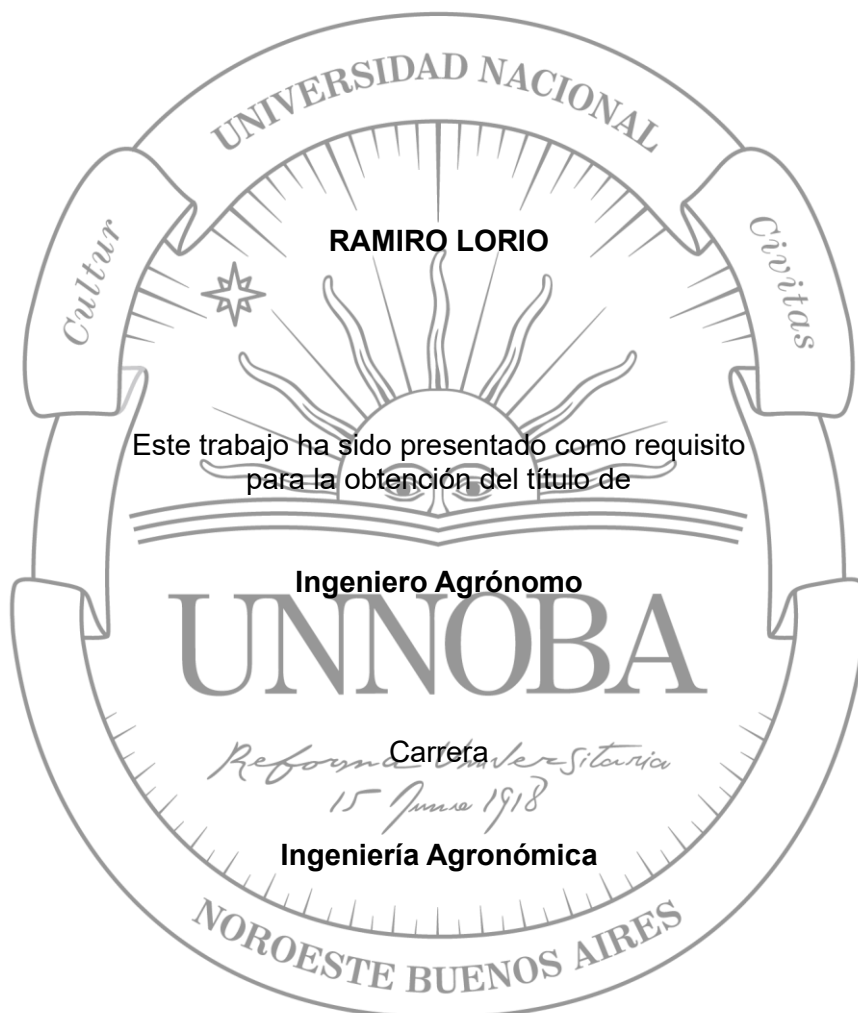


Potencial de rendimiento y estabilidad de híbridos experimentales de maíz en la región núcleo maicera de la República Argentina.

Trabajo Final de Grado
del alumno



**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

Junín, 31/03/2025

Potencial de rendimiento y estabilidad de híbridos experimentales de maíz en la región núcleo maicera de la República Argentina.

Trabajo Final de Grado

del alumno

RAMIRO LORIO

Aprobada por el Tribunal Evaluador

(Nombre y Apellido)
Evaluador/a



Ph.D Yanel Belich

(Nombre y Apellido)
Evaluador/a



M.Sc Roberto Daniel
Lorea

(Nombre y Apellido)
Evaluador/a

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires**

Junín, 31/03/2025

ÍNDICE

	Pág.
1 - INTRODUCCIÓN.....	6
1.1 - Datos generales del cultivo de maíz.....	6
1.2 - El impacto del mejoramiento en la producción de maíz.....	12
2 - HIPÓTESIS.....	16
3 - OBJETIVOS.....	17
4 - MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
4.1 - Híbridos Evaluados.....	18
4.2 - Zonas de ensayo.....	19
4.2.1 - Caracterización de los sitios de estudio.....	19
4.2.2 - Provincia de Buenos Aires-Bayauca.....	21
4.2.3 - Provincia de Córdoba-Alejo Ledesma.....	21
4.3.4 - Marcos Juárez.....	22
4.3.5 - Sampacho.....	23
4.3.6 - Laguna Larga.....	23
4.4 - Diseño experimental.....	25
4.5 - Manejo de los Lotes.....	25

4.6 – Mediciones.....	26
4.7 - Análisis estadístico.....	26
4.8 - Determinación de la estabilidad.....	27
4.8.1 - Método de Shukla.....	27
4.8.2 - Método AMMI.....	28
5 - RESULTADOS.....	31
5.1 - Análisis de Normalidad.....	31
5.2 - Identificación y eliminación de datos atípicos.....	31
5.3 - Análisis de la varianza (ANNOVA) para el rendimiento de híbridos de maíz.....	32
5.4 - Rendimiento.....	34
5.5 - Evaluación del comportamiento de híbridos de maíz por localidad.....	34
5.6 - Evaluación del comportamiento de híbridos de maíz en conjunto.....	35
5.7 - Interacción Genotipo x Ambiente.....	36
5.7.1 - AMMI.....	36
5.7.2 - Estabilidad.....	39
6 - DISCUSIÓN.....	41
7 - CONCLUSIONES.....	45

8 - BIBLIOGRAFIA.....	49
9 - ANEXO.....	51

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Datos generales del cultivo de maíz

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más antiguos y significativos, domesticado por civilizaciones nativas de México hace unos 10.000 años. Originalmente usado con fines medicinales, se convirtió en un alimento básico en las Américas. Durante el período colonial, fue esencial en la dieta del Virreinato del Río de la Plata. En Argentina, su cultivo se comercializó a fines del siglo XIX y hoy, junto con el trigo, es una de las cosechas más importantes del país.

Desde la campaña 1987/88 hasta 2018/19, el maíz se mantuvo en segundo lugar en términos de volumen de producción, siempre detrás de la soja. Sin embargo, en los últimos ciclos, ha recuperado su posición como la cosecha de mayor volumen en Argentina. En la campaña 2021/22, se cultivaron 7.9 millones de hectáreas, la mayor superficie registrada para este cereal, aunque las condiciones climáticas adversas, como sequías, limitan los rendimientos (Bolsa de Comercio de Rosario, 2022).

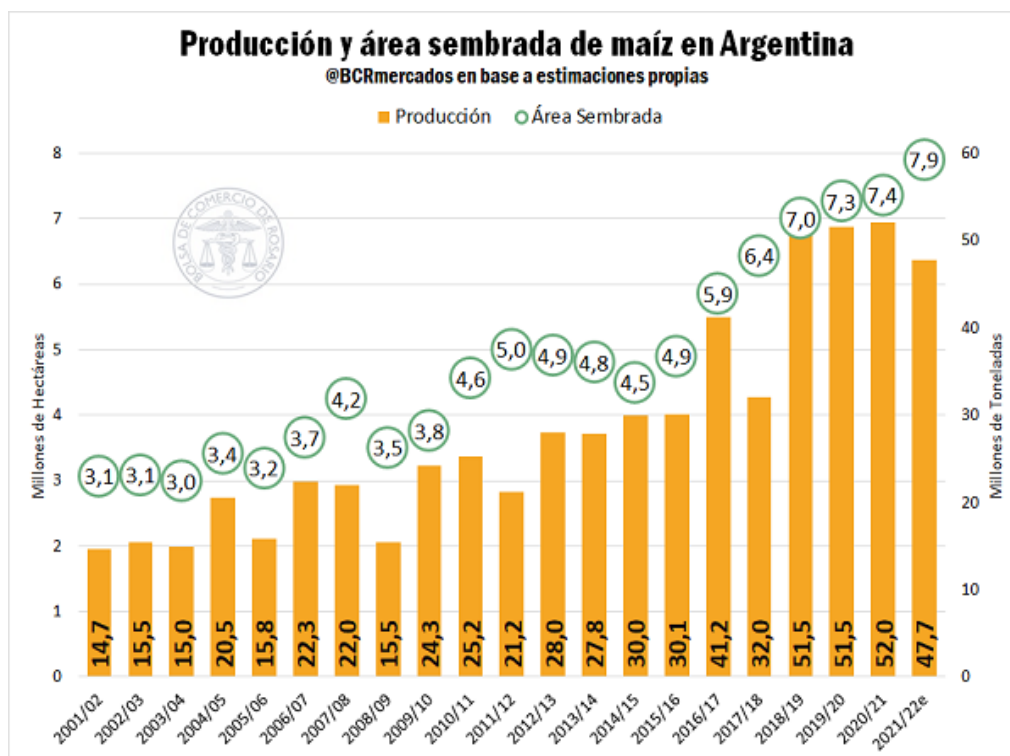


Figura 1: Aumento de la producción y el área sembrada de maíz en la argentina desde la campaña 2001/2002 hasta 2021/2022. Fuente: Bolsa de comercio de Rosario.

En el ciclo 2022/23, el maíz ocupa un lugar prominente en la producción agrícola argentina, con una superficie cultivada de 7.100.000 hectáreas y una producción total de 34 millones de toneladas, superando a la soja en términos de producción (Bolsa de Cereales, 2023). La región conocida como "Zona Núcleo Maicera" concentra alrededor del 80% de la producción de maíz, que abarca el norte de Buenos Aires, el sudeste de Córdoba y el sur de Santa Fe. También son relevantes las producciones en Santiago del Estero, Entre Ríos, La Pampa y Chaco.

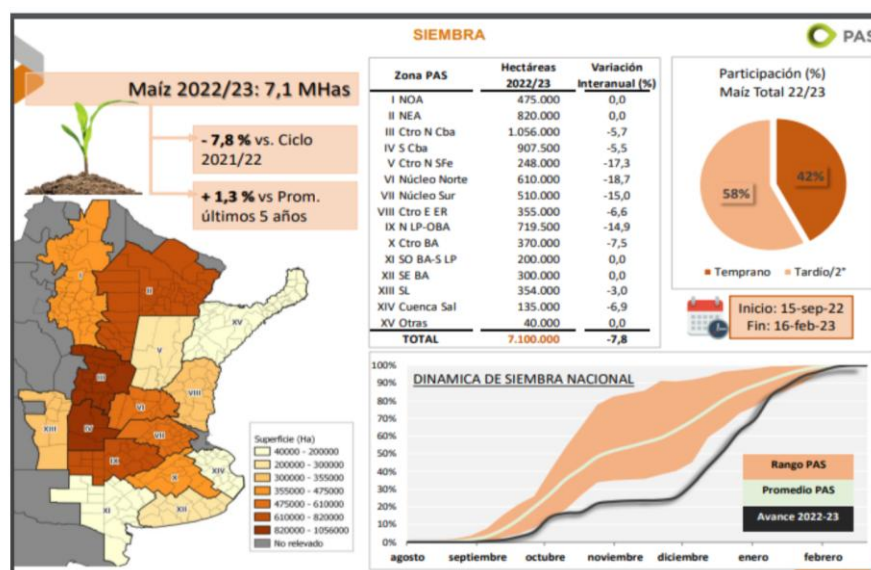


Figura 2: Informe de la campaña 22/23 del cultivo de maíz en la argentina. Fuente: Bolsa de comercio de Rosario.

El ciclo productivo del maíz es un cultivo de verano, que comienza con la siembra entre septiembre y enero y se extiende hasta la cosecha, que ocurre entre febrero y agosto del año siguiente. Los avances tecnológicos en el cultivo de maíz han permitido aumentos significativos en el rendimiento por hectárea, destacándose el desarrollo de híbridos, semillas transgénicas, nuevas prácticas de manejo y cultivos tardíos (Informe de Cadena de Valor, 2019).

La producción de maíz en Argentina abarca desde el NOA y NEA hasta el sur de la Región Pampeana, donde se concentra entre el 81% y el 86% de la producción nacional en los últimos cinco años.

Se destaca el NEA con 820.000 hectáreas, el Centro-Norte de Santa Fe con 248.000 hectáreas, y el Centro-Este de Entre Ríos con 355.000 hectáreas. La región que comprende el norte de La Pampa y oeste de Buenos Aires se extiende sobre 719.500 hectáreas. Además,

el Centro de Buenos Aires con 370.000 hectáreas, San Luis con 354.000 hectáreas, y la Cuenca del Salado con 135.000 hectáreas.

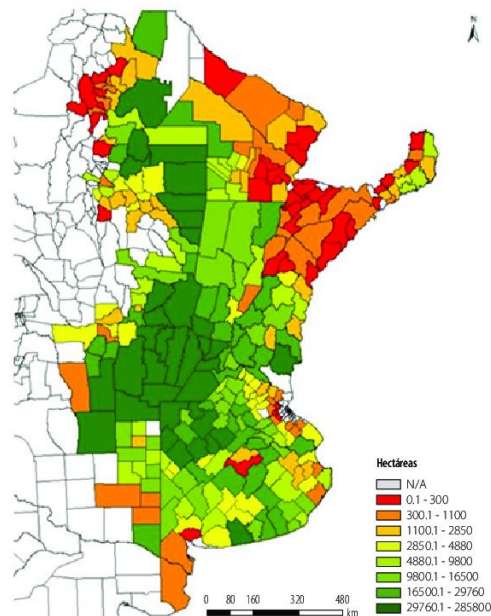


Figura 3: Distribución del área sembrada en la argentina. Fuente: Importancia regional del cultivo de maíz en Argentina. Fuente: López, G., & Pérez, M. (2022)

A lo largo del país, existen distintos sistemas productivos y tecnologías para su cultivo. En la región Pampeana, la principal zona productiva, se pueden identificar al menos dos sistemas diferentes: el "maíz temprano" y el "maíz tardío". El sistema "maíz temprano" se siembra hacia finales del invierno o principios de la primavera, generalmente entre mediados de agosto y octubre, según la zona. Por otro lado, el sistema "maíz tardío" se siembra a finales de la primavera o principios del verano, en una ventana de 1 a 1,5 meses, que va desde mediados de noviembre hasta principios de enero. Además de estos dos sistemas, existe el cultivo de maíz de segunda, que se siembra después de un cultivo de cosecha fina.

