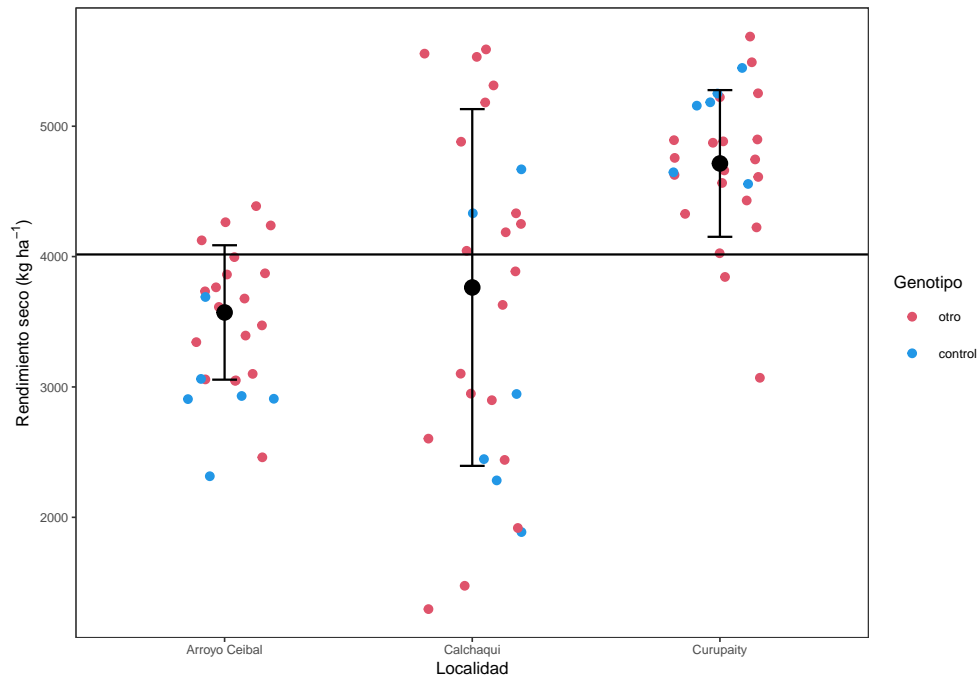


Figura 2: Rendimiento seco medio y desvío estándar por Localidad

En la Figura 3 se presentan los rendimientos medios y desviaciones estándar de los genotipos considerando la variabilidad entre localidades. En general todos los genotipos presentaron rendimientos medios entre 2000 y cerca de 5000 kg ha⁻¹. La amplitud de las barras representan las diferencias de variabilidad entre los materiales, siendo alta para GEN 21T y GUARANI.

