

**GRUPO PARA LA EVALUACIÓN DE NUEVAS
VARIEDADES DE CULTIVOS EXTENSIVOS EN ESPAÑA**



**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LAS NUEVAS VARIEDADES
CONVENCIONALES Y TRANSGÉNICAS DE MAÍZ PARA GRANO
DE CICLOS FAO 700, 600, 500 y 400 EN ESPAÑA.**

**RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACIÓN DE NUEVAS VARIEDADES DE
MAÍZ PARA GRANO EN LA CAMPAÑA 2021.**

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LAS NUEVAS VARIEDADES CONVENCIONALES Y TRANSGÉNICAS DE MAÍZ PARA GRANO DE CICLOS FAO 700, 600, 500 y 400 EN ESPAÑA.

RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACIÓN DE NUEVAS VARIEDADES DE MAÍZ PARA GRANO EN LA CAMPAÑA 2021.

1.- INTRODUCCIÓN.

En esta publicación se presentan los resultados de la producción y de otros parámetros agronómicos de todas las variedades de maíz ensayadas en el marco del **Grupo para la Evaluación de Nuevas Variedades de Cultivos Extensivos en España** (GENVCE) – **Grupo maíz grano**, durante el año 2021.

El objetivo de este Grupo es evaluar la adaptación de las nuevas variedades de maíz en España y de forma particular en cada una de las zonas productoras.

2.- MATERIAL Y MÉTODOS.

2.1.- Variedades.

Durante la campaña 2021 se han estudiado híbridos convencionales y transgénicos de ciclos 700, 600, 500 y 400. En la Tabla 1 se pueden observar las variedades que se han ensayado, tanto las convencionales como las transgénicas.

Tabla 1.- Variedades de maíz ensayadas en el marco de GENVCE, durante la campaña 2021.

CICLO 600-700	CICLO 400-500
DKC6351YG*	47M
IRRIDEOS	BERLIOZ
KEFIEROS YG*	DKC5362
KWS KERUBINO	DKC5685
KWS POSEIDO	HOAZIX
LG30685	INDEM668
LG31630	KWS INTELIGENS
LG31677	KWS SELECTO
LG31695	LAMPARD YG*
LG31710 YG*	LG31545
MAS 714M	MAS 59K
P1524Y	P1049
P1772	P1049Y*
SHANIYA	PIANELLO
SY FUERZA	RGT HUXXO
SY GIANTS	SY ANDROMEDA
SY LAVAREDO	SY ARNOLD
ZAPOTEK	SY BILBAO
	SY CARIOCA
	SY SANDRO
	URBANIX
<u>TESTIGOS</u>	<u>TESTIGOS</u>
DKC6729YG *	LG3490
IXABEL	P0937
P1921	

* Variedades transgénicas

Durante el año 2021 se han testado un total de 44 variedades distintas, incluyendo cinco testigos (DKC6729YG, IXABEL, P1921, LG3490 y P0937). De entre las nuevas variedades, 17 corresponden a ciclo 700, 4 a ciclo 600, 10 a ciclo 500 12 a ciclo 400 y 1 a ciclo 300 (incluida en los resultados de 400-500); 6 de ellas son transgénicas derivadas del MON810, con resistencia total a los taladros del maíz.

Las variedades DKC6729YG, IXABEL y P1921 han sido los testigos en los ensayos de ciclo 600 y 700; y LG3490 y P0937 en los de ciclo 400 y 500.

2.2.- Características de los ensayos.

Los ensayos se han realizado en parcela pequeña, con 3 o 4 repeticiones por variedad y un diseño en bloques al azar o fila-columna latinizado. El número de hileras de maíz de cada parcela ha sido de 4. Las valoraciones se han realizado, en la mayoría de los casos, sobre las dos hileras centrales equivalentes a una superficie mínima de 12 m².

Los ensayos han sido realizados por entidades públicas de carácter autonómico de Andalucía (IFAPA), Aragón (DGA), Castilla-La Mancha (IRIAF e ITAP), Castilla y León (ITACyL e ITAGRA), Cataluña (IRTA), Madrid (IMIDRA) y Navarra (INTIA). En la Tabla 2 se puede observar la distribución de los ensayos por Comunidades Autónomas.

Tabla 2.- Distribución de los ensayos realizados en el marco de GENVCE, durante la campaña 2020 por Comunidades Autónomas.

COMUNIDAD AUTÓNOMA	CICLO 600-700	CICLO 400-500	TOTAL
ANDALUCÍA	2	-	2
ARAGÓN	2	2	4
CASTILLA-LA MANCHA	4	4	8
CASTILLA Y LEÓN	-	4	4
CATALUNYA	2	-	2
MADRID	1	1	2
NAVARRA	1	1	2
TOTAL	12	12	24

Se han analizado un total de 24 ensayos, 12 de cada grupo de ciclos FAO

Los criterios de validación de los ensayos han sido los siguientes:

- Coeficiente de variación (CV) de la producción inferior al 12%.
- Densidad de plantas media de cada variedad superior a 60.000 plantas/ha.
- Análisis de los residuos de las parcelas individuales de cada ensayo. Las parcelas con valores de los residuos estudentizados superiores a + 3 o inferiores a - 3 se han eliminado.
- Los ensayos deben presentar más del 75% de las variedades incluidas en el protocolo común.

En este informe no se incluyen los ensayos de 600-700 de Ciudad Real (Castilla la Mancha) y Aranjuez (Madrid); así como los de 400-500 de Arabayona (Castilla y León) y Ciudad Real (Castilla la Mancha) descartados por causas agronómicas. Tampoco se incluyen los ensayos de Cadreita (Navarra) de ambos ciclos ni de Palencia (Castilla y León) de ciclo 400-500 por cosecha muy tardía. No se incluye, en ciclos 600-700 Alcalá del Río (Sevilla) por tener menos del 75% de las variedades de ensayo.

2.3.- Parámetros estudiados.

Los parámetros más importantes que se han estudiado son:

- Producción
- Humedad del grano
- Densidad de plantas
- Fecha de nacencia
- Fecha de floración femenina

- Altura de la planta
- Altura del nudo de inserción de la mazorca
- Plantas rotas por debajo de la mazorca
- Ataque de los taladros del maíz
- Podredumbre de la base del tallo
- Virosis (MDMV y MRDV)
- Peso hectolítrico
- Peso de mil granos
- Stay-green (verdor después de madurez fisiológica).

3.- RESULTADOS.

3.1.- Ciclos 600 y 700.

3.1.1.- Variedades.

En la Tabla 3 se pueden observar las variedades de maíz de ciclos 600 y 700 ensayadas en el año 2021.

Tabla 3.- Variedades de maíz de ciclo 600 y 700 incluidas en los ensayos realizados en el marco de GENVCE, durante el año 2021.

Variedades	CICLO FAO	Año de ensayo	Registro	Empresa
DKC6729YG *	700	Testigo	España (2015)	DEKALB - BAYER
IXABEL	700	Testigo	España (2016)	RAGT IBERICA
P1921	700	Testigo	Italia (2010)	PIONEER - CORTEVA
DKC6351YG*	600	3º	España (2017)	DEKALB - BAYER
LG30685	700	3º	Italia (2019)	LIMAGRAIN IBÉRICA
LG31695	700	3º	Italia (2018)	LIMAGRAIN IBÉRICA
LG31630	600	3º	Italia (2018)	LIMAGRAIN IBÉRICA
P1524Y*	700	3º	España (2018)	PIONEER - CORTEVA
SHANIYA	700	3º	Italia (2018)	MAS SEEDS
SY FUERZA	700	3º	Italia (2018)	SYNGENTA
SY GIANTS	700	3º	Italia (2018)	KOIPESOL SEMILLAS
IRRIDEOS	600	2º	España (2019)	RAGT IBERICA
KEFIEROS YG*	700	2º	España (2019)	KWS SEMILLAS IBÉRICA
MAS 714M	700	2º	Italia (2020)	MAS SEEDS
P1772	700	2º	Italia (2019)	PIONEER - CORTEVA
SY LAVAREDO	700	2º	Italia (2019)	KOIPESOL SEMILLAS
ZAPOTEK	700	2º	España (2020)	EURALIS
LG31677	700	1º	Italia (2020)	LIMAGRAIN IBÉRICA
LG31710 YG*	700	1º	España (2020)	LIMAGRAIN IBÉRICA
KWS KERUBINO	600	1º	Italia (2018)	KWS SEMILLAS IBÉRICA
KWS POSEIDO	700	1º	Italia (2021)	KWS SEMILLAS IBÉRICA

* Variedades transgénicas

3.1.2.- Resultados del año 2021.