Cada sistema productivo explora diferentes ambientes, ya sea por las condiciones climáticas de las etapas fenológicas del cultivo o por las condiciones del suelo, como ocurre con el maíz de segunda. Esto resulta en diferentes ventajas y desventajas, que se reflejan en

los rendimientos. Tradicionalmente, la siembra temprana ha sido el sistema predominante. Sin embargo, en las últimas campañas, las siembras tardías han mostrado buenos resultados productivos y han aumentado su adopción por parte de los productores.

El avance de nuevas tecnologías en la producción de maíz ha permitido a los productores alcanzar rendimientos potenciales más elevados en sus lotes. Dicho rendimiento potencial solo se podrá alcanzar en ausencia de factores limitantes, como la disponibilidad de agua o nutrientes. Además, este rendimiento está condicionado por las características del ambiente que el cultivo explore, en particular la radiación solar y la temperatura, que juegan un papel fundamental en el desarrollo del cultivo.

Además, las decisiones de manejo, como el genotipo, la fecha de siembra y el arreglo espacial, influyen en el rinde potencial. Los sistemas productivos de maíz, que varían según la fecha de siembra, determinan el ambiente fototérmico y, por ende, el rinde potencial. El maíz temprano, al estar adaptado a climas cálidos y tener un metabolismo C4, tiene un mayor rinde potencial que el maíz tardío. No obstante, las ventajas del maíz temprano pueden convertirse en desventajas en condiciones de limitación hídrica, ya que la mayor radiación aumenta la demanda de agua. En cambio, el maíz tardío, con menor radiación, enfrenta un menor estrés hídrico y suele tener una mayor recarga de agua al inicio del ciclo, lo que reduce el estrés por sequía y genera rendimientos más estables (López, G., & Pérez, M. (2020)).

A nivel mundial, el ciclo 2022/23 presenta desafíos tanto en la oferta como en la demanda del maíz. Los principales productores globales son Estados Unidos, China, Brasil, Argentina, la Unión Europea y Ucrania. Sin embargo, algunos de estos países absorben la totalidad de su producción o importan desde otros orígenes, lo que resulta en una concentración del comercio mundial en un reducido número de países exportadores. Los principales cambios en el comercio mundial incluyen un aumento en las exportaciones proyectadas de Brasil, Paraguay, Turquía e Indonesia, mientras que se prevé una disminución

en las exportaciones de Estados Unidos, Argentina y Ucrania (Bolsa de Comercio de Rosario, 2024).

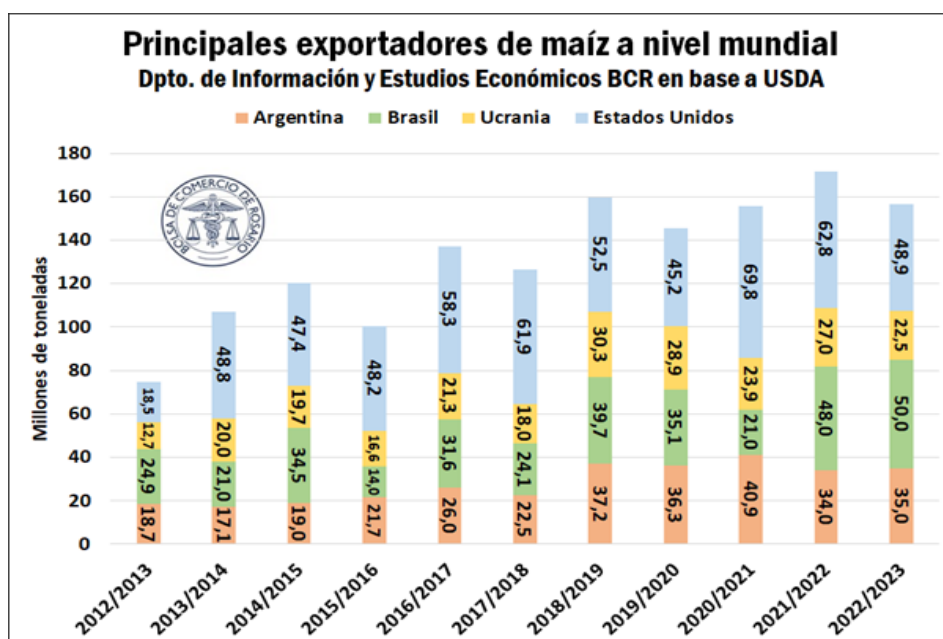


Figura 4: Principales exportadores de maíz a nivel mundial durante de las campañas 2012/2013 hasta 2022/2023. Fuente: Bolsa de comercio de Rosario, 2024.

El maíz es fundamental en la dieta de muchos países en desarrollo, proporcionando hasta la mitad de las calorías diarias requeridas y cerca del 60% de las proteínas. En la industria, se procesa para obtener productos como almidón, azúcar, aceite de maíz, harinas y cereales mediante molienda húmeda y seca. Su uso más significativo es como alimento para ganado.

Desde un punto de vista agronómico, el maíz tiene un impacto positivo en los sistemas productivos de las regiones agrícolas, especialmente en la Zona Núcleo Maicera. Contribuye a mejorar la estructura del suelo, aumentando la capacidad de infiltración y retención de agua, aportando materia orgánica y mejorando la fertilidad del suelo. Además, facilita un manejo más eficiente de las malezas, plagas y enfermedades en los cultivos posteriores (Mazzilli et al., 2015).

1.2 El impacto del mejoramiento en la producción de maíz:

Hasta el siglo XX, la mejora del maíz se realizaba predominantemente mediante el uso de variedades de polinización abierta, las cuales consistían en una mezcla heterocigótica y genéticamente diversa de individuos. Estas variedades evolucionaron a través de la selección por parte de diversas civilizaciones americanas. No obstante, el avance en el conocimiento de la genética del maíz permitió el desarrollo de líneas genéticamente homogéneas con características específicas. A partir de estas líneas, los programas de mejoramiento pudieron crear híbridos con cualidades superiores (Gear, 2006).

El mejoramiento genético ha sido crucial para incrementar el rendimiento potencial de los híbridos de maíz (Di Matteo, 2014). Las estrategias de mejoramiento que incluyen la selección de híbridos y líneas bajo condiciones de estrés, como altas densidades de siembra y ensayos en un rango amplio de ambientes, pueden haber mejorado la estabilidad ambiental de los genotipos en Argentina (Troyer, 1996).

El mejoramiento genético del maíz en Argentina ha jugado un rol muy importante en el aumento de la productividad agrícola del país, permitiendo a los productores enfrentar diversos desafíos ambientales y económicos. Desde la introducción de la Revolución Verde en la década de 1960, el desarrollo de híbridos de maíz ha sido un motor clave en la mejora de los rendimientos. Este proceso de mejoramiento ha logrado variedades más eficientes, capaces de adaptarse a las diversas condiciones agroecológicas del país (Borrás et al., 2004). En particular, el uso de tecnologías de mejoramiento molecular ha permitido la creación de híbridos con características como resistencia a plagas, tolerancia a sequías y mejor aprovechamiento de los nutrientes del suelo (Trigo y Cap, 2018).

La biotecnología ha sido fundamental en el desarrollo del maíz transgénico en Argentina, especialmente en la creación de variedades resistentes a insectos y tolerantes a herbicidas. El maíz genéticamente modificado (GM) ha demostrado una notable capacidad

para aumentar la eficiencia de la producción, reducir el uso de plaguicidas y mejorar la competitividad en los mercados internacionales (Sánchez et al., 2017).

En los programas de mejoramiento genético, es habitual evaluar la respuesta de los genotipos en diversos ambientes para determinar la magnitud y el tipo de interacción genotipo por ambiente (IGA), así como la estabilidad fenotípica de los cultivares en todos los ambientes relevantes para una región potencial de adaptación. El análisis de la IGA permite identificar variedades de alto rendimiento con adaptaciones tanto específicas como amplias (Soto et al., 2019).

Además del componente genético, que ha sido objeto de extensos estudios y mejoras en la última década, es fundamental considerar el impacto del ambiente en el rendimiento de los cultivares. La interacción entre el genotipo y el ambiente da lugar a una respuesta fenotípica, la cual puede ser descrita mediante la ecuación universal:

$$F = G + A + (G \times A)$$

Donde F representa el fenotipo (en este caso, el rendimiento), G el genotipo, y A el ambiente. La interacción genotipo por ambiente surge del comportamiento diferencial de los genotipos en distintos ambientes, lo que hace crucial cuantificar e interpretar la magnitud de este componente en caracteres complejos como el rendimiento. Mientras que el rendimiento es el resultado de los efectos del genotipo (G), del ambiente (A) y de la interacción genotipo por ambiente (IGA), solo el efecto principal del genotipo y la IGA son relevantes para la evaluación de los genotipos (Lozano-Ramirez et al., 2015).

La IGA se define como la variación en el rendimiento relativo de los genotipos en diferentes ambientes. La influencia del ambiente sobre la expresión del potencial genético de cada cultivar subraya la necesidad de evaluar los genotipos en múltiples ambientes. Si las diferencias en el comportamiento entre genotipos permanecen constantes a través de

ambientes, no existe IGA. En contraste, si estas diferencias varían con el ambiente, se presenta una interacción genotipo- por ambiente significativa (Mariotti, 1994).

La IGA da lugar a un fenotipo, en este caso, un rendimiento relativo, cuando los genotipos muestran comportamientos divergentes en distintos ambientes (Bernardo, 2002). Una característica agronómica deseable en el mejoramiento genético es la estabilidad, es decir, la capacidad de algunos cultivares para mantener un rendimiento consistente a través de diversos ambientes.

La estabilidad genética de los híbridos de maíz no solo está vinculada a la capacidad de los genotipos para mantener un rendimiento estable en condiciones variables, sino también a la capacidad de adaptación de los híbridos a las condiciones del ambiente. La selección de híbridos estables es crucial para maximizar el rendimiento en un contexto de variabilidad ambiental. Esto es particularmente relevante en países como Argentina, donde las fluctuaciones climáticas, como sequías o excesos de lluvias, pueden afectar drásticamente la producción de maíz (Borrás et al. (2004)).

Uno de los métodos más utilizados para determinar la estabilidad es el propuesto por Shukla (1972), que estima la IGA mediante un análisis de varianza (ANOVA). Adicionalmente, el GGE Biplot, desarrollado por Yan et al. (2000) y Yan (2001), integra los efectos del genotipo y la interacción genotipo por ambiente (G+GE), permitiendo identificar los genotipos de mayor rendimiento y estabilidad, así como agrupar los ambientes en mega-ambientes con patrones de respuesta similares.

Estas herramientas estadísticas son clave para identificar adaptaciones específicas en programas de mejoramiento genético (Montoro, 2018), como se aplicará en el presente trabajo sobre híbridos de maíz.

Con el propósito de evaluar el rendimiento y la estabilidad de los híbridos de maíz en un programa de mejoramiento para la región núcleo maicera, se llevarán a cabo ensayos

comparativos de rendimiento (ECR) en diferentes localidades. Estos ensayos permitirán evaluar híbridos pre comerciales en diversas condiciones ambientales específicas de la zona núcleo maicera, siguiendo un protocolo de localidades y repeticiones, con el objetivo de seleccionar aquellos híbridos que destaquen sobre la media general para su consideración en futuros híbridos comerciales destinados a dicha zona de producción.

2. HIPÓTESIS

Existe un comportamiento diferencial para el rendimiento en grano y la estabilidad del mismo en híbridos experimentales de maíz templado de diversos orígenes dentro de un programa de mejoramiento genético.

3. OBJETIVOS

General

Determinar el comportamiento de híbridos experimentales de maíz templado para el rendimiento en grano y la estabilidad del mismo en la zona núcleo maicera.

Específicos:

1. · Determinar el rendimiento en grano de híbridos experimentales de maíz templado en diferentes ambientes representativos de la región núcleo maicera de la República Argentina.
2. · Analizar la interacción genotipo-ambiente para el rendimiento en grano de híbridos experimentales de maíz templado en diferentes localidades representativas de la región núcleo maicera de la República Argentina.
3. · Determinar el potencial productivo y la estabilidad del rendimiento en grano de diferentes híbridos experimentales de maíz templado en diferentes ambientes representativos de la región núcleo maicera de la República Argentina.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 Híbridos Evaluados

En el presente estudio se evaluaron diferentes híbridos de maíz en cinco localidades ubicadas en la región núcleo maicera de Argentina, específicamente en las provincias de Buenos Aires y Córdoba, durante la campaña 2023/24. Los híbridos evaluados incluyeron tanto materiales comerciales como experimentales de AGseed.