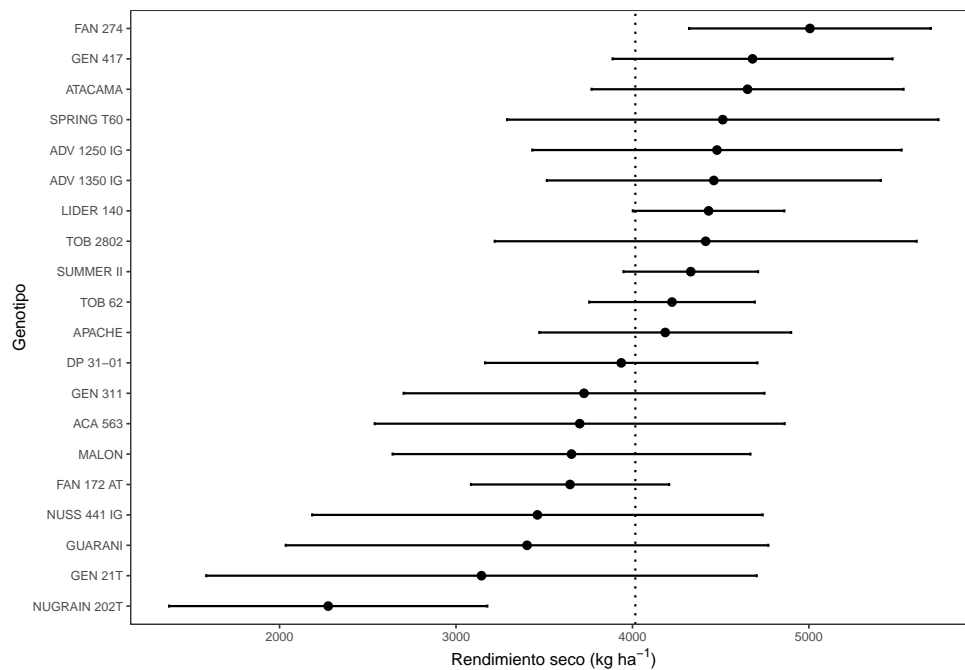


Figura 3: Rendimientos medios y desviación estándar de los genotipos

En la Tabla 5 se presentan los rendimientos y CV por Genotipo y Localidad. La variabilidad dentro de cada localidad, la cual indica la dispersión de los rendimientos entre los genotipos, fue moderada a alta entre 11.9 y 36.4%. Del mismo modo, el nivel de variabilidad de los genotipos a través de los ambientes mostro gran dispersión, aproximadamente el 50% de los genotipos tuvo CV entre 16 y 28%, principalmente por el efecto de la localidad Calchaqui.

Tabla 5: Rendimiento seco medio (ajustado) y coeficiente de variación por genotipo y localidad

	Arroyo Ceibal	Calchaqui	Curupaity	media	CV
FAN 274	4239	5556	5223	5006	14
GEN 417	4125	5589	4328	4681	17
ATACAMA	3764	5532	4661	4652	19
SPRING T60	3101	5183	5252	4512	27
ADV 1250 IG	3863	3887	5687	4479	23
ADV 1350 IG	4264	3629	5491	4461	21
LIDER 140	4388	4881	4026	4432	10
TOB 2802	3058	5313	4873	4415	27
SUMMER II	3996	4250	4745	4330	9
TOB 62	3871	4044	4757	4224	11
APACHE	3472	4186	4899	4186	17
DP 31-01	3047	4332	4430	3936	20
GEN 311	3344	2949	4884	3726	27
ACA 563	2969	3094	5040	3701	31
MALON	3734	2603	4627	3655	28
FAN 172 AT	3613	3102	4224	3646	15
NUSS 441 IG	3051	2441	4893	3461	37
GUARANI	3678	1919	4611	3403	40
GEN 21T	3394	1475	4564	3144	50
NUGRAIN 202T	2460	1296	3071	2276	40
media	3571	3763	4714	4016	24
CV	14	36	12	16	46

La Figura 4 presenta la relación entre los rendimientos medios y la estabilidad (indicada por el CV) de los genotipos a través de las localidades incluidas en la red durante la campaña 2020/21.