En el análisis conjunto de los ensayos realizados el año 2021 con únicamente las variedades de maíz convencionales, se han incluido 7 ensayos, correspondientes a las localidades de Biota y Ontinar de Salz (Aragón); El Poal y La Tallada d'Empordà (Catalunya) y Las Tiesas, Malpica de Tajo y Espinosa de Henares (Castilla-La Mancha).

En la Tabla 4 se muestran los resultados del análisis estadístico de la producción de todos los ensayos válidos únicamente con las variedades de maíz convencionales de ciclos 600 y 700. Se han observado diferencias significativas de producción entre las variedades ensayadas (p -valor = 0,0014), y éstas han presentado un comportamiento variable en función de la localidad de ensayo (p -valor = 0,0018). La nueva variedad ZAPOTEK ha presentado el índice productivo más destacado, superando estadísticamente el rendimiento de KWS KERUBINO, SY GIANTS, MAS 714M y SHANIYA. Destaca también el índice productivo de LG 31677, mayor que el de las variedades testigo.

Tabla 4.- Producción de las variedades de maíz convencionales de ciclo 600 y 700, ensayadas en el marco de GENVCE durante el año 2021, respecto a los testigos (T) IXABEL y P1921. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

Variedades	Producción (kg/ha 14 % humedad)	Índice productivo (%)	Separación de medias – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	Número de ensayos
ZAPOTEK	20313	108,0	a	6
LG31677	19436	103,3	ab	7
P1921 (T)	19310	102,7	ab	7
LG31630	19208	102,1	ab	7
LG30685	19048	101,3	ab	7
IRRIDEOS	18950	100,7	ab	7
SY FUERZA	18771	99,8	ab	7
P1772	18750	99,7	ab	7
KWS POSEIDO	18605	98,9	ab	6
SY LAVAREDO	18425	98,0	ab	7
LG31695	18324	97,4	ab	7
IXABEL (T)	18308	97,3	ab	7
KWS KERUBINO	17852	94,9	b	7
SY GIANTS	17621	93,7	b	7
MAS 714M	17571	93,4	b	7
SHANIYA	17559	93,4	b	7
Media del ensayo (kg/ha)	18628 kg/ha al 14% de humedad			
Índice 100 (kg/ha)	18809 kg/ha al 14% de humedad			
Nivel de significación de la variedad	<i>p</i> -valor = 0,0014			
Coefficiente de variación	5,99 %			
Nivel de significación de la interacción localidad*variedad	<i>p</i> -valor = 0,0018			

También se ha procedido al análisis conjunto de los ensayos realizados en el año 2021 con las variedades de maíz convencionales más las transgénicas, donde se han incluido 5 ensayos, correspondientes a las localidades de Aranjuez (Madrid); Biota y Ontinar de Salz (Aragón); El Poal y La Tallada d'Empordà (Catalunya) y Las Tiesas (Castilla-La Mancha).

Los resultados del análisis estadístico de la producción de los ensayos válidos, que incluyen también las variedades de maíz transgénicas, se muestran en la Tabla 5. También se han observado diferencias significativas de producción entre las variedades ensayadas (*p*-valor = 0,0255) y un comportamiento variable en función de la localidad de ensayo (*p*-valor = 0,002). La variedad ZAPOTEK ha superado significativamente a SHANIYA y MAS 714M.

Tabla 5.- Producción de las variedades de maíz convencionales y transgénicas de ciclo 600 y 700, ensayadas en el marco de GENVCE durante el año 2021, respecto a los testigos DKC6729YG, IXABEL y P1921. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

Variedades	Producción (kg/ha 14 % humedad)	Índice productivo (%)	Separación de medias – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	Número de ensayos
ZAPOTEK	20408	106,3	a	5
DKC6729YG* (T)	19922	103,7	ab	5
LG31677	19785	103,0	ab	5
LG31630	19376	100,9	ab	5
P1921 (T)	19349	100,7	ab	5
LG30685	19315	100,6	ab	5
DKC6351YG*	19115	99,5	ab	5
LG31710 YG	18978	98,8	ab	5
SY FUERZA	18881	98,3	ab	5
P1772	18758	97,7	ab	5
KWS POSEIDO	18727	97,5	ab	5
IRRIDEOS	18693	97,3	ab	5
P1524Y*	18665	97,2	ab	5
SY LAVAREDO	18622	97,0	ab	5
KEFIEROS YG*	18567	96,7	ab	5
LG31695	18447	96,0	ab	5
IXABEL (T)	18348	95,5	ab	5
SY GIANTS	18087	94,2	ab	5
KWS KERUBINO	17850	92,9	ab	5
SHANIYA	17660	91,9	b	5
MAS 714M	17570	91,5	b	5
Media del ensayo (kg/ha)	17174 kg/ha al 14% de humedad			
Índice 100 (kg/ha)	17282 kg/ha al 14% de humedad			
Nivel de significación de la variedad	<i>p</i> -valor = 0,0255			
Coeficiente de variación	5,96 %			
Nivel de significación de la interacción localidad*variedad	<i>p</i> -valor = 0,002			

* Variedades transgénicas.

En la Tabla 6 se pueden observar los valores medios de algunos parámetros agronómicos, obtenidos en los ensayos realizados la campaña 2021. La densidad media de todos los ensayos ha sido de 8,21 plantas/m². La variedad LG31710YG ha presentado la mayor densidad de plantas mientras que MAS 714M y SY GIANTS han tenido las menores densidades.

La fecha media de floración femenina esta campaña ha sido el 11 de Julio. La variedad de referencia en precocidad, P1921, se ha adelantado un día respecto a la media. IRRIDEOS y LG31630 han sido las variedades más tempranas, con una fecha de espigado dos días anterior a P1921. Por el contrario, las variedades más tardías han sido LG31695, LG31677, SHANIYA y SY FUERZA con un espigado tres días posterior a la variedad de referencia.

ZAPOTEK y SY GIANTS han mostrado los valores más elevados de la humedad del grano; mientras que DKC6351YG, KWS KERUBINO e IRRIDEOS han sido las de menor humedad.

Las variedades P1772, LG30685, KWS POSEIDO y SY FUERZA han presentado los mayores valores de altura de la planta, mostrando diferencias significativas con IRRIDEOS, LG31630 y KWS KERUBINO que han sido las de menor talla. DKC6729YG y SHANIYA han mostrado la mayor altura de inserción de la mazorca, mientras que IRRIDEOS y P1921 han presentado una menor altura de inserción esta campaña.

Respecto al peso específico, han destacado con los valores más altos de las variedades P1772, IXABEL y P1921. Por el contrario, los valores más bajos se han observado en SY GIANTS, seguida de SY FUERZA, DKC6729YG y LG31710 YG. El porcentaje medio de plantas rotas ha sido inferior al 1%, sin presencia de diferencias estadísticas entre variedades.

Tabla 6. Densidad de plantas, fecha de floración femenina respecto al testigo P1921 (días), humedad del grano, altura de la planta, altura de inserción de la mazorca, peso específico y porcentaje de plantas rotas de las variedades de maíz de ciclo 600 y 700 ensayadas en la red GENVCE en el año 2021. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

Variedades	Densidad (plantas/m ²)	Fecha floración femenina (días respecto P1921)	Humedad (%)	Altura Planta (cm)	Altura inserción mazorca (cm)	Peso específico (kg/hL)	Plantas rotas (%)
DKC6351YG*	8,43 ab	0	16,0 d	277 ab	121 a	76,7 bcd	0,1
DKC6729YG* (T)	8,11 abc	-1	18,6 abcd	281 ab	110 abc	74,3 fgh	0,1
IRRIDEOS	8,27 ab	-2	16,6 cd	259 c	98 d	76,4 bcdef	0,3
IXABEL (T)	7,95 abc	0	17,0 bcd	281 ab	113 abc	78,3 ab	0,5
KEFIEROS YG*	7,87 bc	0	17,2 bcd	282 ab	109 abcd	76,4 bcdef	0,2
KWS KERUBINO	8,18 ab	1	16,3 d	271 bc	114 ab	76,1 cdefg	0,2
KWS POSEIDO	7,98 abc	1	18,0 abcd	288 a	111 abc	76,2 bcdefg	0,1
LG30685	8,05 abc	2	18,3 abcd	289 a	108 bcd	74,8 defgh	0,3
LG31630	8,54 ab	-2	17,7 bcd	272 bc	103 bcd	74,8 defgh	0,1
LG31677	8,50 ab	3	17,6 bcd	286 ab	108 bcd	75,2 defgh	0,2
LG31695	8,23 ab	3	17,4 bcd	272 bc	103 bcd	74,9 defgh	0,1
LG31710 YG*	8,72 a	2	18,4 abcd	282 ab	103 bcd	74,5 efgh	0,3
MAS 714M	7,76 bc	1	18,3 abcd	283 ab	110 abcd	75,0 defgh	0,0
P1524Y*	8,00 abc	0	17,4 bcd	284 ab	109 abcd	77,7 bc	0,0
P1772	8,52 ab	1	16,9 bcd	289 a	110 abcd	80,0 a	0,1
P1921 (T)	8,50 ab	0	17,8 abcd	287 ab	101 cd	78,1 abc	0,1
SHANIYA	8,29 ab	3	18,7 abcd	283 ab	115 ab	76,2 bcdefg	0,2
SY FUERZA	8,29 ab	3	19,4 abc	288 a	113 abc	74,2 gh	0,4
SY GIANTS	7,36 c	1	19,8 ab	281 ab	111 abc	73,7 h	0,5
SY LAVAREDO	8,36 ab	1	17,8 abcd	275 ab	110 abcd	76,3 bcdefg	0,2
ZAPOTEK	8,52 ab	-1	20,9 a	275 ab	105 bcd	76,6 bcde	0,1
Media del ensayo	8,21	10-jul ¹	17,9	280	109	76,0	0,2
p-valor variedades	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,9104
Número de ensayos	5	3	5	5	5	5	4

Las separaciones de medias se han realizado con el test de Edwards & Berry ($\alpha=0,05$).