Identificación	Hibrido	Empresa
1	AG 1001	AGseed
2	AG 1002	AGseed
3	AG 1003	AGseed
4	AG 1004	AGseed
5	AG 1005	AGseed
6	AG 1006	AGseed
7	AG 1007	AGseed
8	AG 1008	AGseed
9	AG 1009	AGseed
10	AG 1010	AGseed
11	AG 1011	AGseed
12	AG 1012	AGseed
13	AG 1013	AGseed
14	AG 1014	AGseed
15	AG 1015	AGseed
16	AG 1016	AGseed
17	AG 1017	AGseed
18	AG 1018	AGseed
19	AG 1019	AGseed
20	AG 1020	AGseed
21	AG 1021	AGseed
22	AG 1022	AGseed
23	AG 1023	AGseed
24	AG 1024	AGseed
25	AG 1025	AGseed
26	AG 1026	AGseed
27	AG 1027	AGseed
28	AG 1028	AGseed
29	AG 1029	AGseed
30	AG 1030	AGseed
31	AG 1031	AGseed
32	AG 1032	AGseed

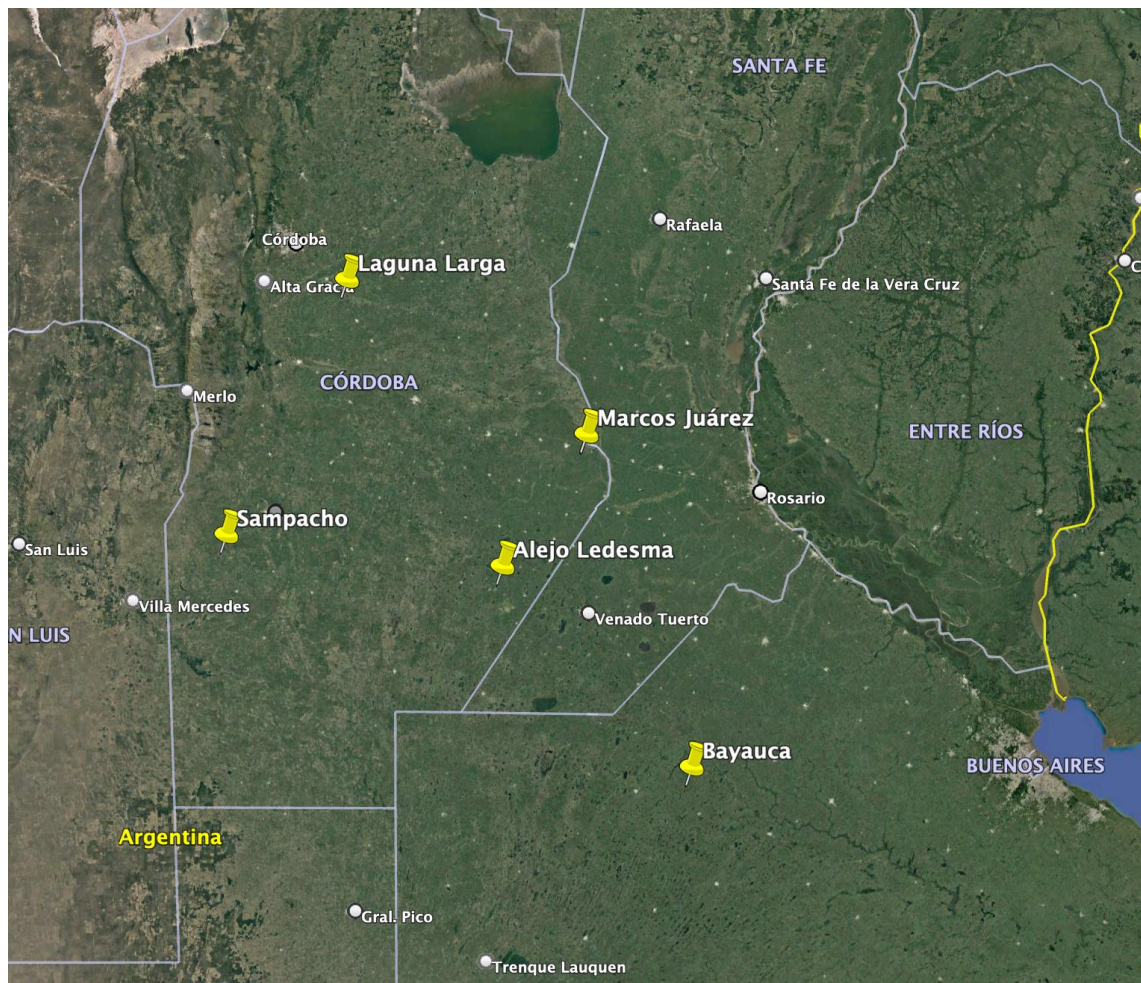
Identificación	Hibrido	Empresa
33	AG 7004 PLUS	AGseed
34	AG 7004 VT3P	AGseed
35	AG 9926 VIP3	AGseed
36	AX 7761 VT3P	Nidera
37	AX 7784 VT3P	Nidera
38	DK 72-10 VT3P	Dekalb
39	DK 72-20 VT3P	Dekalb
40	NEXT 22.6	Corteva
41	NS 7921 VIP	Nidera
42	ST 9741-20	Stine
43	SY 8909 ZL	Syngenta

Tabla 2: Materiales Testigos evaluados en 5 Localidades.

Tabla 1: Materiales experimentales AGseed evaluados en 5 localidades.

4.2 Zonas de Ensayos

Dichos ensayos fueron llevados a cabo en 5 localidades, distribuidas en 2 Provincias representativas de la zona núcleo productiva de la República Argentina.



Mapa 1: Zonas donde se llevaron a cabo los ensayos.

4.2.1 Caracterización de los sitios de estudio

Las condiciones climáticas de cada localidad se documentaron a partir de datos obtenidos de estaciones meteorológicas cercanas, gracias al aporte del Servicio Meteorológico Nacional.

- Bayauca: Estación meteorológica en Junín.
- Alejo Ledesma: Estación meteorológica en Venado Tuerto.
- Marcos Juárez: Estación meteorológica local.
- Sampacho: Estación meteorológica en Río Cuarto.
- Laguna Larga: Estación meteorológica Córdoba Capital.

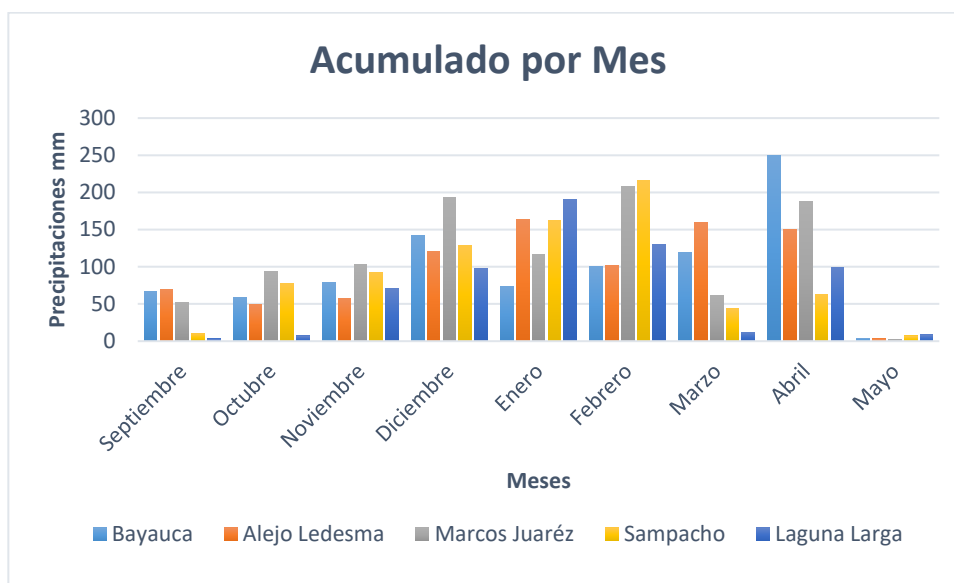


Figura 5: Precipitaciones acumuladas mensuales por localidad.

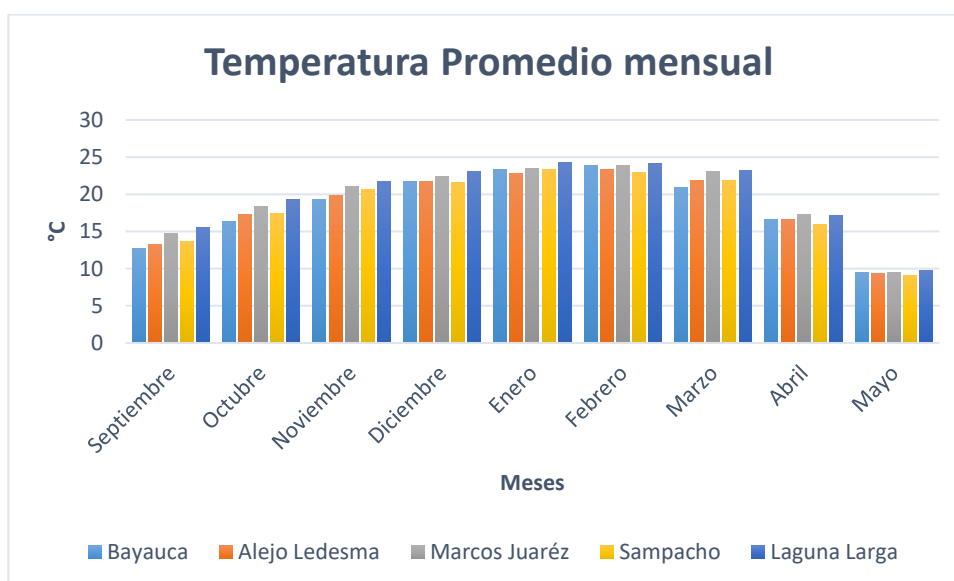


Figura 6: Temperaturas promedio mensuales por localidad.

Se recopilaron los datos de temperaturas promedio por cada localidad, identificando los intervalos temporales en los cuales se registraron valores elevados de temperatura promedio, lo que se correlacionaba a los días con las temperaturas máximas.

4.2.2 Provincia de Buenos Aires - Bayauca

Bayauca, ubicada al oeste de la provincia de Buenos Aires, en el partido de Lincoln, a 50 km de Junín, se sitúa en la región de la Pampa Arenosa. Los suelos predominantes en esta área son Hapludoles, caracterizados por lomas y bajos bien definidos. Además, se encuentran algunas áreas con suelos Natracuoles, típicos de zonas dedicadas a la ganadería, los cuales presentan problemas de anegamiento y concentración de sales en la superficie.

El ensayo en esta localidad fue sembrado el 11 de octubre de 2023.

Durante la campaña, Bayauca experimentó precipitaciones de moderadas a altas, destacándose los meses de diciembre (141,8 mm) y abril (249,2 mm). En contraste, mayo fue el mes con las precipitaciones más bajas (4,2 mm), aunque la distribución de las lluvias resultó favorable para el desarrollo del cultivo.

En cuanto a las temperaturas promedio, la campaña comenzó con un clima fresco en septiembre (12,7°C), con un aumento progresivo que alcanzó los picos de 23,3°C en enero y 23,9°C en febrero. Durante el otoño, las temperaturas descendieron a 16,6°C en abril y 9,5°C en mayo, marcando el final de la campaña.

4.2.3 - Provincia de Córdoba - Alejo Ledesma

Alejo Ledesma, situado en el departamento de Marcos Juárez, Córdoba, presenta un clima caracterizado por precipitaciones anuales de 755 mm, con marzo destacándose como el mes más lluvioso. El régimen de precipitaciones es de tipo monzónico, predominando durante la primavera y el verano. Los suelos correspondientes a la serie Alejo Ledesma son bien drenados, de desarrollo limitado, con textura franco-arenosa y una capa calcárea a 1

metro de profundidad. La fertilidad de estos suelos es limitada debido a su baja capacidad de retención de nutrientes y agua, lo que condiciona su uso principalmente para actividades agrícolas y ganaderas. La transición hacia la Pampa Arenosa Cordobesa influye en su capacidad moderada para retener humedad.

El ensayo en este sitio fue sembrado el 17 de noviembre de 2023.

En términos de distribución de precipitaciones, la campaña presentó una distribución relativamente equilibrada, destacando enero y abril como los meses con mayores lluvias. Sin embargo, mayo registró precipitaciones bajas (3,2 mm). En cuanto a las temperaturas promedio, Alejo Ledesma experimentó un aumento similar al de Bayauca, alcanzando máximas de 22,8°C en enero y 23,3°C en febrero, con un descenso a 9,4°C en mayo.

4.2.4 Marcos Juárez

Marcos Juárez, ubicada en el sudeste de la provincia de Córdoba, en la región de la Pampa Húmeda, presenta precipitaciones anuales aproximadas de 894 mm. Los suelos predominantes en la zona pertenecen a la serie Marcos Juárez, caracterizándose por su color oscuro, profundidad, buen drenaje y aptitud para la actividad agrícola y ganadera. No obstante, se observa una ligera erosión en las pendientes adyacentes al Río Carcarañá y al Arroyo Tortugas.

El ensayo fue sembrado el 11 de noviembre de 2023, fecha seleccionada para el estudio.

Durante la campaña, las precipitaciones fueron altas, con valores destacados en los meses de diciembre (193,3 mm), febrero (208,7 mm) y abril (187,2 mm), lo que favoreció el desarrollo del maíz. Sin embargo, en mayo solo se registraron 2,3 mm de lluvia. En cuanto a las temperaturas promedio, se registraron los valores más elevados durante el verano, alcanzando los 23,5°C en enero y 23,9°C en febrero, con una posterior disminución en abril.

(17,3°C) y mayo (9,5°C).

4.2.5 Sampacho

Sampacho, situada al sur de la provincia de Córdoba, presenta una topografía caracterizada por lomas onduladas con pendientes que varían entre el 2% y el 6%, con algunos relieves que superan el 6%. En cuanto a suelos, se encuentran principalmente las series Chaján, con moderada erosión eólica; Estación Achiras, asociada a zonas degradadas; y Bulnes, en áreas bajas y planas. La erosión eólica constituye un factor crítico en la región, lo que justifica la recomendación de mantener una cobertura vegetal permanente para mitigar sus efectos.

El ensayo fue sembrado el 28 de noviembre de 2023, una fecha seleccionada para evaluar la tolerancia de los híbridos experimentales al Mal de Río Cuarto.

Durante la campaña, Sampacho registró precipitaciones que oscilaron entre valores moderados y altos, destacándose los meses de febrero (216,1 mm) y enero (161,7 mm). A pesar de las lluvias durante la primavera y el verano, el mes de mayo presentó solo 7 mm, lo cual pudo haber afectado negativamente el desarrollo del cultivo. En cuanto a las temperaturas promedio, se registraron valores cálidos en verano, alcanzando picos de 23,4°C en enero y 22,9°C en febrero, mientras que en los meses de abril y mayo las temperaturas disminuyeron a 16°C y 9,1°C, respectivamente.

4.2.6 Laguna Larga

Laguna Larga, localizada en el departamento de Río Segundo, Córdoba, presenta un clima semiseco con déficits hídricos anuales. Los suelos predominantes en la región corresponden a la serie Oncativo, caracterizándose por ser profundos, bien drenados y desarrollados sobre materiales franco-limosos. Estos suelos tienen una limitación climática moderada debido a su bajo régimen de precipitaciones, pero son aptos para la agricultura. La

reacción del suelo es ligeramente ácida a neutra. El ensayo se sembró el 28 de diciembre de 2023, fecha elegida específicamente por el equipo de investigación.

La zona enfrenta presiones fitosanitarias, particularmente por el complejo Spiroplasma, causante del achaparramiento del maíz, el cual es transmitido por el insecto vector Dalbulus maidis. Este año, la incidencia del vector ha sido superior a la habitual, atribuible a factores como la sequía de 2023, la ausencia de heladas y un invierno atípicamente benigno.