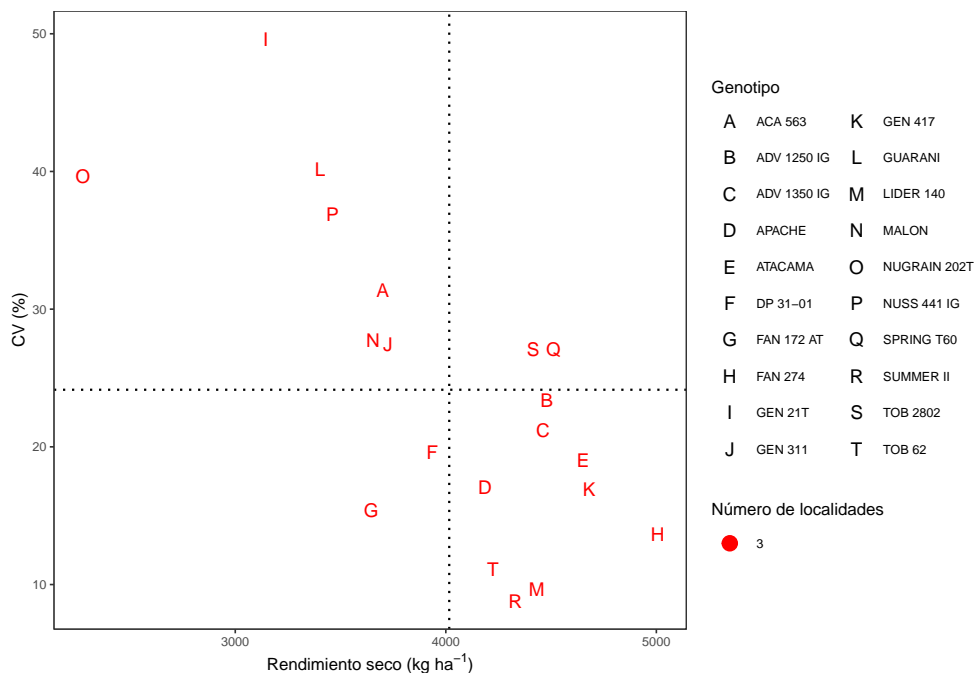


Figura 4: Rendimiento seco medio (en kg/ha) y CV (%) de los genotipos evaluados en la campaña 2020/21

Tomando el rendimiento y CV medios de la red (líneas punteadas), se observa que la mayoría de los genotipos mostraron una variabilidad menor al 25%. El material FAN 274 logró el mayor rendimiento promedio y uno de

los menores CV entre localidades. Un segundo grupo de materiales con rendimientos por encima del promedio se dividen según su CV alrededor de 10 % (LIDER 140, SUMMER II y TOB 62) y 20 % (ATACAMA, GEN 417, ADV 1250 IG, ADV 1350 IG). Los genotipos NUGRAIN 202T y GEN 21T presentaron alta variabilidad con rendimientos bajos, lo cual en parte se explica por su desempeño en la localidad Calchaquí.

4.2. Diferencias entre variedades

4.2.1. Modelo global

En la Tabla 6 se presentan los resultados del análisis de la varianza (ANOVA) del modelo mixto ajustado:

Tabla 6: Tabla de Análisis de la Varianza del modelo lineal mixto

	gl num	gl den	F	valor p
(Intercept)	1	38	121.72387	0.0000000
Genotipo	19	38	2.73264	0.0040962

Se detectaron diferencias de rendimiento estadísticamente significativas considerando la red en su conjunto y considerando la heterogeneidad de variabilidad entre localidades ($p = 0.0041$). En Tabla 7 se listan los valores medios ajustados, errores estándar e intervalos de confianza de los rendimientos medios de cada genotipo. La amplitud de los IC_{90} responde a que el espacio de inferencia es toda la región de donde proviene la muestra de las 3 localidades analizadas y la precisión alcanzada según el número de réplicas.

Tabla 7: Rendimientos intervalos de confianza 90 % ajustados por el modelo-mixto

Genotipo	Rend. medio	Error estándar	gl	LI IC90	LS IC90	grupo
FAN 274	4712	455	2	2754	6669	1
ADV 1350 IG	4692	455	2	2734	6650	1
ADV 1250 IG	4488	455	2	2530	6446	1
LIDER 140	4454	455	2	2496	6412	1
GEN 417	4397	455	2	2439	6355	1
SUMMER II	4346	455	2	2388	6304	1
TOB 62	4254	455	2	2296	6212	1
ATACAMA	4238	455	2	2281	6196	1
MALON	4045	455	2	2087	6003	12
APACHE	4030	455	2	2072	5987	12
GUARANI	3965	455	2	2007	5923	12
SPRING T60	3928	455	2	1970	5886	12
FAN 172 AT	3884	455	2	1926	5842	12
GEN 311	3869	455	2	1911	5827	12
TOB 2802	3805	455	2	1848	5763	12
GEN 21T	3735	455	2	1777	5693	12
ACA 563	3666	455	2	1708	5624	12
NUSS 441 IG	3645	455	2	1687	5603	12
DP 31-01	3625	455	2	1667	5583	12
NUGRAIN 202T	2694	455	2	736	4652	2

En el cuadro anterior representa el ranking de híbridos ordeandos por el rendimiento global para la zona de influencia de la Red. El rendimiento medio representa la mejor estimación del rendimiento de cada híbrido para la región en general a partir de la información obtenida en el presente ensayo. Este valor estimado se acompaña de los límites de un intervalo de confianza (LI IC90 y LS IC90) los cuales representan la región donde se encuentra el verdadero valor del rendimiento.