¹ Fecha de floración de la variedad testigo P1921. * Variedades transgénicas. (T) Variedades testigo

En la Figura 1 se observa la representación de la productividad de las distintas variedades ensayadas y su humedad en el momento de la cosecha. En general, las variedades más interesantes serían aquellas que presentasen simultáneamente una elevada producción y una baja humedad del grano. En este sentido, ZAPOTEK muestra un elevado potencial de producción pero con una humedad durante la recolección alta. LG31677 se encuentra entre las variedades de mayor rendimiento pero con unas humedades del grano medias. DKC6351YG, variedad de ciclo 600 de menor humedad de grano, presenta un rendimiento productivo en el grupo medio.

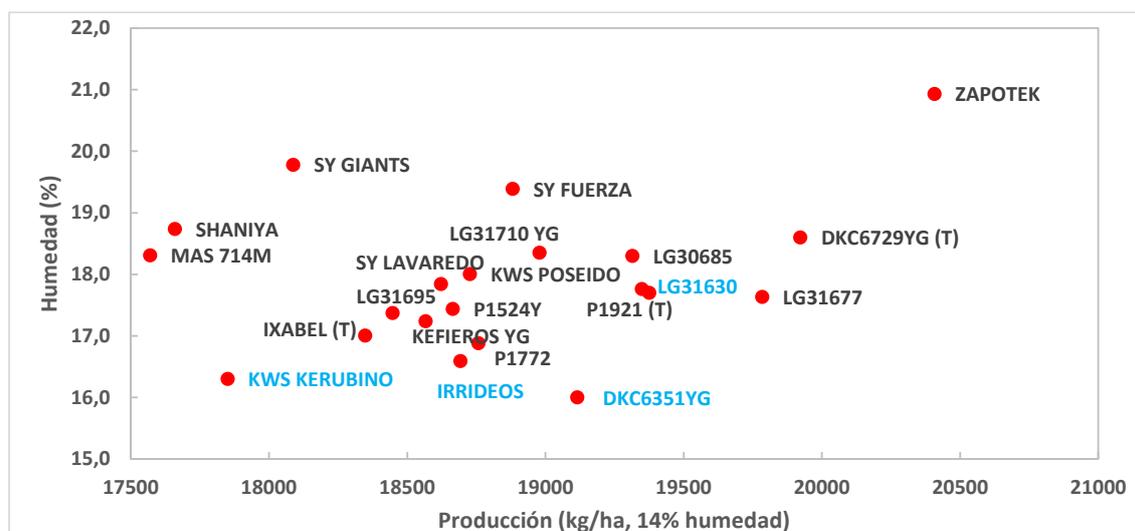


Figura 1.- Producción y humedad del grano de las variedades de maíz de ciclo 600 (azul) y 700, ensayadas en el marco de GENVCE, durante el año 2021.

3.1.3.- Resultados conjuntos de los años 2020-2021

Se ha realizado un estudio conjunto de los resultados de los años 2020 y 2021 de las variedades convencionales de ciclo 600 y 700. Para ello se han considerado trece variedades: IRRIDEOS, IXABEL (testigo), LG30685, LG31630, LG31695, MAS 714M, P1772, P1921 (Testigo), SHANIYA, SY FUERZA, SY GIANTS, SY LAVAREDO y ZAPOTEK. El estudio comprende 17 ensayos, 10 de ellos correspondientes a la campaña 2020 (Alcalá del Río, Aranjuez, Biota, Cadreita, Carmona, El Poal, Espinosa de Henares, La Tallada d'Empordà, Las Tiesas y Ontinar de Salz) y 7 a la de 2021 (Biota, Ontinar de Salz, El Poal, La Tallada d'Empordà, Las Tiesas, Malpica de Tajo y Espinosa de Henares).

Se ha ajustado un análisis de varianza de la variable producción para determinar los porcentajes de variación de ésta explicados por los distintos factores del modelo (Tabla 7). Se han detectado diferencias significativas de producción entre variedades ($p=0,0042$) y el comportamiento no ha variado en función del año de ensayo ($p=0,1594$).

Tabla 7.- Resultados del análisis de varianza de la variable producción de las variedades de maíz convencionales de ciclo 600 y 700, con los datos obtenidos en el marco del grupo GENVCE, durante las campañas 2020 y 2021.

	Fuente de variación	Grados de libertad	Factor (fijo / aleatorio)	F	p-valor	Componente varianza (kg/ha) ² · 10 ⁻³	Error estándar (kg/ha) ² · 10 ⁻³
E	Año	1	F	2,49	0,1594		
	Localidad		A			4135,0	4533,7
	Localidad*Año		A			5015,1	3262,9
G	Variedad	12	F	3,58	0,0042		
G*E	Variedad*Año	12	F	0,52	0,8981		
	Variedad*Localidad		A			44,151	274,013
	Localidad*Variedad*Año		A			1178,22	0
	ERROR		A			1070,94	

Ajuste modelo mixto considerando aleatorio el término Localidad

En la Tabla 8 se pueden observar las producciones medias de los híbridos convencionales ensayados las campañas 2020 y 2021. La variedad ZAPADOTEK ha presentado un rendimiento estadísticamente mayor que SY GIANTS y MAS 714M. El resto de variedades han presentado comportamientos intermedios, aunque solo las variedades P1921 (testigo) y LG30685 alcanzan el índice 100.

Tabla 8.- Producción de las variedades de maíz convencionales de ciclo 600 y 700 ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2020 y 2021. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

Variedades	Producción (kg/ha 14 % humedad)	Índice productivo (%)	Separación de medias - Test Edwards & Berry ($\alpha = 0.05$)	Número de ensayos
ZAPOTEK	18588	104,4	a	15
P1921 (T)	17986	101,1	ab	17
LG30685	17807	100,1	ab	17
LG31630	17742	99,7	ab	15
P1772	17691	99,4	ab	17
IXABEL (T)	17610	98,9	ab	17
IRRIDEOS	17599	98,9	ab	14
SY FUERZA	17549	98,6	ab	15
LG31695	17317	97,3	ab	17
SY LAVAREDO	17161	96,4	ab	15
SY GIANTS	16737	94,0	b	17
MAS 714M	16531	92,9	b	17
SHANIYA	16496	92,7	b	17
Media del ensayo	16218 kg/ha al 14% de humedad			
Índice 100	16387 kg/ha al 14% de humedad			
Coficiente de variación	6,55 %			

En la Tabla 9 se puede observar la clasificación en terciles y la varianza genotípica de las distintas variedades convencionales. La variedad testigo P1921 ha sido la variedad con mayor proporción de ensayos en el tercil superior (71%), junto con LG31630 (67%), ZAPOTEK (67%) y P1772 (65%). Cabe destacar que LG31595 no ha estado en el tercil inferior de rendimientos en ningún ensayo, mientras que P1921 y ZAPOTEK lo han estado únicamente en una ocasión.

Tabla 9.- Análisis de terciles y varianza genotípica (Test de Shukla) de las variedades de maíz convencionales de ciclo 600 y 700 ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2020 y 2021.