En cuanto a las precipitaciones, Laguna Larga registró los valores más bajos en los primeros meses, con 3 mm en septiembre y 7,1 mm en octubre. Sin embargo, enero (191,2 mm) y febrero (129,8 mm) fueron meses lluviosos. Respecto a las temperaturas promedio, se alcanzaron los valores más altos durante la campaña, con picos de 24,3°C en enero y 24,1°C en febrero, mientras que las temperaturas disminuyeron a 17,2°C en abril y 9,8°C en mayo.

Las precipitaciones elevadas, como las de abril, diciembre y enero, pueden promover un crecimiento vigoroso del maíz, pero también aumentar el riesgo de enfermedades fúngicas y otros problemas por exceso de humedad. En contraste, las bajas precipitaciones, como en mayo y septiembre, pueden generar estrés hídrico, afectando el rendimiento y la calidad del grano.

Las lluvias de septiembre a noviembre son cruciales para el establecimiento del maíz, favoreciendo un buen desarrollo inicial. De diciembre a marzo, las precipitaciones son importantes para el desarrollo de la planta y la formación de granos, y las variaciones en estos meses pueden influir en la densidad y tamaño del grano. Las lluvias en mayo pueden afectar la cosecha, ya que las precipitaciones bajas aceleran la cosecha, mientras que las altas complican la recolección y calidad del grano.

En cuanto a las temperaturas promedio, las más frescas en Alejo Ledesma entre septiembre y noviembre pueden ralentizar el crecimiento inicial del maíz. De diciembre a febrero, las altas temperaturas en Marcos Juárez y Sampacho pueden acelerar el desarrollo,

pero también aumentar el riesgo de estrés térmico, afectando la polinización y formación del grano. Los híbridos tolerantes al calor serán más adecuados para estas regiones.

Finalmente, las temperaturas promedio de marzo a mayo influyen en la maduración del maíz. Las bajas temperaturas en Alejo Ledesma en mayo pueden retrasar la cosecha, mientras que las temperaturas altas en otras localidades pueden acelerarla. Estos datos permiten evaluar el impacto de las variaciones climáticas en el rendimiento de los híbridos (Martínez, L., & López, F. (2017)).

4.4 Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA) con dos repeticiones. Las parcelas experimentales consistieron en cuatro surcos, distanciados a 0.52 m y 10 m de largo, cubriendo un área total de 20.8 m². La densidad de siembra fue de 4.2 plantas por metro lineal utilizando un sistema de siembra directa.

4.5 Manejo de los Lotes

La fertilización se efectuó al momento de la siembra, aplicando 250 kg/ha de urea y 100 kg/ha de Super fosfato triple, de acuerdo con los resultados obtenidos en los análisis previos del suelo.

El control de malezas se llevó a cabo mediante un barbecho químico, utilizando 2.9 kg/ha de Atrazina y 1.1 L/ha de Metaloclor. Posteriormente, a los 30 días de la siembra, se realizó un control post emergente con Convey (Topramezone) para el manejo de gramíneas hasta el estado de antesis, con el objetivo de reducir la competencia de las malezas. Además, se efectuaron repasos manuales con azada en aquellos sectores del ensayo donde las malezas pudieron escapar al tratamiento herbicida o donde la alta carga de estas dificultó su control.

4.6 Mediciones

Se tomaron muestras representativas del lote para estimar la humedad de los granos en el momento de la cosecha. Este análisis permitió determinar la fecha óptima de cosecha. Dado que el ensayo incluye varios híbridos experimentales y testigos, cada uno con ciclos de maduración diferentes, se anticipó que la humedad de cosecha variaría entre ellos.

Las parcelas fueron cosechadas utilizando una máquina experimental de 4 surcos, con el objetivo de evaluar el rendimiento en kg/ha. Los datos obtenidos fueron ajustados a una humedad estándar de cosecha del 14,5%. Este ajuste se realizó para garantizar una evaluación homogénea de todos los híbridos, independientemente de las variaciones en su contenido de humedad, evitando sesgos en los pesos obtenidos por parcela y asegurando la precisión en la estimación de los rendimientos finales.

Además, se eliminaron las repeticiones que no alcanzaron al menos el 70% del stand ideal de 140 plantas por parcela (20,8 m²), resultando en una densidad final de 67.300 plantas/ha.

4.7 Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de la normalidad de las variables con el test de Shapiro-Wilk y se verificaron los supuestos necesarios para realizar ANOVA mediante el programa Infostat (InfoStat, 2008). En casos de diferencias significativas ($p < 0.10$), se aplicó la prueba LSD de Fisher para comparaciones de medias.

Para evaluar la interacción genotipo-ambiente, se utilizaron el método de Shukla (1972) y el análisis GGE Biplot (Cornelius *et al.*, 1996; Crossa y Cornelius, 1997; Crossa *et al.*, 2002), empleando el programa Infostat.

4.8 Determinación de la Estabilidad

La estabilidad se refiere a la capacidad de los materiales para mantener un comportamiento predecible bajo diversas condiciones ambientales. Esto implica que un material es considerado estable si presenta un rendimiento relativamente constante a través de distintos ambientes. La interacción genotipo por ambiente (IGA) tiene poca influencia en los híbridos que presentan estabilidad. Desde una perspectiva agronómica, un genotipo es considerado estable si muestra un rendimiento adecuado en relación con el potencial del ambiente en el que se evalúa.

4.8.1 Método de Shukla

El método de Shukla utiliza un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar los resultados de los cultivares en diferentes ambientes, descomponiendo la IGA en componentes atribuibles a cada cultivar. El cultivar más estable será aquel cuya contribución a la suma de cuadrados de la IGA sea la menor. La significancia de la IGA de cada cultivar se evalúa mediante un índice de estabilidad, calculado como la razón entre el cuadrado medio de la IGA y el cuadrado medio del error. Los resultados se representan gráficamente, donde en el eje horizontal se ubican los valores de estabilidad de la IGA de cada cultivar y en el eje vertical, el rendimiento medio de cada uno. Este gráfico incluye dos líneas: una que divide los cultivares por encima y por debajo del rendimiento promedio general, y otra que separa los cultivares con IGA significativa de los más estables.

El modelo estadístico utilizado en este análisis es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + d_i + \varepsilon_j + g_{ij} + e_{ijk}$$

Donde μ es la media general, d_i expresa el efecto del genotipo, ε_j representa el efecto del ambiente, g_{ij} representa la interacción g*a y e_{ijk} el error experimental.

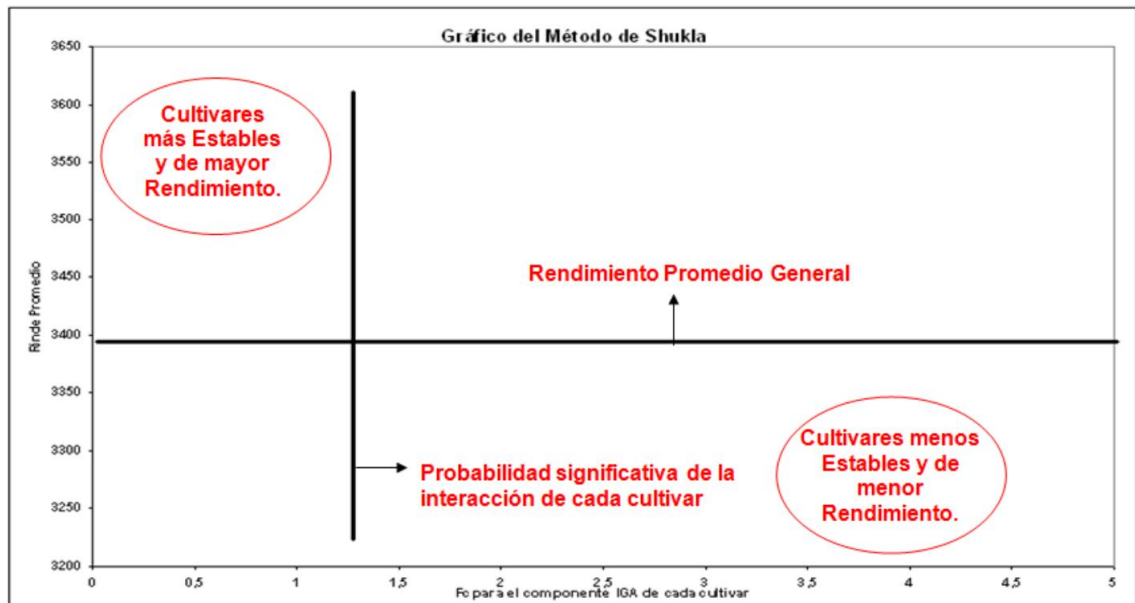


Gráfico 1: Esquema de interpretación del análisis de estabilidad Shukla

El gráfico (Gráfico 1) muestra que los cultivos preferidos se encuentran en el cuadrante superior izquierdo, donde los cultivares tienen un rendimiento superior al promedio general y una baja IGA. Además, un híbrido es considerado estable si la IGA es baja en comparación con otros cultivares y mantiene un rendimiento consistente en los ambientes evaluados. En contraste, un híbrido inestable muestra un alto rendimiento solo en algunos ambientes (Análisis Estabilidad de la RET Maíz 2022-23).

4.8.2 Método AMMI

El modelo AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction) considera los efectos de los genotipos y los ambientes como aditivos, mientras que la IGA tiene efectos multiplicativos que se pueden analizar mediante componentes principales (ACP). Para este análisis, se emplea el modelo de regresión por sitio (SREG), que elimina el efecto del ambiente y permite expresar la respuesta en función de los genotipos y la IGA.

El modelo de regresión por sitio se describe por la siguiente ecuación:

$$y_{ij} - \bar{y}_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{j2} + \epsilon_{ij}$$

Donde y_{ij} es el rendimiento medio del genotipo i en el ambiente j , $\bar{y}_j$ es la media de los genotipos en el ambiente j , λ_1 y λ_2 son los auto valores para la CP1 y CP2 respectivamente, ξ_{i1} y ξ_{i2} son los scores del genotipo i en el CP1 y CP2 respectivamente, η_{j1} y η_{j2} son los scores de los ambientes en el CP1 y CP2 respectivamente y ϵ_{ij} es el término residual asociado a la observación promedio del genotipo i en el ambiente j centrado por el efecto del ambiente j (Yan y Rajcan, 2002).

Este análisis se visualiza mediante un gráfico GGE Biplot, que ayuda a identificar el genotipo de mayor rendimiento en cada ambiente y a agrupar ambientes y genotipos con respuestas similares. Una limitación del método de Shukla es que no identifica específicamente qué híbridos son los más recomendables para cada ambiente, por lo que se complementa con un gráfico GGE. El gráfico GGE es útil para analizar la relación entre los híbridos y la IGA, sin que la variabilidad del ambiente interfiera en la interpretación.

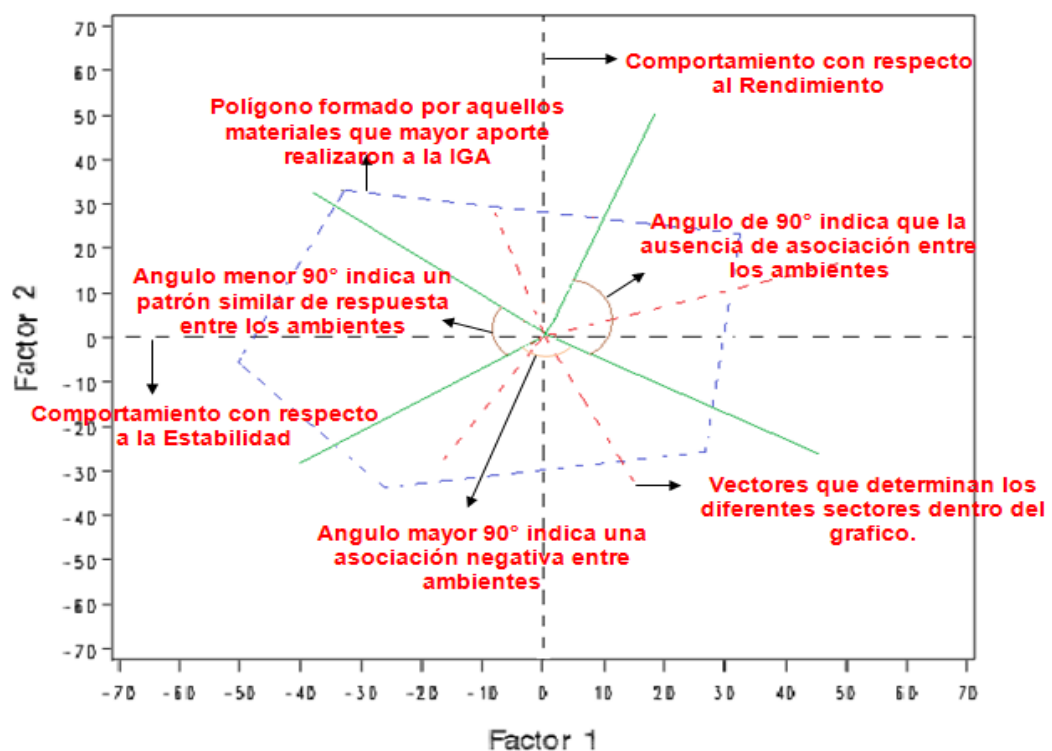


Gráfico 2: Representación gráfica del análisis de estabilidad GGE

En el gráfico GGE, los vectores de los genotipos y ambientes se utilizan para evaluar la interacción. Un ángulo agudo entre un genotipo y un ambiente indica una interacción positiva, mientras que un ángulo obtuso indica una interacción negativa. La longitud de los vectores de los ambientes refleja la variabilidad del rendimiento en ese ambiente, y la proximidad de los vectores entre sí indica ambientes similares (Yan & Tinker, 2006).

Este análisis permite identificar "mega ambientes", o grupos de ambientes con características similares, y determinar qué híbridos tienen el mejor desempeño en esos entornos específicos (Rendimiento y Estabilidad de híbridos de maíz, 2021/22).

Ambos métodos proporcionan herramientas complementarias para evaluar la estabilidad de los híbridos frente a diferentes ambientes. El método de Shukla es útil para identificar cultivares estables, mientras que el método AMMI, a través de los gráficos GGE Biplot, permite identificar los híbridos más adecuados para diferentes condiciones ambientales.