Considerando la red globalmente, el ranking de materiales muestra diferencias entre los primeros 8 materiales (FAN274, ADV 1350 IG, ADV 1250 IG, LIDER 140, GEN 417, SUMMER II, TOB 62, y ATACAMA) cuyo rendimiento promedio estimado fue entre 4200 y 4700 kg/ha, versus NUGRAIN 202T con rendimiento cerca de 2700

kg/ha.

Cuando se comparan los materiales contra el genotipo de referencia de la zona (ACA 563), no se detectaron diferencias significativas al 10 %, no obstante al 20 % los materiales FAN 274 y ADV 1250 IG se diferencian de ACA 563.

Cabe mencionar que debido al número limitado de localidades incluidas en la red se observa una falta de potencia o capacidad del test para detectar diferencias.

Tabla 8: Diferencia de rendimiento respecto al testigo ajustados por el modelo-mixto

Comparación	Diferencia	Error estándar	gl	Valor p
FAN 274 - ACA 563	1046	395	38	0.1343966
ADV 1350 IG - ACA 563	1026	395	38	0.1488156
ADV 1250 IG - ACA 563	822	395	38	0.3747169
LIDER 140 - ACA 563	788	395	38	0.4241771
GEN 417 - ACA 563	731	395	38	0.5139222
SUMMER II - ACA 563	681	395	38	0.5952670
TOB 62 - ACA 563	588	395	38	0.7391161
ATACAMA - ACA 563	573	395	38	0.7608986
MALON - ACA 563	379	395	38	0.9537548
APACHE - ACA 563	364	395	38	0.9617861
GUARANI - ACA 563	299	395	38	0.9850072
SPRING T60 - ACA 563	263	395	38	0.9921681
FAN 172 AT - ACA 563	218	395	38	0.9970205
GEN 311 - ACA 563	204	395	38	0.9979248
TOB 2802 - ACA 563	140	395	38	0.9997313
GEN 21T - ACA 563	70	395	38	0.9999945
NUSS 441 IG - ACA 563	-21	395	38	1.0000000
(DP 31-01) - ACA 563	-41	395	38	0.9999997
NUGRAIN 202T - ACA 563	-972	395	38	0.1955685

4.3. Interacción GA

Las diferencias de los rendimientos medios de cada localidad resumen la heterogeneidad de condiciones ambientales a las cuales fueron sometidos los genotipos evaluados. Utilizando esta información se construye un índice ambiental (*IA*) que se utiliza para modelar la interacción genotipo x ambiente a partir de rendimientos de cada genotipo y ambiente. En la siguiente tabla se presenta la tabla de ANOVA del modelo.

Tabla 9: Tabla de ANOVA del modelo de regresión para la interacción GxA

	gl	SC	CM	F	Valor p
Genotipo	20	991578679	49578933.9	60.3208	0.0000
Genotipo:IA	20	21428501	1071425.0	1.3036	0.2794
Residuals	20	16438422	821921.1		

Según este análisis, no se detecta interacción significativa entre los materiales evaluados y el índice ambiental ($p = 0.27$). Esto implica que los datos no fueron suficientes para detectar diferencias en la *sensibilidad*, es decir la relación entre el *IA* y los rendimientos. En la Figura 5 se presentan las gráficas correspondientes a las normas de reacción a los cambios del *IA* en relación a la respuesta promedio (recta 1:1).