Variedades	Análisis de rangos			Varianza genotípica (kg/ha) ² ·10 ⁻³
	Superior	Medio	Inferior	
P1921	12	4	1	871,104
P1772	11	3	3	532,705
LG31630	10	3	2	652,373
ZAPOTEK	10	4	1	2619,005
LG30685	8	9	0	1548,587
IXABEL	7	5	5	518,761
SY FUERZA	7	6	2	637,623
LG31695	6	5	6	706,16
IRRIDEOS	5	7	2	922,631
SY LAVAREDO	4	5	6	460,598
MAS 714M	2	2	13	444,787
SY GIANTS	2	8	7	915,257
SHANIYA	1	7	9	882,89
GxE (Componente de la varianza)				879,507

En el análisis conjunto de los resultados de los años 2020 y 2021 de las variedades convencionales y transgénicas se han considerado un total de 16 variedades, 12 convencionales y 4 transgénicas, incluyendo el testigo transgénico DKC6729YG. Se han incluido en el análisis un total de 12 ensayos, 7 en la campaña 2020 (Aranjuez, Biota, Cadreita, El Poal, La Tallada d'Empordà, Las Tias y Ontinar de Salz) y 5 en 2021 (Biota, El Poal, La Tallada d'Empordà, Las Tias y Ontinar de Salz).

Se ha ajustado un análisis de varianza de la variable producción para determinar los porcentajes de variación de ésta explicados por los distintos factores del modelo (Tabla 10). Se han observado diferencias significativas de producción entre variedades ($p < 0,0001$) y su comportamiento no ha variado en función del año de ensayo ($p = 0,3155$).

Tabla 10.- Resultados del análisis de varianza de la variable producción de las variedades de maíz convencionales y transgénicas de ciclos 600 y 700, con los datos obtenidos en el marco de GENVCE, durante las campañas 2020 y 2021.

	Fuente de variación	Grados de libertad	Factor (fijo / aleatorio)	F	p-valor	Componente varianza (kg/ha) ² · 10 ⁻³	Error estándar (kg/ha) ² · 10 ⁻³
E	Año	1	F	1,24	0,3155		
	Localidad		A			1678,8	3578,1
	Localidad*Año		A			5465,0	3768,5
G	Variedad	15	F	5,14	<0,0001		
	Variedad*Año	15	F	0,3	0,9893		
G*E	Variedad*Localidad		A			88,94	272,476
	Localidad*Variedad*Año		A			650,53	319,023
	ERROR		A			1043,44	

Ajuste modelo mixto considerando aleatorio el término Localidad

En la Tabla 11 se pueden observar las producciones medias de los híbridos convencionales y transgénicos ensayados las campañas 2020 y 2021. Las nuevas variedades más destacadas en rendimiento en estas dos últimas campañas han sido, por este orden, ZAPOTEK, la testigo transgénica DKC6729YG, LG30685 y la testigo P1921, todas ellas por encima del índice 100. En el grupo intermedio de variedades, sin una diferenciación estadística con el resto, encontramos DKC6351YG, LG31630, P1524Y, SY FUERZA, P1772, IRRIDEOS, LG31695 y la testigo IXABEL.

Tabla 11.- Producción de las variedades de maíz convencionales y transgénicas de ciclos 600 y 700 ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2020 y 2021. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

Variedades	Producción (kg/ha 14 % humedad)	Índice productivo (%)	Separación de medias – Test Edwards & Berry ($\alpha = 0.05$)	Número de ensayos
ZAPOTEK	19354	104,7	a	12
DKC6729YG* (T)	19243	104,1	ab	12
LG30685	18688	101,1	abc	12
P1921 (T)	18502	100,1	abcd	12
DKC6351YG*	18386	99,5	abcde	12
LG31630	18385	99,5	abcde	12
P1524Y*	18298	99,0	abcde	12
SY FUERZA	18178	98,3	abcde	12
P1772	18018	97,5	abcde	12
IRRIDEOS	17944	97,1	abcde	12
LG31695	17805	96,3	abcde	12
IXABEL (T)	17715	95,8	abcde	12
SY LAVAREDO	17700	95,7	bcde	12
SY GIANTS	17487	94,6	cde	12
SHANIYA	16913	91,5	de	12
MAS 714M	16810	90,9	e	12
Media del ensayo	16896 kg/ha al 14% de humedad			
Índice 100	17165 kg/ha al 14% de humedad			
Coefficiente de variación	5,94 %			

* Variedades transgénicas.

En la Tabla 12 se puede observar la clasificación en terciles y la varianza genotípica de las distintas variedades convencionales y transgénicas. La variedad transgénica DKC6729YG es la que se ha encontrado en un mayor porcentaje de los ensayos (92%) entre las más productivas, sin ninguna presencia en el tercil inferior. ZAPOTEK, LG30685, P1921 y LG31630 también se encuentran en más del 50% de los ensayos en el tercil más productivo. Las variedades SHANIYA y MAS 714M son las que han tenido más ensayos en el grupo inferior de rendimiento. ZAPOTEK y SHANIYA serían las variedades con una mayor influencia del ambiente, y DKC6351YG y MAS714 M las que menos.

Tabla 12.- Análisis de terciles y varianza genotípica (Test de Shukla) de las variedades de maíz convencionales y transgénicos de ciclo 600 y 700 ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2020 y 2021.

Variedades	Análisis de rangos			Varianza genotípica (kg/ha) ² x10 ⁻³
	Superior	Medio	Inferior	
DKC6729YG*	11	1	0	339,028
ZAPOTEK	8	3	1	1613,94
LG30685	7	4	1	870,589
P1921	7	4	1	565,001
LG31630	7	2	3	677,344
DKC6351YG*	5	7	0	201,419
P1524Y*	5	5	2	885,429
SY FUERZA	5	4	3	521,057
P1772	4	4	4	705,378
LG31695	4	2	6	599,795
IRRIDEOS	3	7	2	910,689
IXABEL	3	4	5	538,539
SY LAVAREDO	2	4	6	569,383
SY GIANTS	1	5	6	810,335
SHANIYA	0	4	8	1082,904
MAS 714M	0	0	12	276,232
GxE (Componente de la varianza)				669,017

* Variedades transgénicas.

3.1.3.1.- Comportamiento varietal en función de la zona geográfica.

Se han agrupado los ensayos en tres zonas geográficas con el objetivo de facilitar la interpretación de la interacción variedad por ambiente:

1.- Norte: incluye los ensayos del Valle del Ebro y Catalunya. Representa una agrupación de nueve ensayos.

2.- Centro: incluye los ensayos de Madrid y Castilla-La Mancha. Representa una agrupación de seis ensayos.

3.- Sur: incluye los ensayos de Andalucía. Representa una agrupación de dos ensayos.

En la Tabla 13 aparece para las variedades convencionales el análisis de la varianza de la variable producción que incluye, como partición del término variedad por ambiente, los efectos derivados de la zona geográfica, además de los consabidos del año y de la localidad de ensayo. Se han detectado diferencias significativas entre variedades ($p = 0,008$) y no entre zonas geográficas ($p = 0,2248$). La interacción variedad por zona geográfica no ha sido significativa ($p = 0,1649$), lo que indicaría una respuesta homogénea de las variedades en todas las zonas preestablecidas.

Tabla 13.- Resultados del análisis de varianza de la variable producción en función de la zona geográfica, con los datos obtenidos en el marco de la red GENVCE, de las variedades de maíz convencionales de ciclo 600 y 700, durante las campañas 2020 y 2021.

	Fuente de variación	Grados de libertad	Factor (fijo / aleatorio)	F	p-valor	Componente varianza (kg/ha) ² · 10 ⁻³	Error estándar (kg/ha) ² · 10 ⁻³
Σ	Zona Geográfica	2	F	1,7	0,2248		
	Zona Geográfica* Año	2	F	0,82	0,463		
	Localidad*Zona Geográfica* Año		A			9315,323	3851,984
⊙	Variedad	12	F	2,58	0,008		
Σ ⊙	Zona Geográfica*Variedad	12	F	1,39	0,1649		
	Variedad*Zona Geográfica* Año	12	F	0,46	0,9815		
	Localidad*Zona Geográfica*Variedad* Año		A			856,875	210,515
	ERROR		A			1043,438	

Ajuste modelo mixto considerando aleatorio el término Localidad

En las Tablas 14, 15 y 16 se pueden observar las producciones de las distintas variedades convencionales en función de cada zona geográfica (Norte, Centro y Sur). Estas tablas se presentan a título orientativo, puesto que hay que considerar que la interacción variedad por zona geográfica no ha resultado significativa ($p = 0,1649$).

Tabla 14.- Producción de las variedades de maíz convencionales de ciclo 600 y 700 ensayadas en el marco de GENVCE, durante las campañas 2020 y 2021 en la zona Norte. Medias ajustadas por mínimos cuadrados. (T) Variedad testigo.