5. RESULTADOS

Los resultados detallados del análisis de varianza, así como las comparaciones entre los híbridos y las localidades, se presentan de manera resumida en las secciones posteriores. Sin embargo, los datos completos que sustentan estos resultados, incluyendo los valores específicos de cada híbrido y localidad, se encuentran en el **Anexo 1**.

5.1 Análisis de Normalidad

Se evaluó la normalidad de los datos de rendimiento para los cinco sitios de estudio utilizando la prueba de Shapiro-Wilk. Los resultados indicaron que el valor p obtenido fue menor al nivel de significancia α , lo que llevó al rechazo de la hipótesis nula en todos los sitios. Esto sugiere que los datos no siguen una distribución normal, como se ilustra en el gráfico adjunto en el anexo, donde se observa que algunos puntos de datos se desvían significativamente de la línea de normalidad. Estos puntos atípicos reflejan la influencia de factores ambientales anómalos en los rendimientos (Ver Anexo 9.1).

5.2 Identificación y Eliminación de Datos Atípicos

El análisis exhaustivo de los datos reveló que la localidad de Laguna Larga presentaba valores atípicos debido a una infestación de *Dalbulus maidis*, lo cual impactó negativamente en el rendimiento de los híbridos de maíz. Para mitigar el efecto de estos datos, se decidió excluir los resultados provenientes de Laguna Larga del análisis subsiguiente. Por otro lado, la localidad de Bayauca exhibió una alta variabilidad en los primeros estadios de crecimiento, atribuible a su topografía ondulada y a la presencia de áreas bajas pronunciadas. Esta heterogeneidad se reflejó en el análisis de varianza (ANOVA), evidenciado por un coeficiente de variación (CV) superior al 18%, lo que denota una considerable dispersión en los datos de rendimiento. En consecuencia, los datos de Bayauca también fueron descartados del análisis general. Tras la exclusión de estos datos atípicos, se procedió a realizar una nueva prueba de normalidad sobre el conjunto de datos restante, obteniendo un valor p mayor que el nivel

de significancia α . Esto permite no rechazar la hipótesis nula, indicando que los datos ajustados se distribuyen normalmente y, por ende, se procedió a la aplicación del ANOVA.

5.3 Análisis de Varianza (ANOVA) para el Rendimiento de Híbridos de Maíz

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar los efectos de los factores "Localidad" y "Híbrido" sobre el rendimiento (kg/ha) de los híbridos de maíz. Se incluyó también la interacción entre localidad e híbrido.

El R^2 ajustado indica que el modelo explica el 78% de la variabilidad en el rendimiento de los híbridos, mientras que el CV del 8.78% sugiere una variabilidad moderada de la dispersión de los datos de rendimiento.

El modelo global es altamente significativo ($p < 0,0001$), indicando que al menos uno de los factores o su interacción explica significativamente la variabilidad en el rendimiento de los híbridos.

La variabilidad atribuida a la localidad es significativa ($p < 0,0001$), lo que sugiere que las diferencias entre las localidades influyen considerablemente en el rendimiento de los híbridos. Esto puede deberse a variaciones en las condiciones ambientales, como el tipo de suelo, la disponibilidad de agua y el clima.

Los híbridos mostraron diferencias significativas en rendimiento ($p < 0,0001$). Esto indica que algunos híbridos tuvieron un rendimiento superior o inferior comparado con otros, evidenciando variación en la respuesta de los híbridos a las condiciones experimentales.

La interacción entre localidad e híbrido fue significativa ($p = 0,0014$). Esto indica que el rendimiento de los híbridos varió de manera diferente dependiendo de la localidad, sugiriendo que los híbridos respondieron de forma diversa a las condiciones específicas de cada localidad. Este resultado resalta la importancia de considerar la IGA en la selección y evaluación de híbridos.

Esto sugiere que algunos híbridos podrían ser más adecuados para determinadas localidades, mientras que otros podrían mostrar mejores rendimientos en diferentes condiciones ambientales.

Utilizando la prueba de LSD Fisher con $\alpha=0,10$ y una diferencia mínima significativa de 842,96, se identificaron diferencias significativas entre las medias de rendimiento de los híbridos. Las medias se agruparon en diferentes letras, donde las letras comunes indicaron que las diferencias entre las medias no fueron significativamente distintas.

El análisis de varianza confirmó que tanto las localidades como los híbridos tuvieron un efecto significativo en el rendimiento de los híbridos de maíz. Además, la interacción significativa entre localidad e híbrido destacó la necesidad de considerar ambos factores conjuntamente para una evaluación adecuada del rendimiento. Estos resultados fueron cruciales para la selección y recomendación de híbridos en función de las condiciones específicas de cada ambiente (ver anexo 9.2).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento (Kg/Ha)	256	0,89	0,78	8,78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	783172841	129	6071107,3	7,84	<0,0001
Localidad	230561505	2	115280752	148,85	<0,0001
Hibrido	436348240	42	10389243,8	13,41	<0,0001
Rep	128436,08	1	128436,08	0,17	0,6845
Localidad*Hibrido	116134661	84	1382555,48	1,79	0,0016
Error	97584757	126	774482,2		
Total	880757598	255			

Tabla 3: Análisis de la varianza.

5.4 Rendimiento

Al analizar las medidas para cada localidad, se puede observar diferencias en el rendimiento promedio, la variabilidad (desviación estándar y varianza) y el coeficiente de variación (CV). Por ejemplo, en la localidad de A. Ledesma los híbridos tuvieron la media más alta y una desviación estándar considerable, lo que sugirió que, aunque el rendimiento promedio era alto, hubo una mayor dispersión en los datos. En Sampacho, por otro lado, los híbridos tuvieron la media más baja y el mayor CV, indicando que el rendimiento fue más variable en comparación con las otras localidades (Tabla 4).

Localidad	Variable	Media	D.E	CV	Min	Max
A. Ledesma	Rendimiento (Kg/Ha)	10960,43	1656	15,11	4896	14055
M. Juárez	Rendimiento (Kg/Ha)	10376,23	1630,21	15,71	4471	13760
Sampacho	Rendimiento (Kg/Ha)	8726,71	1520,51	17,42	4786	12266

Tabla 4: Medidas de resumen de las 3 Localidades.

5.5 Evaluación del Comportamiento de Híbridos de Maíz por Localidades

Alejo Ledesma

En el ensayo realizado en Alejo Ledesma, se identificaron varios híbridos con un rendimiento destacado en comparación con los testigos. Los híbridos AG1014, AG1018, AG1027, AG1021 y AG1028 se ubicaron en la categoría de mayor rendimiento dentro de la localidad. Estos materiales no mostraron diferencias significativas en su rendimiento respecto a los testigos de la competencia, indicando que su desempeño fue competitivo y comparable con los mejores híbridos disponibles en esta región (ver anexo 9.3.1).

Marcos Juárez

El comportamiento de los híbridos en Marcos Juárez difirió notablemente en comparación con el observado en Alejo Ledesma. En esta localidad, los híbridos AG1027 y AG1025 se destacaron como los de mejor rendimiento. Esta variabilidad en el rendimiento sugirió una interacción significativa entre el genotipo y el ambiente, lo cual pudo ser atribuido a las condiciones edafoclimáticas específicas de Marcos Juárez que favorecieron a estos genotipos particulares (ver anexo 9.3.2).

Sampacho

En Sampacho, los híbridos experimentales AG1025, AG1004, AG1028, AG1022, AG1019, AG1021 y AG1029 mostraron un rendimiento superior en comparación con los híbridos de competencia. En particular, el híbrido AG1025 sobresalió, aunque se encuentra por debajo del líder del ensayo, que pertenecía a Dekalb. Es relevante destacar que el AG1025 también se posicionó entre los destacados en Marcos Juárez, lo que sugirió una consistencia en su rendimiento a través de diferentes localidades, aunque la interacción genotipo por ambiente pudo explicar ciertas variaciones en su desempeño relativo (ver anexo 9.3.3).

5.6 Evaluación del Comportamiento de Híbridos de Maíz en conjunto

Los resultados obtenidos del análisis conjunto realizado en las tres localidades permitieron identificar un total de 13 híbridos experimentales que destacaron por su rendimiento. Estos híbridos fueron: AG1027, AG1025, AG1028, AG1021, AG1018, AG1019, AG1004, AG1029, AG1003, AG1022, AG1020, AG1014 y AG1005 (ver anexo 9.2).

La selección de estos 13 híbridos se basó en dos criterios principales. En primer lugar, se estableció que estos híbridos tienen un rendimiento superior al de los híbridos testigos en

el análisis. Posteriormente, la elección de estos híbridos fue determinada por la diferencia mínima significativa (DMS) observada entre el primer híbrido experimental (AG1027) que presentó un rendimiento comparable al de los híbridos testigos, y el último híbrido dentro de ese rango de diferencia mínima (AG1005).

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 6 del Anexo 1, los híbridos AG1027 y AG1025 se destacaron como los más sobresalientes, ya que no presentaron diferencias mínimas significativas a los híbridos testigos de la competencia que se encuentran entre los primeros. Además, estos híbridos mostraron un rendimiento superior en comparación con algunos híbridos de la misma empresa (AGseed), lo que sugirió que podrían representar una opción viable para su inclusión comercial.

Por otro lado, otro grupo de híbridos, compuesto por AG1028, AG1021, AG1018, AG1019 y AG1004, también mostró un rendimiento comparable, sin diferencias mínimas significativas en relación con otros híbridos comerciales de otras empresas, tales como de Dekalb, Stine y Nidera. Estos híbridos podrían considerarse como opciones adicionales a evaluar en el futuro para su posible comercialización.

5.7 Interacción Genotipo x Ambiente

5.7.1 AMMI

El análisis AMMI, representado en el gráfico 3, reveló que los ambientes de Alejo Ledesma (A.LED) y Marcos Juárez (M.JUA) mostraron una similitud significativa en términos de discriminación de genotipos. En contraste, el ambiente de Sampacho (SAMP) se posicionó en un ángulo de aproximadamente 90 grados respecto a los otros dos ambientes, indicando una falta de correlación en la discriminación de genotipos entre estos ambientes. Esta disposición sugirió que el desempeño de los genotipos en Alejo Ledesma y Marcos Juárez no estaba alineado con el desempeño observado en Sampacho, lo que implicó que estos ambientes no tenían una correlación en términos de rendimiento.

Además, los tres sitios analizados se agruparon dentro del mismo mega ambiente, lo que sugirió que, en conjunto, presentaban características ambientales similares que afectaban el rendimiento de los híbridos.

El gráfico también permitió identificar los híbridos que mostraron un rendimiento superior en los tres sitios evaluados. En total, 13 híbridos se destacaron, posicionándose entre los primeros genotipos en la evaluación general. Estos híbridos ganadores están resaltados en color rojo en el gráfico.

Entre estos híbridos, los genotipos AG1020, AG1003 y AG1027 se destacaron por su estabilidad, presentando un valor de CP2 cercano a 0, lo que indica una alta estabilidad en su rendimiento a través de los ambientes evaluados.

Los vectores de líneas punteadas, originados en el centro del gráfico, delimitaron sectores que ayudan a identificar los híbridos con mejor desempeño en cada ambiente específico. Los polígonos en el gráfico representaron los híbridos de mayor rendimiento en cada sector. Por ejemplo, los genotipos AG1025, AG1004 y AG1028 demostraron un rendimiento destacado en Sampacho.

El DK 72-20 VT3P fue el que presentó mejor comportamiento tanto en la estabilidad como su rendimiento en las localidades. Por otro lado, otro híbrido competidor es el Next22.6 que presentó una alta estabilidad, pero con un rendimiento por debajo del DK 72-20 VT3P.

Finalmente, el genotipo 30, situado en el extremo del polígono en el gráfico, exhibió el menor rendimiento en todos los ambientes. En contraste, los genotipos AG1002, AG1009, AG1025, AG1037 y AG1017 se destacaron por su contribución significativa al índice de ganancia ambiental (IGA).

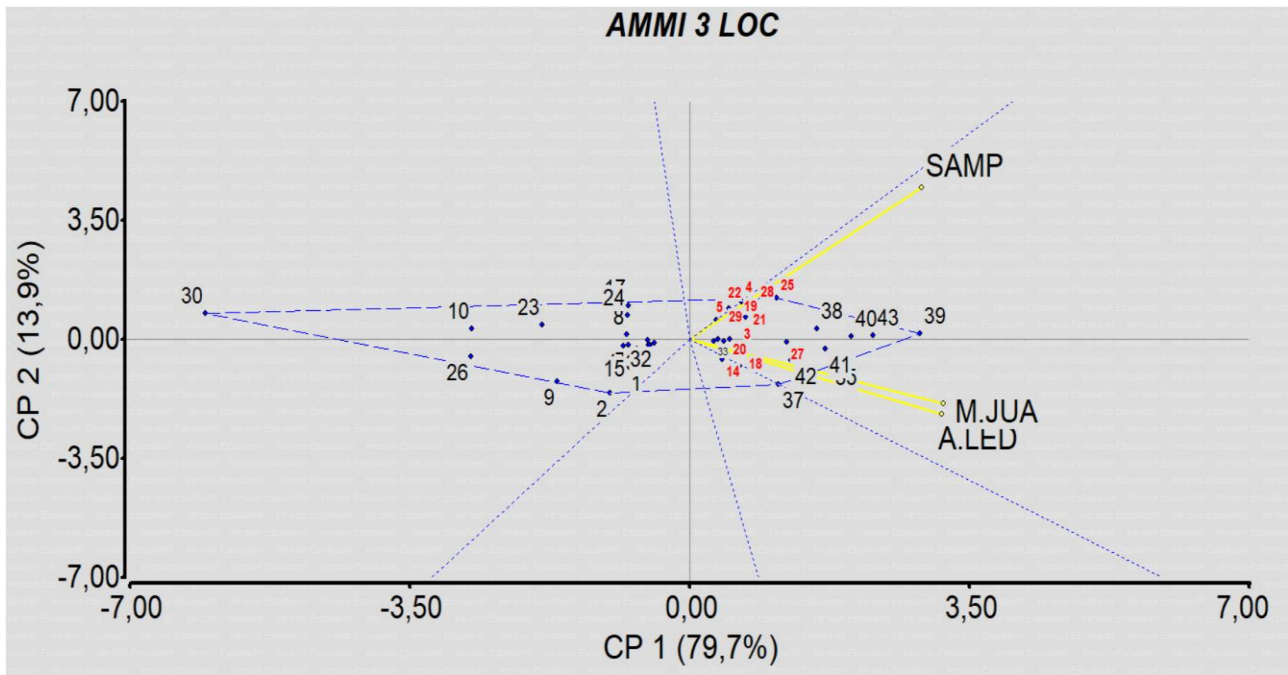


Gráfico 3: AMMI para los 43 Híbridos ensayados en las 3 Localidades.