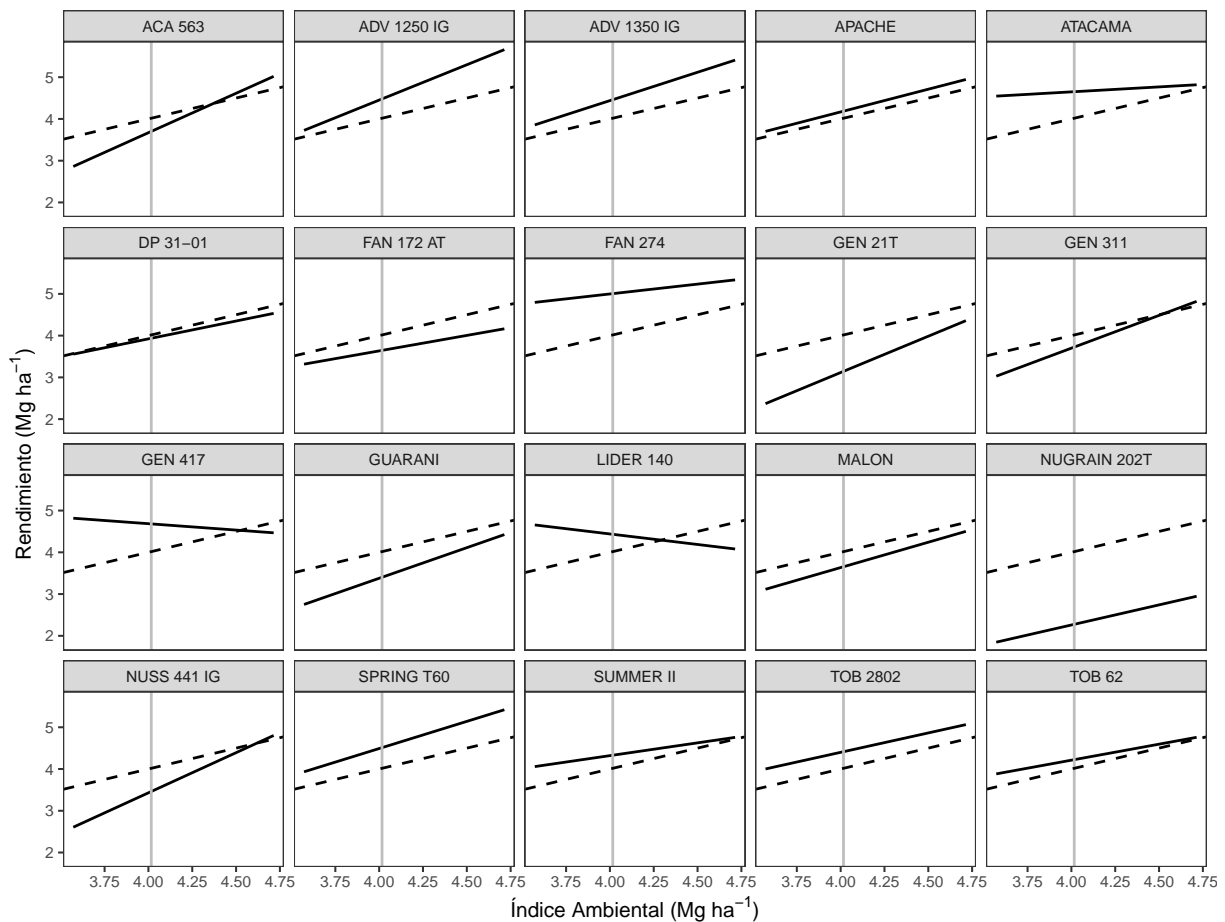


Figura 5: Respuesta diferencial de cada Genotipo a los cambios del IA

Las pendientes (β) de las rectas (línea sólida) representan la sensibilidad de los genotipos a la calidad del ambiente caracterizada por el rendimiento medio de la localidad. La sensibilidad promedio (línea punteada) representa la respuesta general de todos los genotipos. Para un genotipo cualquiera, si el valor de la pendiente es $\beta_i > 1$, el genotipo en cuestión tiene mayor sensibilidad a los cambios de calidad del ambiente (a mayor calidad ambiental, mayor rendimiento, y vice versa). En cambio si $\beta_i < 1$, entonces el genotipo es menos sensible y tendría mejores respuestas en ambientes malos y respuestas inferiores al promedio en ambientes buenos. Las diferencias entre las pendientes de los distintos genotipos representa la interacción **GA**.

Las normas de reacción observadas mostraron variación entre los materiales, por ejemplo ATACAMA, LIDER 140 y GEN 417 presentaron rectas horizontales (pendiente nula o incluso negativa a incrementos en el potencial del ambiente. En cambio ADV 1250 IG, ACA 563 y NUSS 441 IG mostraron pendientes mayores a la unidad. No obstante, la cantidad de localidades incluidas en el experimento no fue suficiente para detectar diferencias significativas en estas pendientes.