VARIETADES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	NÚMERO DE ENSAYOS
ZAPOTEK	19240	107,7	a	9
LG30685	18634	104,3	ab	9
P1921 (T)	18310	102,5	abc	9
LG31630	18262	102,2	abc	9
SY FUERZA	18163	101,7	bc	9
IRRIDEOS	17958	100,5	bc	9
P1772	17855	99,9	bcd	9
SY LAVAREDO	17829	99,8	bcd	9
LG31695	17531	98,1	cde	9
IXABEL (T)	17425	97,5	cde	9
SY GIANTS	17324	97,0	cde	9
SHANIYA	16897	94,6	de	9
MAS 714M	16741	93,7	e	9
MEDIA DEL ENSAYO		17859 kg/ha al 14% de humedad		
ÍNDICE 100		17868 kg/ha al 14% de humedad		
Nivel de significación de las variedades		p-valor = 0,0005		

(T) Variedad testigo

Tabla 15.- Producción de las variedades de maíz convencionales de ciclo 600 y 700 ensayadas en el marco de GENVCE, durante las campañas 2020 y 2021 en la zona Centro. Medias ajustadas por mínimos cuadrados. (T) Variedad testigo.

VARIETADES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	NÚMERO DE ENSAYOS
ZAPOTEK	19060	105,4	a	5
P1921 (T)	18318	101,2	ab	6
P1772	18217	100,7	ab	6
LG30685	17935	99,1	abcd	6
IXABEL (T)	17866	98,8	abcd	6
LG31630	17837	98,6	abcd	6
IRRIDEOS	17812	98,5	abcd	5
LG31695	17577	97,2	bcd	6
SY FUERZA	17551	97,0	bcd	6
SY LAVAREDO	17088	94,5	bcd	6
MAS 714M	16927	93,6	cd	6
SY GIANTS	16879	93,3	cd	6
SHANIYA	16651	92,0	d	6
MEDIA DEL ENSAYO		17671 kg/ha al 14% de humedad		
ÍNDICE 100		18092 kg/ha al 14% de humedad		
Nivel de significación de las variedades		p-valor = 0,0267		

(T) Variedad testigo

Tabla 16.- Producción de las variedades de maíz convencionales de ciclo 600 y 700 ensayadas en el marco de GENVCE, durante las campañas 2020 y 2021 en la zona Sur. Medias ajustadas por mínimos cuadrados. (T) Variedad testigo.

VARIETADES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	NÚMERO DE ENSAYOS
LG31695	14603	102,7	a	2
P1772	14306	100,6	a	2
IXABEL (T)	14260	100,2	a	2
P1921 (T)	14190	99,8	ab	2
MAS 714M	13439	94,5	ab	2
SHANIYA	13285	93,4	ab	2
SY GIANTS	12888	90,6	ab	2
LG30685	12537	88,1	ab	2
ZAPOTEK	12074	84,9	b	2
MEDIA DEL ENSAYO		13509 kg/ha al 14% de humedad		
ÍNDICE 100		14225 kg/ha al 14% de humedad		
Nivel de significación de las variedades		p-valor = 0,2283		

(T) Variedad testigo

A continuación se presenta el estudio gráfico conjunto del efecto de la variedad y de su interacción con el ambiente mediante la metodología del biplot G+GE. El análisis gráfico se ha realizado utilizando los valores de los dos primeros componentes principales (PC1 y PC2) obtenidos a partir de los valores centrados de cada uno de los ambientes. En la Figura 2 se observa el biplot G+GE utilizando como unidad ambiental la zona geográfica. La variedad ZAPOTEK tiende a presentar un mejor resultado relativo en la zona norte.

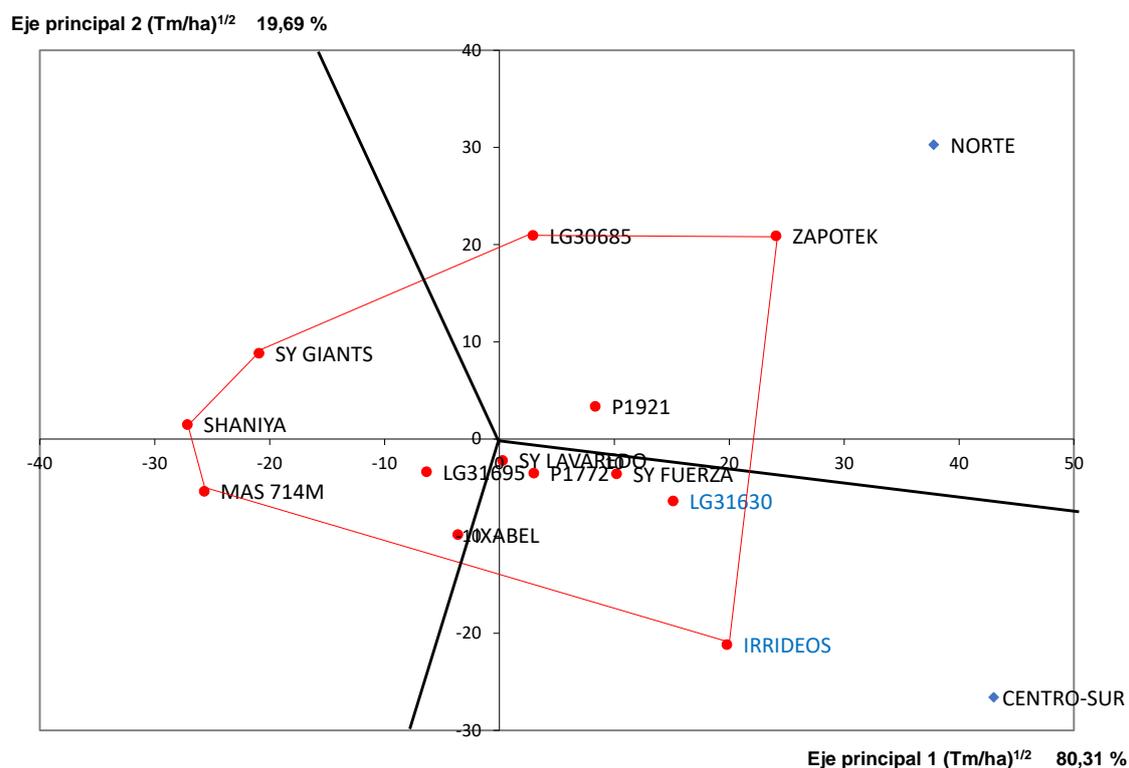


Figura 2.- Biplot G+GE realizado con los valores del PC1 y del PC2 obtenidos con los resultados productivos de las variedades de maíz convencionales de ciclo 600 (en azul) y 700 ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2020 y 2021 en función de la zona geográfica.

En la Tabla 17 aparece para las variedades convencionales y transgénicas el análisis de la varianza de la variable producción que incluye, como partición del término variedad por ambiente, los efectos derivados de la zona geográfica, además de los consabidos del año y de la localidad de ensayo. Se han detectado diferencias significativas entre variedades ($p=0,0017$) si bien no se

han observado diferencias significativas de producción entre zonas geográficas ($p=0,9763$) y la interacción variedad por zona geográfica tampoco ha sido significativa ($p=0,9761$), lo que indica una respuesta homogénea de las variedades en todas las zonas preestablecidas.

Tabla 17.- Resultados del análisis de varianza de la variable producción en función de la zona geográfica, con los datos obtenidos en el marco de la red GENVCE, de las variedades de maíz convencionales y transgénicas de ciclo 600 y 700, durante las campañas 2020 y 2021.

	Fuente de variación	Grados de libertad	Factor (fijo / aleatorio)	F	p-valor	Componente varianza (kg/ha) ² · 10 ⁻³	Error estándar (kg/ha) ² · 10 ⁻³
Z	Zona Geográfica	1	F	0,00	0,9763		
	Localidad*Zona Geográfica		A			1676,770	3979,649
	Año	1	F	0,11	0,7518		
	Localidad*Zona Geográfica*Año		A			6061,008	4474,133
G	Variedad	15	F	3,51	0,0017		
G	Zona Geográfica*Variedad	15	F	0,37	0,9761		
	Localidad*Variedad*Zona Geográfica		A			80,982	291,386
	Variedad*Año	15	F	0,49	0,9211		
	Localidad*Zona Geográfica*Variedad*Año		A			703,915	347,914
	ERROR		A			1043,439	

Ajuste modelo mixto considerando aleatorio el término Localidad

En las Tablas 18 y 19 se pueden observar las producciones de las distintas variedades convencionales y transgénicas en función de cada zona geográfica (Norte y Centro). Estas tablas se presentan a título orientativo, puesto hay que considerar que la interacción variedad por zona geográfica no ha resultado significativa ($p = 0,9761$).

Tabla 18.- Producción de las variedades de maíz convencionales y transgénicas de ciclo 600 y 700 ensayadas en el marco de GENVCE, durante las campañas 2020 y 2021 en la zona Norte. Medias ajustadas por mínimos cuadrados. (T) Variedad testigo.