5.7.2 Estabilidad

De los 43 híbridos evaluados en las tres localidades, se observó que Marcos Juárez y Alejo Ledesma compartieron condiciones ambientales similares. Por ello, los híbridos que mostraron un buen desempeño en estas localidades no debieron experimentar variaciones significativas en ambientes con características equivalentes. En el Gráfico 4 correspondiente al análisis de Shukla, la línea punteada roja represento la media del rendimiento de todos los híbridos evaluados, con un valor de 10.203Kg/Ha. Los híbridos ubicados por encima de esta línea superaron el rendimiento promedio. Por otro lado, la línea punteada azul contemplo la significancia de los efectos de la IGA, a la izquierda ubicándose los valores no significativos de IGA y a la derecha estarían los híbridos que presentaron efectos significativos sobre la IGA. Los híbridos situados a la izquierda de esta línea mostraron menor variabilidad en su rendimiento entre diferentes ambientes (mayor estabilidad), mientras que los ubicados a la derecha presentaron mayores fluctuaciones en respuesta a las condiciones ambientales.

Entre los 13 híbridos seleccionados como ganadores en el análisis conjunto de las tres localidades, los genotipos AG1027, AG1020, AG1003 y AG1018 mostraron la mayor estabilidad en los tres sitios de estudio. De estos, el AG1027 se destacó tanto por su rendimiento superior como por su alta estabilidad.

En contraste, el híbrido AG1025 mostró una alta variabilidad en su estabilidad, destacándose principalmente en ambientes de menor rendimiento, como Sampacho. Por otro lado, los genotipos AG1014 y AG1018 mostraron una mayor adaptación a ambientes con buen rendimiento, ubicándose el AG1014 en Alejo Ledesma y el AG1018 en Marcos Juárez.

Los genotipos restantes, que incluyeron AG1004, AG1005, AG1019, AG1021, AG1022, AG1028 y AG1029, demostraron una mayor adaptación a ambientes con un rendimiento inferior en comparación con Alejo Ledesma y Marcos Juárez.

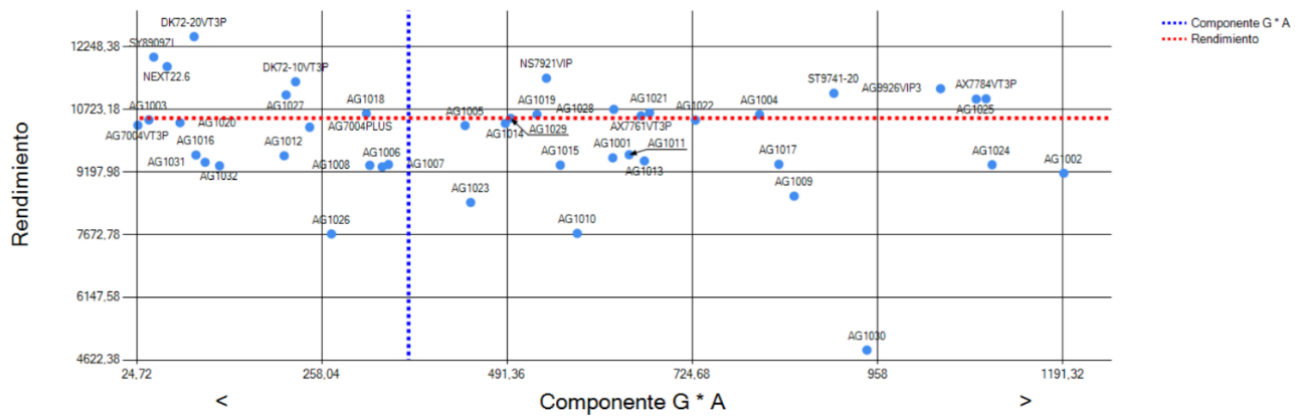


Gráfico 4: Shukla para los 43 híbridos evaluados en los 3 sitios.

6. DISCUSIÓN

Potencial de rendimiento

Durante la campaña 2023/2024, se llevaron a cabo ensayos de rendimiento (ECR) en tres localidades: Alejo Ledesma, Marcos Juárez y Sampacho. Los resultados evidenciaron una notable variación en el rendimiento promedio, observándose que los híbridos presentaron el mayor rendimiento en Alejo Ledesma, alcanzando 10.960 kg/ha. Luego, se ubicaron los híbridos correspondientes a Marcos Juárez, con un rendimiento de 10.376 kg/ha, mientras que los híbridos evaluados en Sampacho obtuvieron rendimientos significativamente inferiores, con 8.726 kg/ha.

Estas diferencias en el rendimiento pudieron haber estado relacionadas con las condiciones climáticas particulares que afectaron a los cultivos en cada localidad. El rendimiento del maíz en grano es un rasgo complejo que resulta de la interacción entre factores genéticos y ambientales. Entre los factores ambientales, las condiciones climáticas durante la floración jugaron un papel clave en la determinación del rendimiento final, ya que esta fase es especialmente sensible a variaciones en la temperatura, la humedad y las precipitaciones.

El período crítico del maíz se refiere a la ventana de tiempo en la que la planta fue más vulnerable a la limitación de agua, y cualquier estrés hídrico durante este periodo pudo haber reducido drásticamente los rendimientos (Otegui, 2002). Esta información resalta la importancia no solo de seleccionar genotipos de maíz con altos rendimientos, sino también de elegir aquellos que pudieran adaptarse a condiciones climáticas adversas, lo que ayudaría a mejorar la estabilidad del rendimiento en diferentes ambientes.

En cuanto a los híbridos de maíz, se observó una significativa variabilidad genética en términos de rendimiento, la cual fue consecuencia de la combinación de líneas parentales con perfiles genéticos distintos. Esta variabilidad afectó directamente la capacidad de los

híbridos para adaptarse a condiciones ambientales extremas, manteniendo un rendimiento elevado incluso bajo situaciones climáticas desfavorables.

Específicamente, las condiciones climáticas durante la floración fueron determinantes para el rendimiento en grano del maíz, ya que esta fase fue altamente susceptible a factores como altas temperaturas, escasez de agua o excesivas precipitaciones.

El estrés hídrico, especialmente durante la floración y el llenado de grano, fue uno de los principales factores limitantes para el rendimiento del maíz. Las sequías prolongadas, que afectaron la disponibilidad de agua durante estas fases críticas, pudieron haber reducido significativamente los rendimientos. El mejoramiento genético permitió identificar características específicas en las plantas que favorecieron la conservación del agua, permitiendo que continuaran su crecimiento incluso bajo limitaciones hídricas (Tao et al., 2006).

Determinación de los mejores híbridos por localidad:

- **Alejo Ledesma:** AG1014-AG1018-AG1027-AG1021
- **Marcos Juárez:** AG1027-AG1025
- **Sampacho:** AG1025-AG1004-AG1028-AG1022-AG1019-AG1021-AG1029

La prueba de comparación de medias demostró ser una herramienta efectiva para discernir estadísticamente la performance de los híbridos de maíz evaluados. Este análisis, complementado con el modelo AMMI, permitió identificar los genotipos que compartieron la misma letra en los resultados, indicando que no fueron significativamente diferentes entre sí. Esta información fue crucial para clasificar los híbridos en clústeres potenciales adaptados a cada localidad, facilitando la selección de materiales adecuados para condiciones específicas. La prueba de comparación de medias, como el test LSD, se utilizó para comparar las medias de diferentes grupos y determinar si las diferencias observadas fueron estadísticamente significativas, lo que contribuyó a una mejor interpretación de la variabilidad en la performance

agronómica (Balzarini, Bruno, & Arroyo, 2005).

Esta prueba fue un componente clave en el análisis estadístico de datos experimentales, especialmente en estudios agronómicos. Estos test permitieron evaluar si las diferencias observadas en la performance de tratamientos o genotipos fueron estadísticamente significativas (R Core Team, 2022; McDonald, 2014).

El uso del análisis AMMI (GGE) complementó estas pruebas, permitiendo una mejor comprensión de la interacción entre genotipos y ambientes, lo cual fue vital para la selección de híbridos adaptados a diferentes condiciones (Gauch & Zobel, 1996). Este enfoque, combinado con métodos de comparación de medias, ofreció una estrategia robusta para la evaluación de la performance de cultivos.

Adaptabilidad y Estabilidad

Híbridos con alta estabilidad en su rendimiento bajo diversas condiciones climáticas fueron preferibles, ya que pudieron mantener un rendimiento consistente a pesar de las fluctuaciones en las condiciones ambientales (Vargas et al., 2021). La estabilidad del rendimiento fue particularmente importante en regiones con condiciones climáticas variables, donde los cambios en el clima pudieron impactar significativamente la producción (Fischer et al., 2018). En este estudio, se constató que las metodologías de Shukla y AMMI, aplicadas mediante el modelo SREG y representadas a través del GGE Biplot, resultaron igualmente efectivas para identificar los híbridos con mayor rendimiento y estabilidad (Zhang et al., 2022; Li et al., 2023). Además, el GGE Biplot proporcionó información valiosa sobre el desempeño de los híbridos en cada región evaluada, permitiendo discernir cuáles fueron los más sobresalientes en cada contexto (Yan & Kang, 2021).

Las metodologías utilizadas para el análisis de los datos resultaron efectivas; sin embargo, la limitada cantidad de localidades evaluadas impidió una determinación más precisa de los híbridos con mayor potencial en cada una de ellas, así como su

comportamiento en términos de estabilidad. Ampliar la evaluación de ensayos multiambientales a un mayor número de localidades permitió identificar los híbridos que mejor se adaptaron tanto en rendimiento como en estabilidad a las condiciones agroecológicas específicas de cada región (Badu-Apraku et al., 2021). Los ensayos multiambientales fueron una de las herramientas más valiosas para aumentar la productividad y rentabilidad de los cultivos (Gauch, 2013).

Híbridos Selectos por Rendimiento y Estabilidad

En conclusión, se observó que los híbridos AG1003, AG1020 y AG1027 fueron seleccionados por su alta estabilidad y su bajo aporte a la interacción genotipo-ambiente en los tres ambientes evaluados.

En cuanto a la selección para futuras comercializaciones, se podría considerar al híbrido AG1027 debido a su notable estabilidad en diferentes ambientes y su potencial de rendimiento, aunque se recomendó evaluar su comportamiento en diversas condiciones para garantizar su adaptabilidad.

Adicionalmente, los híbridos pudieron ser destinados a diferentes zonas según su rendimiento y estabilidad en cada ambiente específico. Para la zona de Alejo Ledesma, los híbridos seleccionados fueron AG1014, AG1018, AG1021, AG1027 y AG1028. En la zona de Marcos Juárez, el AG1027 mostró una buena adaptación en esta área. Finalmente, para la zona de Sampacho, los híbridos que mostraron mejor comportamiento fueron AG1004, AG1019, AG1021, AG1022, AG1025, AG1028 y AG1029, los cuales demostraron buen rendimiento en este ambiente particular.

7. CONCLUSIONES

Se acepta la Hipótesis planteada al comprobarse que existe un comportamiento diferencial para el rendimiento en grano y la estabilidad de los híbridos experimentales testeados en los sitios evaluados.

La evaluación del rendimiento en grano de híbridos experimentales de maíz en Argentina requiere considerar factores edáficos, climáticos y la interacción genotipo por ambiente (IGA). Elementos como la disponibilidad hídrica, temperatura, fertilidad del suelo y presencia de plagas afectan la variabilidad del rendimiento entre localidades.

El análisis en múltiples sitios permitió identificar híbridos con mayor adaptación, destacándose AG1014, AG1018, AG1027, AG1021 y AG1028 en Alejo Ledesma; AG1027 y AG1025 en Marcos Juárez; y AG1025, AG1004, AG1028, AG1022, AG1019, AG1021 y AG1029 en Sampacho. Además, híbridos como AG1020, AG1003 y AG1027 mostraron estabilidad, mientras que AG1025, AG1004 y AG1028 presentaron mayor interacción con el ambiente, obteniendo altos rendimientos en Sampacho. En contraste, AG1002, AG1009, AG1037 y AG1017 exhibieron alta IGA.

Estos resultados permiten optimizar la selección de híbridos según su estabilidad y adaptación, destacando la importancia de la IGA para maximizar la productividad en diferentes condiciones agroclimáticas.

Los resultados obtenidos en este estudio son preliminares. Las herramientas de evaluación, como el método de Shukla y el análisis GGE Biplot, demostraron ser adecuadas para la selección de híbridos. Sin embargo, debido al descarte de algunas localidades por condiciones experimentales no óptimas y la necesidad de considerar la variabilidad interanual, se recomienda la realización de ensayos adicionales en un mayor número de localidades y años. Esto permitirá obtener una evaluación más robusta y representativa, facilitando la identificación definitiva de los híbridos con mejor desempeño y estabilidad.