Otra forma de visualizar la estabilidad es en relación al rendimiento de cada materia. En este gráfico se observa la distribución de los genotipos en función de esos atributos. En este caso el cuadrante superior derecho muestra los genotipos con mayores rendimientos promedio y sensibilidad superior. En cambio el cuadrante inferior derecho muestra aquellos genotipos que tuvieron en promedio un rendimiento sin variación sustancial de acuerdo a la calidad del ambiente.

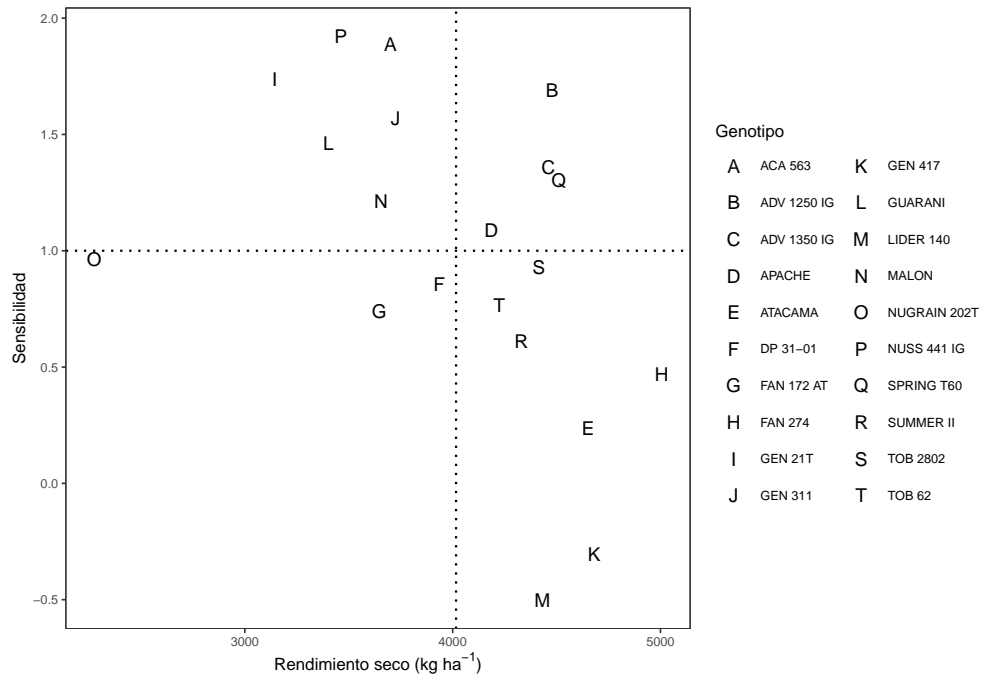


Figura 6: Relacion entre el rendimiento medio y sensibilidad de los genotipos evaluados en la campaña 2020/21

4.4. Evaluación pulgones

En la localidad Arroyo Ceibal se realizó una evaluación de pulgones. Se tomaron 3 plantas de los surcos centrales de cada parcela y se evaluo la presencia/ausencia de la plaga en estudio. A su vez, se dividió cada planta en tercio inferior, tercio medio y tercio superior para ver la presencia y abundancia en cada estrato. Cabe aclarar que en el estrato inferior no se evaluo debido a la avanzada senescencia que presentaban las hojas.