VARIETADES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	NÚMERO DE ENSAYOS
ZAPOTEK	19319	105,9	a	9
DKC6729YG* (T)	19072	104,5	ab	9
LG30685	18602	101,9	abc	9
DKC6351YG*	18335	100,5	abcd	9
P1921 (T)	18285	100,2	abcd	9
LG31630	18238	99,9	bcd	9
P1524Y*	18228	99,9	bcd	9
SY FUERZA	18139	99,4	bcd	9
IRRIDEOS	17932	98,3	cd	9
P1772	17823	97,7	cde	9
SY LAVAREDO	17803	97,6	cde	9
LG31695	17514	96,0	def	9
IXABEL (T)	17390	95,3	def	9
SY GIANTS	17294	94,8	def	9
SHANIYA	16855	92,4	ef	9
MAS 714M	16724	91,6	f	9
MEDIA DEL ENSAYO		17972 kg/ha al 14% de humedad		
ÍNDICE 100		18249 kg/ha al 14% de humedad		
Nivel de significación de las variedades		p-valor = 0,0017		

* Variedades transgénicas.

Tabla 19.- Producción de las variedades de maíz convencionales y transgénicas de ciclo 600 y 700 ensayadas en el marco de GENVCE, durante las campañas 2020 y 2021 en la zona Centro. Medias ajustadas por mínimos cuadrados. (T) Variedad testigo.

VARIETADES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	NÚMERO DE ENSAYOS
DKC6729YG* (T)	19236	102,5	a	3
ZAPOTEK	19181	102,3	a	3
P1921 (T)	18707	99,7	ab	3
LG31630	18556	98,9	abc	3
P1772	18386	98,0	abc	3
LG30685	18342	97,8	abc	3
IXABEL (T)	18333	97,7	abc	3
LG31695	18233	97,2	abc	3
DKC6351YG*	18117	96,6	abc	3
P1524Y*	18085	96,4	abc	3
SY FUERZA	17750	94,6	abc	3
SY GIANTS	17742	94,6	abc	3
IRRIDEOS	17703	94,4	abc	3
SY LAVAREDO	16987	90,6	bc	3
MAS 714M	16652	88,8	c	3
SHANIYA	16641	88,7	c	3
MEDIA DEL ENSAYO	18041 kg/ha al 14% de humedad			
ÍNDICE 100	18759 kg/ha al 14% de humedad			
Nivel de significación de las variedades	p-valor = 0,2246			

* Variedades transgénicas.

A continuación se presenta el estudio gráfico conjunto del efecto de la variedad y de su interacción con el ambiente mediante la metodología del biplot G+GE. El análisis gráfico se ha realizado utilizando los valores de los dos primeros componentes principales (PC1 y PC2) obtenidos a partir de los valores centrados de cada uno de los ambientes. En la Figura 3 se observa el biplot G+GE utilizando como unidad ambiental la zona geográfica. ZAPOTEK también destaca más en la zona norte que en la centro al agrupar variedades transgénicas y convencionales.

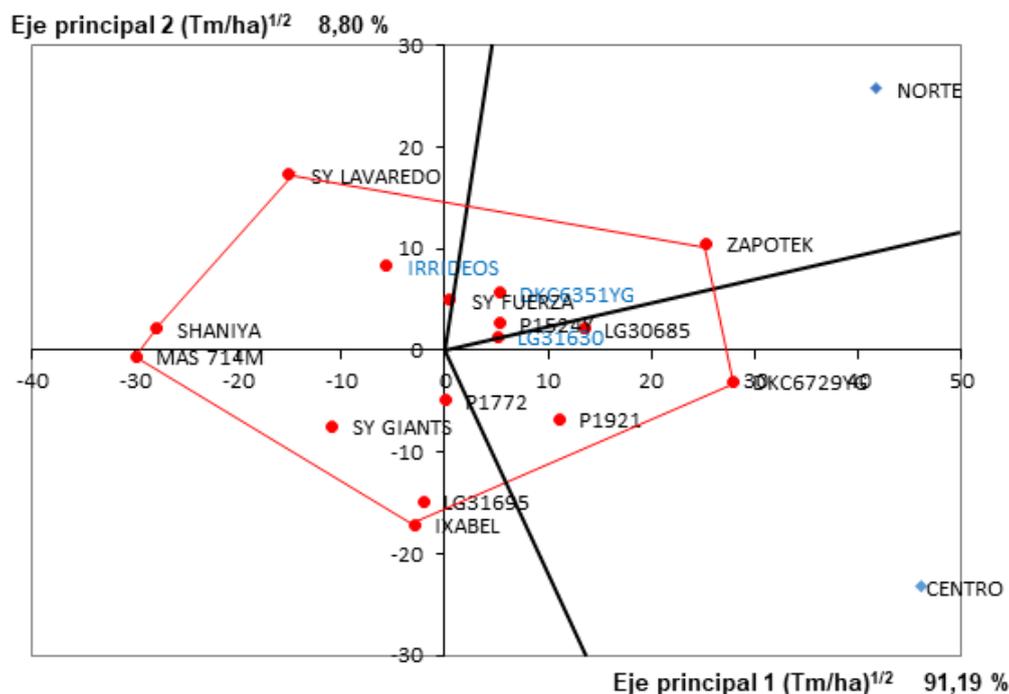


Figura 3.- Biplot G+GE realizado con los valores del PC1 y del PC2 obtenidos con los resultados productivos de las variedades de maíz convencionales y transgénicas de ciclo 600 (en azul) y 700 ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2020 y 2021 en función de la zona geográfica.

Hay que recordar que la interacción variedad por zona geográfica no ha sido significativa y en consecuencia no hay indicación de un comportamiento diferencial de éstas en las distintas zonas.

3.1.3.2.- Comportamiento varietal en función de la productividad de los ensayos

Se han agrupado los ensayos en tres grupos en función de su producción media, con el objetivo de facilitar la interpretación de la interacción variedad por ambiente. La producción media obtenida a partir del análisis de terciles es función de la campaña. Estos grupos de producción han sido:

1.- Baja: incluye ensayos con producciones medias de las variedades convencionales inferiores a 15500 kg/ha, representando una agrupación de cinco ensayos.

2.- Media: incluye ensayos con producciones medias de las variedades convencionales comprendidas entre 15700 y 20000 kg/ha. Representa una agrupación de seis ensayos.

3.- Alta: incluye ensayos con producciones medias de las variedades convencionales superiores a 17300 kg/ha. Representa una agrupación de seis ensayos.

En la Tabla 20 aparece, para las variedades convencionales, el análisis de la varianza de la variable producción que incluye, como partición del término variedad por ambiente, los efectos derivados de la productividad del ensayo, además de los consabidos del año y de la localidad de ensayo. Las diferencias de producción entre variedades han resultado significativas ($p = 0,0005$). No se han observado diferencias significativas de producción entre las zonas productivas ($p = 0,0898$) si bien estas tienden a diferenciarse. No se ha detectado una interacción variedad por grupo productivo ($p=0,8812$), lo que indicaría una misma respuesta de las variedades en las zonas productivas preestablecidas.

Tabla 20.- Resultados del análisis de varianza de la variable producción con los datos obtenidos en el marco de trabajo de GENVCE, durante las campañas 2020 y 2021, en función de la productividad del ensayo para las variedades convencionales de ciclos 600 y 700.

	Fuente de variación	Grados de libertad	Factor (fijo / aleatorio)	F	p-valor	Componente varianza (kg/ha) ² · 10 ⁻³	Error estándar (kg/ha) ² · 10 ⁻³
E	Grupo productivo	2	F	38,32	0,0898		
	Localidad*Grupo productivo		A			0,000	2153,024
	Año	1	F	8,41	0,1876		
	Localidad*Grupo productivo*Año		A			1354,423	1950,301
G	Variedad	12	F	3,79	0,0005		
G*E	Grupo productivo*Variedad	24	F	0,64	0,8812		
	Localidad*Variedad*Grupo productivo		A			280,614	739,501
	Variedad*Año	12	F	0,55	0,8595		
	Localidad*Grupo productivo*Variedad*Año		A			563,399	749,007
	ERROR		A			1043,439	

Ajuste modelo mixto considerando aleatorio el término Localidad

En las Tablas 21, 22 y 23 se puede observar la producción de las variedades convencionales, dentro de cada grupo productivo (bajo, medio y alto). Estas tablas se presentan a modo indicativo.