8. BIBLIOGRAFIA

- Badu-Apraku, B., Lum, A. F., & Akintunde, J. (2021). Multi-environment trials: Recent advances and future perspectives. *Field Crops Research*, 272, 108303.
- Balzarini, M., Bruno, C., & Arroyo, A. (2005). *Análisis de ensayos agrícolas multi-ambientales: Ejemplos con Info-Gen*. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.
- Bernardo, R. (2002). *Breeding for quantitative traits in plants* (Vol. 1). Woodbury: Stemma press.
- Bolsa de comercio de Rosario, Informativo semanal, Aporte del maíz a la economía argentina, 11 de marzo del 2022. <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/aporte-del>
- Bolsa de Comercio de Rosario. (2024). *Informe anual 2024*. <https://www.bcr.com.ar/informes/anual2024>
- Bolsa de Cereales, Departamento de Estimaciones y Proyecciones Agrícolas. 2023. Informe. Campaña actual y serie histórica (en línea, sitio web): Maíz 23/24. Panorama Agrícola Semanal 19 de Octubre de 2023. Consultado 29 Octubre. 2023. <https://www.bolsadecereales.com/estimaciones-informes>.
- Borrás, L., Otegui, M. E., & Westgate, M. E. (2004). Physiological basis of maize yield. *Field Crops Research*, 90(2-3), 109-119.
- Cornelius, P.L., Crossa, J. y Seyedsadr, MS. 1996. Statistical test and estimators of multiplicative models for genotype-by-environment interaction. In M.S. Kang y H.G. Gauch, eds. *Genotype-by-environment interaction*, p 199-234. Boca Raton, FL, CRC Press.
- Crossa, J. y Cornelius, P.L. 1997. Sites regression and shifted multiplicative model clustering of cultivar trials sites under heterogeneity of environments. *Crop Sci.*, 37: 406-415.

- Crossa, J. Cornelius, P.L. y Yan W. 2002. Biplots of Linear-Bilinear Models for Studying Crossover Genotype _ Environment Interaction. *Crop Sci.* 42:619–633.
- Di Matteo, J.A., Cerrudo A.A., Echarte L. y Andrade, F.H. (2014). Rendimiento Potencial en híbridos de maíz liberados entre 1965 y 2010 en Argentina. X Congreso Nacional de Maíz, Maíz HD. Septiembre 2014, Rosario, Santa Fe, Argentina.
- Fischer, R. A., Atkin, S. R., & Smith, J. P. (2018). *Impact of climate change on agricultural productivity and crop adaptation strategies. Field Crops Research*, 219, 23-35.
- Gear, J. R. (2006). El cultivo del maíz en la Argentina. *Maíz y Nutrición, Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal. Recopilación de ILSI Argentina. Serie de Informes Especiales*, 2, 4-8.
- González, E., & Altieri, M. A. (2019). *Figura 1. Importancia regional del cultivo de maíz en Argentina.* ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Importancia-regional-del-cultivo-de-maiz-en-Argentina-1_fig1_360661489
- Gauch, H. G., & Zobel, R. W. (1996). Identifying mega-environments and targeting genotypes. *Molecular Breeding*, 2(4), 385-396.
- Gauch, H. G. (2013). *A simple method for estimating the contribution of genotype × environment interaction to the yield variability of a crop. Theoretical and Applied Genetics*, 126(10), 2357-2365.
- Informes de cadena de valor, Ministerio de hacienda, Presidencia de la nación. Subsecretaria de programacion microeconomica. 2019. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspmicro_cadenas_de_valor_maiz.pdf
- InfoStat (2008). InfoStat, versión 2008. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2021). *Rendimiento y estabilidad de híbridos de maíz* (Informe No. 13727). Repositorio INTA. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/13727/INTA_CRS

[antaFe_EEAOliveros_Magnano_L_rendimiento_estabilidad_hibridos_maiz.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

- Li, J., Zhang, Y., & Zhao, X. (2023). Analysis of genotype × environment interaction in maize hybrids using AMMI and GGE biplot. *Field Crops Research*, 285, 108601.
- López, G., & Pérez, M. (2020). *El sistema de siembra de maíz en la Argentina: Un análisis de las siembras tempranas y tardías*. CONICET Digital. [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/218168/CONICET Digital Nro.189d6c21-87d0-4562-92fa-3eca6ebd032a_B.pdf?sequence=2&isAllowed=y#:~:text=Por%20un%20lado%2C%20el%20sistema,comenzando%20a%20mediados%20de%20agosto](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/218168/CONICET_Digital_Nro.189d6c21-87d0-4562-92fa-3eca6ebd032a_B.pdf?sequence=2&isAllowed=y#:~:text=Por%20un%20lado%2C%20el%20sistema,comenzando%20a%20mediados%20de%20agosto)
- López, G., y Pérez, M. *La producción de maíz en Argentina*. 2022. ResearchGate, [https://www.researchgate.net/publication/360661489 La Produccion de maiz en A rgentina](https://www.researchgate.net/publication/360661489_La_Produccion_de_maiz_en_Arentina). DOI: <https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2573>
- Lozano-Ramírez, Á., Santacruz-Varela, A., San-Vicente-García, F., Crossa, J., Burgueño, J., y Molina-Galán, J. D. (2015). Modelación de la interacción genotipo X ambiente en rendimiento de híbridos de maíz blanco en ambientes múltiples. *Revista fitotecnica mexicana*, 38(4), 337-347.
- Mariotti, J. A. (1994). La interacción genotipo-ambiente, su significado e importancia en el mejoramiento genético y en la evaluación de cultivares. INTA-CRTS. Serie monográfica nº 1.
- Martínez, L., & López, F. (2017). *Influencia de la humedad relativa y la temperatura en el secado de maíz*. Revista de Tecnología Agroalimentaria, 30(2), 115-123.
- Martínez, D. R. (2022). *Análisis de la estabilidad de la RET Maíz 2022-23*. Repositorio Institucional del INTA. [https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/15171/INTA CRBsAsSur EEABalcarce Martinez DR Analisis estabilidad Ret Maiz 2022-23.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/15171/INTA_CRBsAsSur_EEABalcarce_Martinez_DR_Analisis_estabilidad_Ret_Maiz_2022-23.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Mazzilli, SR, Kemanian, AR, Ernst, OR, Jackson, RB y Pineiro, G. (2015). Mayor humificación del carbono de la biomasa subterránea que aérea en materia orgánica del suelo particulado en cultivos de maíz y soja sin labranza. *Biología y bioquímica del suelo*, 85, 22-30.
- McDonald, J. H. (2014). *Handbook of Biological Statistics* (3rd ed.). Sparky House Publishing.
- Montoro, A. E. (2018). Selección de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) a partir de ensayos multiambientales (Bachelor's thesis).
- Otegui, M. E. (2002). *El impacto de la disponibilidad de agua en el rendimiento de maíz: Análisis de los períodos críticos*. Revista de Agronomía, 23(1), 52-60.
- R Core Team. (2022). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing.
- Shukla, G. K. (1972). Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity*, 29, 237–245.
- Soto, C. S. T., Arce, V. V., y León, L. A. N. (2019). Estabilidad de rendimiento y adaptabilidad de híbridos de maíz tolerantes a suelos ácidos en base a las características del análisis GGE biplot. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 11(1), 32-45. <https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1081>
- Tao, F., Zhang, Z., & Liu, Q. (2006). *The impact of climate change on crop yield in China*. Journal of Agricultural Meteorology, 62(3), 209-218.
- Trigo, E. J., & Cap, E. (2018). El mejoramiento del maíz en Argentina. Fundación Banco de la Nación Argentina.
- Troyer, A.F. (1996). Breeding widely adapted, popular maize hybrids. *Euphytica*, 92, 163–174. doi:10.1007/BF00022842
- Vargas, J. L., Morales, A., & Castañeda, A. (2021). Stability analysis of crop performance under diverse environmental conditions. *Agricultural Sciences*, 12(2), 120-134.

- Yan, W. (2001). GGEbiplot - a windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agron. J.*, 93, 1111-1118.
- Yan, W., Hunt L.A., Sheng, Q. y Szlavics, Z. (2000). Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on GGE biplot. *Crop Sci.*, 40, 597-605.
- Yan, W. y Rajcan I. (2002). Biplot analysis of sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Sci.*, 42, 11-20.
- Yan, W., y N.A. Tinker. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Can. J. Plant Sci.* 86:623-645.
- Zhang, Z., Huang, Y., & Zhang, J. (2022). Performance and stability evaluation of maize hybrids using GGE biplot analysis. *Journal of Agricultural Science*, 14(5), 60-71.

9. ANEXO

9.1 Análisis de la Normalidad

9.2 Análisis de la varianza de la Interacción Genotipo x Ambiente

9.3 Análisis de la varianza por Localidad

9.4 AMMI

9.1. Análisis de la Normalidad

9.1.1 Shapiro-Wilks 5 Sitios

Shapiro-Wilks (modificado)					
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Rendimiento (Kg/Ha)	428	8692,99	3128,86	0,93	<0,0001

Tabla 5: Prueba de Shapiro-Wilks para las 5 localidades.

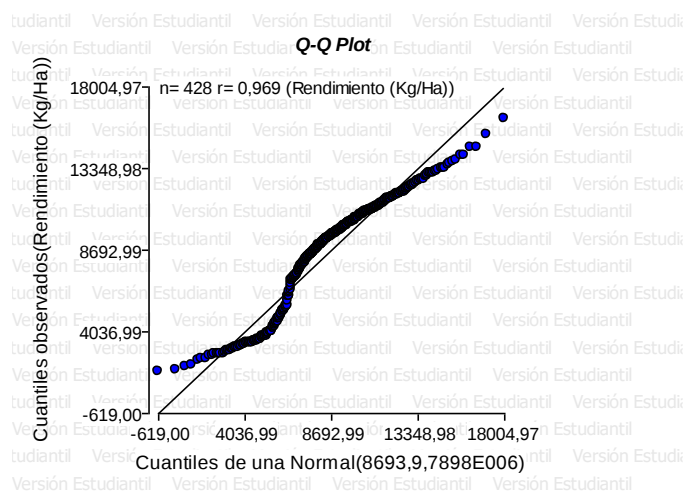


Grafico 4: Grafico de Q-Q Plot para los 5 ambientes .

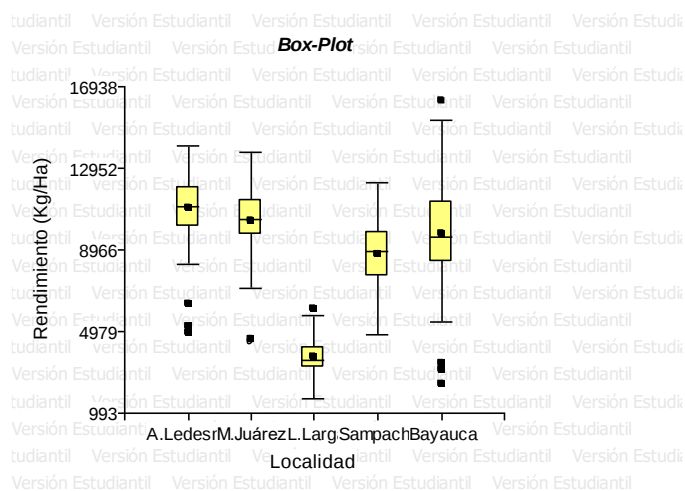


Grafico 5: Grafico de Box-Plot para los 5 ambientes evaluados.

9.1.2 Análisis de la Normalidad con Descartes

Shapiro-Wilks (modificado)					
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Rendimiento (Kg/Ha)	256	10018,35	1858,35	0,97	0,3537

Tabla 6: Prueba de Shapiro-Wilks para 3 localidades.

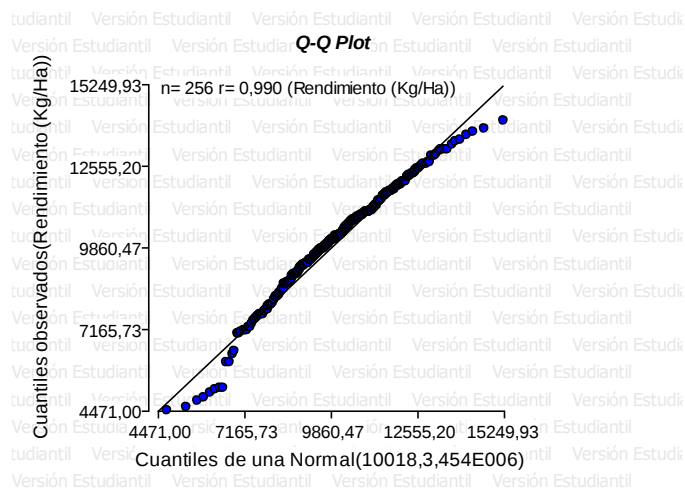


Grafico 6: Grafico de Q-Q Plot para los 3 ambientes.

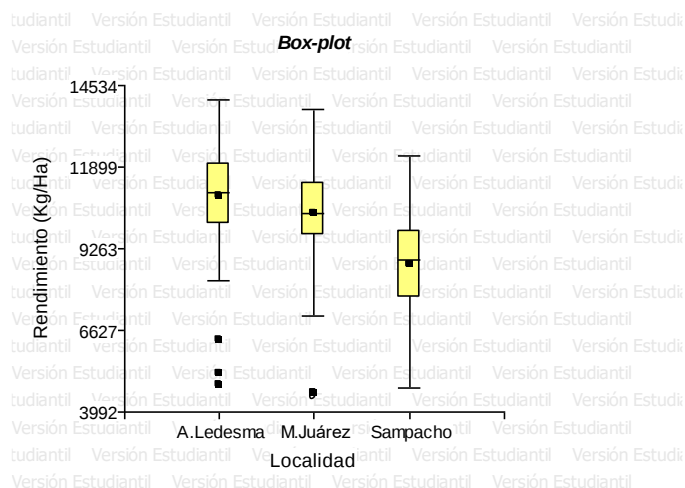


Grafico 7: Grafico de Box-Plot para los 3 ambientes evaluados.