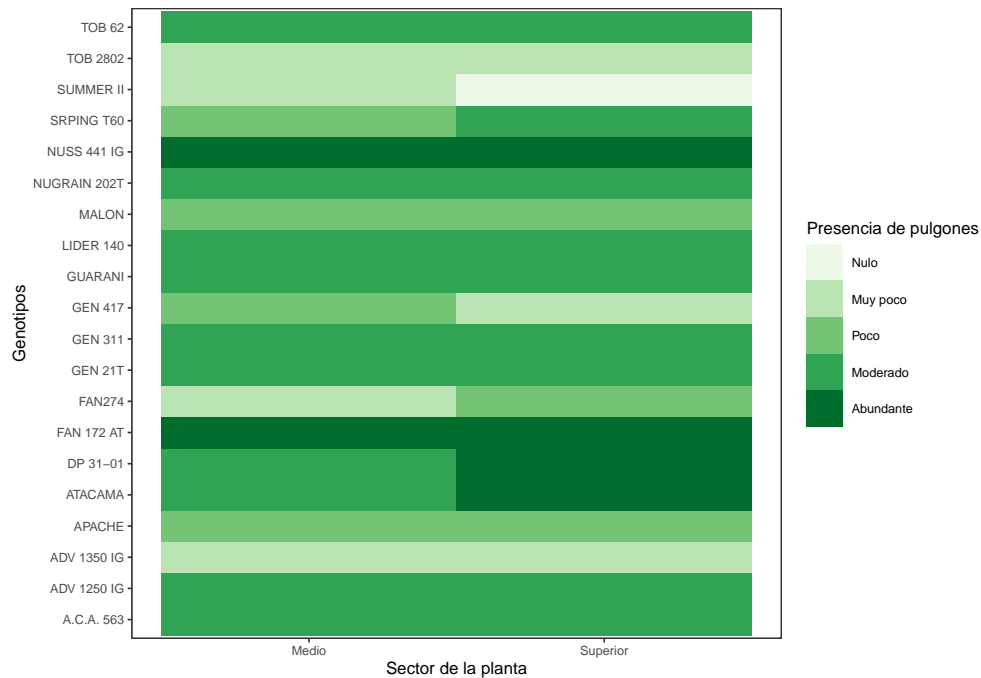


Figura 7: Evaluación de pulgones en localidad Arroyo Ceibal

En la mayoría de los casos la distribución de los pulgones fue homogénea en ambos sectores de la planta. Los materiales TOB 2802, ADV 1350 IG y SUMMER II registraron los menores valores de ataque mientras que

NUSS 441 IG y FAN 172 IG tuvieron presencia abundante de puglones en toda la planta.

5. Consideraciones finales

En general se observó un rango considerable de variabilidad de los genotipos a través de las distintas localidades evaluadas, con la mayoría de los CV debajo de 30 % y algunos cercanos a 10-15 %.

Se detectaron diferencias entre materiales a nivel global, con diferencias de rendimiento de ~ 1500 kg o más entre los primeros y el material ultra precoz, el cual por su anticipada madurez sufrió mayor daño por aves. Al compararse con el control ACA 563 solo los materiales FAN 274 y ADV 1250 IG se diferenciaron del mismo con diferencias de ~ 1000 kg.

El estudio de la interacción **GA** mediante el método de regresión no permitió detectar heterogeneidad de respuestas de los genotipos, no obstante se observaron algunos patrones de reacción contrastantes con genotipos de baja sensibilidad y alto rendimiento promedio (FAN 274) y situaciones inversas (NUSS 441 IG).

6. Agradecimientos

- A las empresas semilleras: A.C.A, Advanta, Argenetics, Don Atilio, Semillero del Norte, FanSeeds, Genesis Seed, Nuseed, San Pedro, y Tobin por haber confiado un año más en nuestra zona y en la utilidad de los Ensayos Comparativos de Rendimiento.
- A las Empresas CREA de la Región Norte de Santa Fe que año tras año realizan el esfuerzo de siembra conducción y cosecha de estas macro parcelas en sus establecimientos, dedicando personal tiempo y recursos para tal fin.

7. Bibliografía

- Finlay, K. W., and Wilkinson, G.N. (1963). The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.* 14, 742–754.
- Gauch, H. G. Statistical Analysis of Yield Trials by AMMI and GGE. *Crop Science* 2006, 46, 1488, doi: 10.2135/cropsci2005.07-0193.
- Kempton, R.A. (Ed) (1997). *Statistical methods for plant variety evaluation*. Plant breeding series. Chapman & Hall, London. pp. 191.
- Malosetti, Marcos, Jean-Marcel Ribaut, and Fred A. van Eeuwijk. 2013. "The Statistical Analysis of Multi-Environment Data: Modeling Genotype-by-Environment Interaction and Its Genetic Basis." *Frontiers in Physiology* 4 (March). doi:10.3389/fphys.2013.00044.
- Piepho, H.P., C. Richter, J. Spilke, K. Hartung, A. Kunick, and H. Thöle. 2011. Statistical aspects of on-farm experimentation. *Crop and Pasture Science* 62(9): 721.
- Pinheiro J, Bates D, DebRoy S, Sarkar D, R Core Team (2018). *nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models*. R package version 3.1-137, URL: <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>.
- R Core Team (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Russell Lenth (2019). *emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means*. R package version 1.3.3. <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>
- Wickham, H. (2017). *tidyverse: Easily Install and Load the 'Tidyverse'*. R package version 1.2.1. <https://CRAN.R-project.org/package=tidyverse>
- Yan, W.; Kang, M. S. (2002). *GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists*. 1st edition. CRC Press. pp. 288.