Tabla 21.- Producción de las variedades de maíz convencionales de ciclo 600 y 700 ensayadas en el marco de GENVCE, durante los años 2020 y 2021, en el grupo productivo bajo. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

VARIETADES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	NÚMERO DE ENSAYOS
IRRIDEOS	14751	108,7	a	3
LG31630	14450	106,5	a	3
P1772	14445	106,4	a	5
ZAPOTEK	14362	105,8	ab	4
SY LAVAREDO	14185	104,5	ab	3
SY FUERZA	14107	103,9	ab	3
P1921 (T)	14016	103,3	ab	5
LG31695	13945	102,8	ab	5
LG30685	13596	100,2	ab	5
IXABEL (T)	13127	96,7	ab	5
MAS 714M	13115	96,6	ab	5
SHANIYA	13096	96,5	ab	5
SY GIANTS	12840	94,6	b	5
MEDIA DEL ENSAYO		13849 kg/ha al 14% de humedad		
ÍNDICE 100		13572 kg/ha al 14% de humedad		
Nivel de significación de las variedades		p-valor = 0,2665		

Tabla 22.- Producción de las variedades de maíz convencionales de ciclo 600 y 700 ensayadas en el marco de GENVCE, durante los años 2020 y 2021, en el grupo productivo medio. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

VARIETADES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	NÚMERO DE ENSAYOS
ZAPOTEK	18720	106,3	a	5
LG30685	17881	101,6	ab	6
P1921 (T)	17766	100,9	ab	6
P1772	17647	100,2	ab	6
LG31630	17452	99,1	abc	6
IXABEL (T)	17447	99,1	abc	6
IRRIDEOS	17402	98,8	abc	5
LG31695	17112	97,2	bc	6
SY LAVAREDO	16876	95,9	bc	6
SY FUERZA	16778	95,3	bc	6
SY GIANTS	16761	95,2	bc	6
MAS 714M	16530	93,9	bc	6
SHANIYA	16135	91,6	c	6
MEDIA DEL ENSAYO		17270 kg/ha al 14% de humedad		
ÍNDICE 100		17607 kg/ha al 14% de humedad		
Nivel de significación de las variedades		p-valor = 0,1263		

Tabla 23.- Producción de las variedades de maíz convencionales de ciclo 600 y 700 ensayadas en el marco de GENVCE, durante los años 2020 y 2021, en el grupo productivo alto. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

VARIETADES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	NÚMERO DE ENSAYOS
ZAPOTEK	21277	102,7	a	6
LG30685	21167	102,2	ab	6
P1921 (T)	21115	101,9	ab	6
SY FUERZA	20944	101,1	abc	6
LG31630	20860	100,7	abcd	6
IXABEL (T)	20314	98,1	abcde	6
P1772	20144	97,2	abcde	6
LG31695	20123	97,1	abcde	6
IRRIDEOS	20073	96,9	abcde	6
SY LAVAREDO	19871	95,9	bcde	6
SY GIANTS	19598	94,6	cde	6
SHANIYA	19543	94,3	de	6
MAS 714M	19001	91,7	e	6
MEDIA DEL ENSAYO ÍNDICE 100	17859 kg/ha al 14% de humedad			
Nivel de significación de las variedades	17868 kg/ha al 14% de humedad			
	p-valor = 0,0299			

A continuación se presenta el estudio gráfico conjunto del efecto de la variedad y de su interacción con el ambiente mediante la metodología del biplot G+GE. El análisis gráfico se ha realizado utilizando los valores de los dos primeros componentes principales (PC1 y PC2) obtenidos a partir de los valores centrados de cada uno de los ambientes. En la Figura 4 se observa el biplot G+GE utilizando como unidad ambiental el grupo productivo. Se puede observar como en la variedad ZAPOTEK se sugiere un mejor comportamiento relativo en ensayos con producciones medias y altas. En cambio, IRRIDEOS presentaría mejores resultados relativos en zonas de menor productividad.

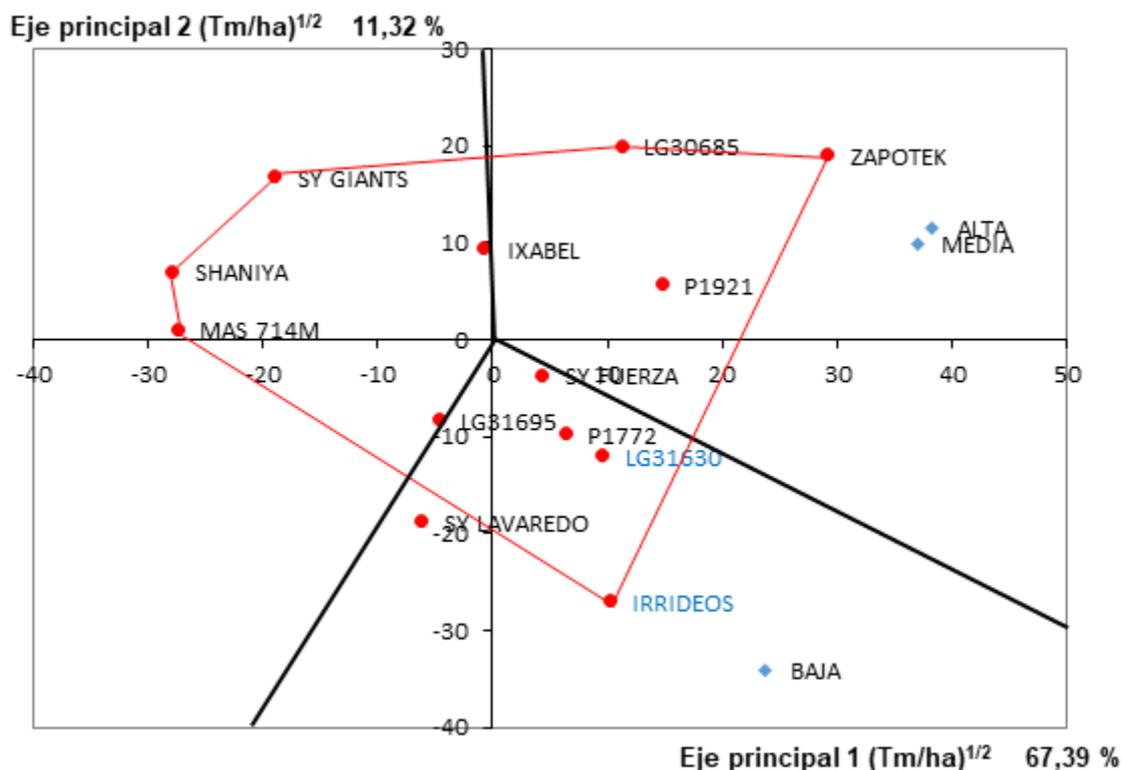


Figura 4.- Biplot G+GE realizado con los valores del PC1 y del PC2 obtenidos con los resultados productivos de las variedades de maíz convencionales de ciclo 600 (en azul) y 700 ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2020 y 2021, en función de la productividad del ensayo.

En la Tabla 24 se muestra el análisis de la varianza de la variable producción que hace referencia al grupo productivo, de las variedades convencionales y transgénicas. Las diferencias de producción entre variedades han resultado significativas ($p = 0,0001$) pero no la producción entre los grupos productivos ($p = 0,20173$) ni se ha detectado que haya una interacción variedad por grupo productivo ($p=0,9497$), lo que indicaría una misma respuesta de las variedades en las zonas productivas preestablecidas.

Tabla 24.- Resultados del análisis de varianza de la variable producción con los datos obtenidos en el marco de trabajo de GENVCE, durante las campañas 2019 y 2020, en función de la productividad del ensayo para las variedades convencionales y transgénicas de ciclos 600 y 700.

	Fuente de variación	Grados de libertad	Factor (fijo / aleatorio)	F	p-valor	Componente varianza (kg/ha) ² · 10 ⁻³	Error estándar (kg/ha) ² · 10 ⁻³
E	Grupo productivo	2	F	11,14	0,2073		
	Localidad*Grupo productivo		A			0,000	3335,895
	Año	1	F	4,78	0,273		
	Localidad*Grupo productivo*Año		A			2163,251	3447,982
G	Variedad	15	F	4,66	0,0001		
G*E	Grupo productivo*Variedad	30	F	0,54	0,9497		
	Localidad*Variedad*Grupo productivo		A			460,278	768,373
	Variedad*Año	15	F	0,19	0,9973		
	Localidad*Grupo productivo*Variedad*Año		A			244,280	793,904
	ERROR		A			1043,439	

Ajuste modelo mixto considerando aleatorio el término Localidad

En las Tablas 25, 26 y 27 se puede observar la producción de las variedades convencionales, dentro de cada grupo productivo (bajo, medio y alto) a modo indicativo.