9.2 ANOVA de la interacción Genotipo x Ambiente

Test: LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=845,83921														
Error: 774482,1983 gl: 126														
Híbrido	Medias	n	E.E.											
DK72-20VT3P	12491,67	6	359,28 A											
SY89092L	11993,67	6	359,28 A	B										
NEXT22.6	11761,17	6	359,28 A	B	C									
NS7921VIP	11479,17	6	359,28	B	C	D								
DK72-10VT3P	11392,5	6	359,28	B	C	D	E							
AG9926VIP3	11225,17	6	359,28	B	C	D	E	F						
ST9741-20	11112,17	6	359,28	C	D	E	F	G						
AG1027	11072,33	6	359,28	C	D	E	F	G						
AX7784VT3P	10978	6	359,28	C	D	E	F	G						
AG1025	10971,33	6	359,28	C	D	E	F	G						
AG1028	10722,17	6	359,28		D	E	F	G						
AG1021	10634,67	6	359,28			E	F	G						
AG1018	10618,5	6	359,28			E	F	G						
AG1019	10595,33	6	359,28			E	F	G						
AG1004	10593,67	6	359,28			E	F	G						
AX7761VT3P	10563,5	6	359,28			E	F	G						
AG1029	10502,83	6	359,28				F	G						
AG1003	10466,17	6	359,28				F	G						
AG1022	10460,67	6	359,28				F	G						
AG1020	10397,17	6	359,28				F	G						
AG1014	10380	6	359,28				G	H	I					
AG7004VT3P	10334	6	359,28				G	H	I					
AG1005	10327,67	6	359,28				G	H	I					
AG7004PLUS	10287,83	6	359,28				G	H	I	J				
AG1011	9616,83	6	359,28				H	I	J	K				
AG1016	9611	6	359,28				H	I	J	K				
AG1012	9592,33	6	359,28				H	I	J	K				
AG1001	9542,17	6	359,28				I	J	K					
AG1013	9466	6	359,28					J	K					
AG1017	9384,67	6	359,28						K	L				
AG1007	9379,67	6	359,28						K	L				
AG1024	9373,33	6	359,28						K	L				
AG1031	9371,4	5	393,57						K	L				
AG1015	9366,17	6	359,28						K	L				
AG1008	9361,83	6	359,28						K	L				
AG1006	9324	6	359,28						K	L				
AG1032	9317,4	5	393,57						K	L	M			
AG1002	9169,5	6	359,28						K	L	M			
AG1009	8610,33	6	359,28							L	M			
AG1023	8457,17	6	359,28								M	N		
AG1010	7703,83	6	359,28									N		
AG1026	7689,67	6	359,28									N		
AG1030	4865,67	6	359,28										O	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Tabla 7: Análisis de la varianza en conjunto para las 3 Localidades.

9.3 Análisis de la varianza por localidad

9.3.1 ANOVA Alejo Ledesma

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rto	86	0,82	0,65	8,89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	192230302	42	4576911,94	4,82	<0,0001
Híbrido	192230302	42	4576911,94	4,82	<0,0001
Error	40869315,5	43	950449,2		
Total	233099617	85			

Test: LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=1638,89201 Error: 950449,1977 gl: 43																
Híbrido	Medias	n	E.E.													
DK72-20VT3P	13344,5	2	689,37 A													
NS7921VIP	13235,5	2	689,37 A	B												
SY8909ZL	13005	2	689,37 A	B	C											
AX7784VT3P	12853,5	2	689,37 A	B	C	D										
AG9926VIP3	12690	2	689,37 A	B	C	D										
NEXT22.6	12670,5	2	689,37 A	B	C	D										
AG1014	12058,5	2	689,37 A	B	C	D	E									
DK72-10VT3P	12000,5	2	689,37 A	B	C	D	E									
AX7761VT3P	11992	2	689,37 A	B	C	D	E									
AG1018	11966	2	689,37 A	B	C	D	E									
AG1027	11923	2	689,37 A	B	C	D	E	F								
AG1021	11864,5	2	689,37 A	B	C	D	E	F	G							
AG1028	11668	2	689,37	B	C	D	E	F	G							
ST9741-20	11571	2	689,37		C	D	E	F	G	H						
AG1011	11529,5	2	689,37		C	D	E	F	G	H	I					
AG1020	11461	2	689,37		C	D	E	F	G	H	I					
AG1022	11432,5	2	689,37		C	D	E	F	G	H	I					
AG1013	11407,5	2	689,37		C	D	E	F	G	H	I					
AG1009	11382	2	689,37		C	D	E	F	G	H	I					
AG7004VT3P	11260	2	689,37		D	E	F	G	H	I						
AG1005	11233	2	689,37			D	E	F	G	H	I					
AG1029	11022,5	2	689,37				E	F	G	H	I					
AG7004PLUS	10969	2	689,37				E	F	G	H	I					
AG1019	10867	2	689,37				E	F	G	H	I	J				
AG1012	10853	2	689,37				E	F	G	H	I	J				
AG1007	10837,5	2	689,37				E	F	G	H	I	J				
AG1006	10770	2	689,37				E	F	G	H	I	J				
AG1009	10700,5	2	689,37				E	F	G	H	I	J				
AG1016	10579	2	689,37				E	F	G	H	I	J				
AG1002	10560	2	689,37				E	F	G	H	I	J				
AG1008	10544,5	2	689,37				E	F	G	H	I	J				
AG1004	10533	2	689,37				E	F	G	H	I	J				
AG1001	10494,5	2	689,37				E	F	G	H	I	J				
AG1025	10293	2	689,37					F	G	H	I	J	K			
AG1032	10287,5	2	689,37					F	G	H	I	J	K			
AG1031	10243,5	2	689,37						G	H	I	J	K			
AG1017	9937	2	689,37							H	I	J	K	L		
AG1015	9897,5	2	689,37								I	J	K	L		
AG1023	9266	2	689,37									J	K	L	M	
AG1024	8665	2	689,37										K	L	M	
AG1026	8585	2	689,37											L	M	
AG1010	7779,5	2	689,37												M	
AG1030	5066	2	689,37													N
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)																

Tabla 8: Análisis de la varianza para la localidad Alejo Ledesma.

9.3.2 ANOVA Marcos Juárez

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rto	84	0,88	0,75	7,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	193782869	42	4613877,84	7,06	<0,0001
Híbrido	193782869	42	4613877,84	7,06	<0,0001
Error	26797837,5	41	653605,79		
Total	220580707	83			

Test: LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=1391,81813												
Error: 653605,7927 gl: 41												
Híbrido	Medias	n	E.E.									
DK72-20VT3P	12980,5	2	571,67	A								
ST9741-20	12810	2	571,67	A	B							
AG9926VIP3	12605	2	571,67	A	B	C						
SV89092L	12340	2	571,67	A	B	C	D					
NEXT22.6	12199	2	571,67	A	B	C	D	E				
AX7784VT3P	12033	2	571,67	A	B	C	D	E	F			
DK72-10VT3P	11850,5	2	571,67	A	B	C	D	E	F	G		
AG1027	11735	2	571,67	A	B	C	D	E	F	G		
AG1025	11658	2	571,67	A	B	C	D	E	F	G		
NS7921VIP	11468,5	2	571,67		B	C	D	E	F	G	H	
AX7761VT3P	11413,5	2	571,67			C	D	E	F	G	H	I
AG1018	11030,5	2	571,67				D	E	F	G	H	I
AG7004PLUS	10995	2	571,67					D	E	F	G	H
AG1003	10869,5	2	571,67						E	F	G	H
AG1002	10856,5	2	571,67							F	G	H
AG1019	10819	2	571,67								F	G
AG1001	10815	2	571,67									F
AG1004	10729	2	571,67									
AG1020	10719,5	2	571,67									
AG7004VT3P	10716,5	2	571,67									
AG1014	10696	2	571,67									
AG1015	10547	2	571,67									
AG1029	10528	2	571,67									
AG1024	10507	2	571,67									
AG1028	10127	2	571,67									
AG1016	10080,5	2	571,67									
AG1005	10053,5	2	571,67									
AG1021	9972	2	571,67									
AG1012	9764,5	2	571,67									
AG1031	9747	1	808,46									
AG1022	9711,5	2	571,67									
AG1032	9505	1	808,46									
AG1007	9315	2	571,67									
AG1006	9304	2	571,67									
AG1008	9228	2	571,67									
AG1011	9108	2	571,67									
AG1009	9088	2	571,67									
AG1013	9057,5	2	571,67									
AG1017	8870,5	2	571,67									
AG1026	8438	2	571,67									
AG1010	8330	2	571,67									
AG1023	8269	2	571,67									
AG1030	4537	2	571,67									
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)												

Tabla 9: Análisis de la varianza para la localidad Marcos Juárez.

9.3.3 ANOVA Sampacho

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rto	86	0,85	0,7	9,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	166480668	42	3963825,43	5,67	<0,0001
Híbrido	166480668	42	3963825,43	5,67	<0,0001
Error	30035101,5	43	698490,73		
Total	196515770	85			

Test: LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=1404,96727												
Error: 698490,7326 gt= 43												
Híbrido	Medias	n	E.E.									
DK72-20VT3P	11150	2	590,97	A								
AG1025	10963	2	590,97	A	B							
5Y8909ZL	10636	2	590,97	A	B	C						
AG1004	10519	2	590,97	A	B	C	D					
NEXT2Z.6	10414	2	590,97	A	B	C	D	E				
AG1029	10371,5	2	590,97	A	B	C	D	E				
DK72-10VT3P	10326,5	2	590,97	A	B	C	D	E	F			
AG1022	10238	2	590,97	A	B	C	D	E	F	G		
AG1019	10100	2	590,97	A	B	C	D	E	F	G		
AG1021	10067,5	2	590,97	A	B	C	D	E	F	G		
AG1029	9998	2	590,97	A	B	C	D	E	F	G		
NS7921VIP	9733,5	2	590,97		B	C	D	E	F	G	H	
AG1005	9696,5	2	590,97		B	C	D	E	F	G	H	I
AG1027	9559	2	590,97		B	C	D	E	F	G	H	I
AG1017	9346,5	2	590,97			C	D	E	F	G	H	I
AG1003	9147	2	590,97				D	E	F	G	H	I
AG7004VT3P	9025,5	2	590,97				E	F	G	H	I	J
AG1020	9011	2	590,97					E	F	G	H	I
ST9741-20	8955,5	2	590,97						F	G	H	I
AG1024	8948	2	590,97							F	G	H
AG7004PLUS	8899,5	2	590,97							G	H	I
AG1018	8859	2	590,97							G	H	I
AG1014	8385,5	2	590,97								H	I
AG9926VIP3	8380,5	2	590,97								H	I
AG1008	8313	2	590,97								I	J
AG1031	8311,5	2	590,97								I	J
AK7761VT3P	8285	2	590,97								I	J
AG1032	8253,5	2	590,97								J	K
AG1011	8213	2	590,97								J	K
AG1016	8173,5	2	590,97								J	K
AG1012	8159,5	2	590,97								J	K
AK7764VT3P	8047,5	2	590,97								K	L
AG1007	7986,5	2	590,97								K	L
AG1013	7933	2	590,97								L	M
AG1006	7898	2	590,97								L	M
AG1023	7836,5	2	590,97								L	M
AG1015	7654	2	590,97								M	N
AG1001	7317	2	590,97									N
AG1010	7002	2	590,97									N
AG1002	6092	2	590,97									N
AG1026	6046	2	590,97									N
AG1009	6042,5	2	590,97									N
AG1030	4994	2	590,97									N
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)												

Tabla 10: Análisis de la varianza para la localidad Sampacho.

9.4 AMMI

Identificacion	Hibrido	A.LED	M.JUÁ	SAMP	CP1	CP2
1	AG1001	10494,45	10814,93	7317,4	-0,57	-0,82
2	AG1002	10560,15	10856,61	6091,74	-1	-1,58
3	AG1003	11381,81	10869,51	9146,88	0,51	0,01
4	AG1004	10532,86	10729,49	10519,09	0,65	1,09
5	AG1005	11232,92	10053,72	9696,58	0,34	0,57
6	AG1006	10769,99	9303,94	7897,87	-0,83	-0,2
7	AG1007	10837,43	9315	7986,41	-0,77	-0,17
8	AG1008	10544,54	9227,87	8312,79	-0,79	0,13
9	AG1009	10700,44	9087,72	6042,1	-1,66	-1,23
10	AG1010	7779,55	8329,92	7002,02	-2,73	0,31
11	AG1011	11529,15	9107,86	8212,59	-0,49	-0,17
12	AG1012	10853,04	9764,81	8159,49	-0,52	-0,17
13	AG1013	11407,35	9057,42	7933,35	-0,66	-0,29
14	AG1014	12058,33	10695,63	8385,78	0,41	-0,59
15	AG1015	9897,82	10547,18	7654,33	-0,78	-0,4
16	AG1016	10579,18	10080,61	8173,67	-0,49	-0,17
17	AG1017	9937,06	8870,59	9346,52	-0,77	0,99
18	AG1018	11966,04	11030,34	8859,09	0,69	-0,36
19	AG1019	10867,34	10818,64	10099,94	0,65	0,73
20	AG1020	11460,83	10719,55	9010,77	0,43	-0,06
21	AG1021	11864,43	9971,88	10067,2	0,7	0,64
22	AG1022	11432,34	9711,72	10238,11	0,49	0,92
23	AG1023	9265,74	8268,5	7836,69	-1,85	0,42
24	AG1024	8664,71	10507,3	8948,15	-0,77	0,72
25	AG1025	10293,18	11657,95	10962,66	1,09	1,2
26	AG1026	8584,98	8438,2	6046,01	-2,74	-0,5
27	AG1027	11922,63	11734,81	9558,89	1,22	-0,1
28	AG1028	11668,05	10127,14	10371,76	0,8	0,83
29	AG1029	11022,88	10527,95	9958,19	0,54	0,67
30	AG1030	5066,04	4537,03	4994,02	-6,05	0,75
31	AG1031	10243,64	10194,6	8311,62	-0,53	-0,02
32	AG1032	10287,33	10432,64	8253,54	-0,44	-0,12
33	AG7004PLUS	10969,01	10994,93	8899,17	0,3	-0,05
34	AG7004VT3P	11260,24	10716,3	9025,55	0,35	0,01
35	AG9926VIP3	12689,86	12605,1	9338,03	1,77	-0,64
36	AX7761VT3P	11991,81	11413,59	8284,89	0,63	-0,8
37	AX7784VT3P	12853,44	12032,8	8047,46	1,11	-1,32
38	DK72-10VT3P	12000,55	11850,57	10326,48	1,59	0,31
39	DK72-20VT3P	13344,85	12980,93	11149,81	2,88	0,17
40	NEXT22.6	12670,7	12199,24	10413,81	2,02	0,1
41	NS7921VIP	13235,26	11468,24	9733,31	1,69	-0,29
42	ST9741-20	11570,93	12809,68	8955,16	1,27	-0,61
43	SY8909ZL	13004,78	12339,76	10635,8	2,29	0,11

Tabla 11: Resultados del AMMI para las 3 localidades evaluadas para elaborar el grafico de GGE Biplot de cada hibrido.