8. Anexo

Rendimiento seco medio (sin ajustar) y coeficiente de variación por genotipo y localidad

	Arroyo Ceibal	Calchaqui	Curupaity	media	CV
FAN 274	4239	5556	5223	5006	14
GEN 417	4125	5589	4328	4681	17
ATACAMA	3764	5532	4661	4652	19
SPRING T60	3101	5183	5252	4512	27
ADV 1250 IG	3863	3887	5687	4479	23
ADV 1350 IG	4264	3629	5491	4461	21
LIDER 140	4388	4881	4026	4432	10
TOB 2802	3058	5313	4873	4415	27
SUMMER II	3996	4250	4745	4330	9
TOB 62	3871	4044	4757	4224	11
APACHE	3472	4186	4899	4186	17
DP 31-01	3047	4332	4430	3936	20
GEN 311	3344	2949	4884	3726	27
ACA 563	2969	3094	5040	3701	31
MALON	3734	2603	4627	3655	28
FAN 172 AT	3613	3102	4224	3646	15
NUSS 441 IG	3051	2441	4893	3461	37
GUARANI	3678	1919	4611	3403	40
EXP. DS60		2898	3844	3371	20
GEN 21T	3394	1475	4564	3144	50
NUGRAIN 202T	2460	1296	3071	2276	40
media	3571	3722	4673	3986	24
CV	14	36	12	16	46

Rendimientos ajustados modelo global

Tabla 10: Rendimientos intervalos de confianza 90 % ajustados por el modelo-mixto

Genotipo	Rend. medio	Error estándar	gl	LI IC90	LS IC90	grupo
FAN 274	4712	455	2	2754	6669	1
ADV 1350 IG	4692	455	2	2734	6650	1
ADV 1250 IG	4488	455	2	2530	6446	1
LIDER 140	4454	455	2	2496	6412	1
GEN 417	4397	455	2	2439	6355	1
SUMMER II	4346	455	2	2388	6304	1
TOB 62	4254	455	2	2296	6212	1
ATACAMA	4238	455	2	2281	6196	1
MALON	4045	455	2	2087	6003	12
APACHE	4030	455	2	2072	5987	12
GUARANI	3965	455	2	2007	5923	12
SPRING T60	3928	455	2	1970	5886	12
FAN 172 AT	3884	455	2	1926	5842	12
GEN 311	3869	455	2	1911	5827	12
TOB 2802	3805	455	2	1848	5763	12
GEN 21T	3735	455	2	1777	5693	12
ACA 563	3666	455	2	1708	5624	12
NUSS 441 IG	3645	455	2	1687	5603	12
DP 31-01	3625	455	2	1667	5583	12
NUGRAIN 202T	2694	455	2	736	4652	2

Humedad de cosecha

Localidad	Arroyo Ceibal	Calchaqui	Curupaity
Días a cosecha	144	210	142
Genotipos			
ACA 563	14	14	21
ADV 1250 IG	14	14	19
ADV 1350 IG	13	12	20
APACHE	14	15	18
ATACAMA	13	14	18
DP 31-01	15	15	19
EXP. DS60		15	19
FAN 172 AT	13	13	18
FAN 274	14	16	20
GEN 21T	12	13	19
GEN 311	14	13	17
GEN 417	13	15	19
GUARANI	15	15	21
LIDER 140	13	14	18
MALON	14	14	18
NUGRAIN 202T	13	16	16
NUSS 441 IG	15	14	18
SPRING T60	13	14	18
SUMMER II	13	13	16
TOB 2802	14	15	16
TOB 62	13	14	18