Tabla 25.- Producción de las variedades de maíz convencionales y transgénicas de ciclo 600 y 700 ensayadas en el marco de GENVCE, durante los años 2020 y 2021, en el grupo productivo bajo. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

VARIEDADES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	NÚMERO DE ENSAYOS
ZAPOTEK	17303	111,0	a	4
DKC6729YG* (T)	16288	104,4	ab	4
P1524Y*	16208	103,9	ab	4
LG31630	15928	102,1	abc	4
P1772	15866	101,7	abc	4
P1921 (T)	15830	101,5	abc	4
IRRIDEOS	15738	100,9	abc	4
LG30685	15592	100,0	bcd	4
DKC6351YG*	15589	100,0	bcd	4
LG31695	15339	98,4	bcd	4
SY LAVAREDO	15246	97,8	bcd	4
SY FUERZA	15098	96,8	bcd	4
SY GIANTS	14882	95,4	bcd	4
IXABEL (T)	14667	94,0	bcd	4
MAS 714M	14377	92,2	cd	4
SHANIYA	13990	89,7	d	4
MEDIA DEL ENSAYO		15496 kg/ha al 14% de humedad		
ÍNDICE 100		15595 kg/ha al 14% de humedad		
Nivel de significación de las variedades		p-valor = 0,081		

* Variedades transgénicas.

Tabla 26.- Producción de las variedades de maíz convencionales de ciclo 600 y 700 ensayadas en el marco de GENVCE, durante los años 2020 y 2021, en el grupo productivo medio. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

VARIETADES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	NÚMERO DE ENSAYOS
LG30685	19501	103,5	a	3
ZAPOTEK	19448	103,2	a	3
DKC6729YG* (T)	19441	103,1	a	3
DKC6351YG*	19169	101,7	ab	3
P1921 (T)	18877	100,1	abc	3
P1524Y*	18850	100,0	abc	3
IRRIDEOS	18351	97,4	abcd	3
IXABEL (T)	18230	96,7	abcd	3
LG31695	18228	96,7	abcd	3
LG31630	18215	96,6	abcd	3
SY FUERZA	18086	96,0	abcd	3
P1772	17938	95,2	abcd	3
SY LAVAREDO	17884	94,9	abcd	3
MAS 714M	17439	92,5	bcd	3
SY GIANTS	17364	92,1	cd	3
SHANIYA	17010	90,2	d	3
MEDIA DEL ENSAYO	18377 kg/ha al 14% de humedad			
ÍNDICE 100	188849 kg/ha al 14% de humedad			
Nivel de significación de las variedades	p-valor = 0,1243			

* Variedades transgénicas.

Tabla 27.- Producción de las variedades de maíz convencionales y transgénicas de ciclo 600 y 700 ensayadas en el marco de GENVCE, durante los años 2020 y 2021, en el grupo productivo alto. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

VARIETADES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	NÚMERO DE ENSAYOS
DKC6729YG* (T)	21942	105,1	a	5
ZAPOTEK	21179	101,4	ab	5
LG30685	21103	101,0	abc	5
SY FUERZA	20994	100,5	abc	5
LG31630	20682	99,0	abcd	5
P1921 (T)	20609	98,7	abcd	5
DKC6351YG*	20532	98,3	abcd	5
IXABEL (T)	20103	96,3	bcde	5
LG31695	19994	95,7	bcde	5
P1524Y*	19876	95,2	bcde	5
P1772	19874	95,2	bcde	5
SY GIANTS	19863	95,1	bcde	5
SY LAVAREDO	19790	94,8	bcde	5
IRRIDEOS	19618	93,9	cde	5
SHANIYA	19366	92,7	de	5
MAS 714M	18797	90,0	e	5
MEDIA DEL ENSAYO	20270 kg/ha al 14% de humedad			
ÍNDICE 100	20885 kg/ha al 14% de humedad			
Nivel de significación de las variedades	p-valor = 0,031			

* Variedades transgénicas.

En la Figura 5 se puede observar el estudio gráfico conjunto del efecto de la variedad y de su interacción con el grupo productivo.

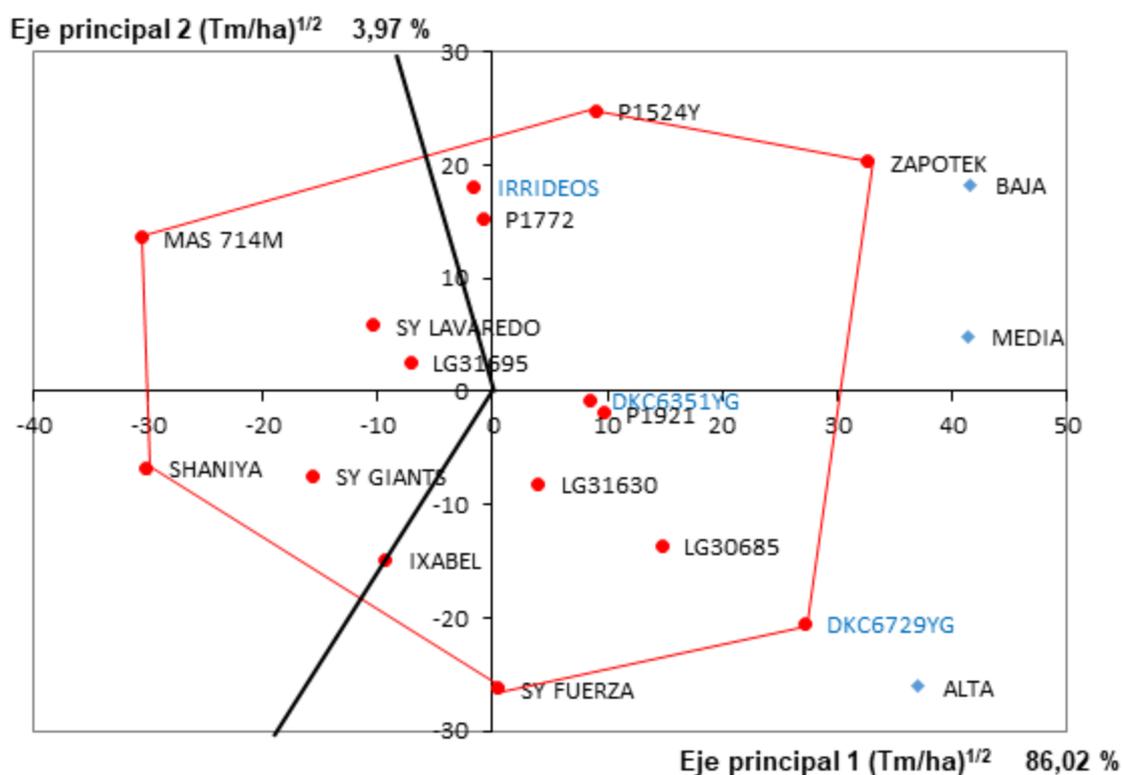


Figura 5.- Biplot G+GE realizado con los valores del PC1 y del PC2 obtenidos con los resultados productivos de las variedades de maíz convencionales y transgénicas de ciclo 600 (en azul) y 700 ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2020 y 2021, en función de la productividad del ensayo.

3.1.4.- Resultados conjuntos de los años 2019-2020-2021

Se ha realizado un estudio conjunto de los resultados de los años 2019, 2020 y 2021 de las variedades convencionales de ciclo 600 y 700.

Se ha ajustado un análisis de varianza de la variable producción para determinar los porcentajes de variación de ésta explicados por los distintos factores del modelo (Tabla 28). No se han observado diferencias significativas de rendimiento entre variedades ni entre las diferentes campañas.

Tabla 28.- Resultados del análisis de varianza de la variable producción de las variedades de maíz convencionales de ciclo 600 y 700, con los datos obtenidos en el marco del grupo GENVCE, durante las campañas 2019, 2020 y 2021.

	Fuente de variación	Grados de libertad	Factor (fijo / aleatorio)	F	p-valor	Componente varianza (kg/ha) ² · 10 ⁻³	Error estándar (kg/ha) ² · 10 ⁻³
W	Año	2	F	2,41	0,1206		
	Localidad		A			2976,135	2413,623
	Localidad*Año		A			4092,443	1646,950
U	Variedad	7	F	2,23	0,1626		
G*E	Variedad*Año	14	F	0,54	0,9077		
	Variedad*Localidad		A			123,953	527,980
	Localidad*Variedad*Año		A			1620,128	0
	ERROR		A			1160,109	

Ajuste modelo mixto considerando aleatorio el término Localidad

En la Tabla 29 se pueden observar las producciones medias de los híbridos convencionales ensayados las campañas 2019, 2020 y 2021. No se han observado diferencias significativas

entres las distintas variedades. Aunque no se han encontrado diferencias significativas, la variedad LG30685 y la testigo P1921 superan el índice de referencia.

Tabla 29.- Producción de las variedades de maíz convencionales de ciclo 600 y 700 ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2019, 2020 y 2021. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

Variedades	Producción (kg/ha 14 % humedad)	Índice productivo (%)	Separación de medias – Test Edwards & Berry ($\alpha = 0.05$)	Número de ensayos
LG30685	17970	103,9	a	26
P1921 (T)	17569	101,6	a	25
LG31630	17200	99,5	a	24
SY FUERZA	17058	98,7	a	24
IXABEL (T)	17010	98,4	a	27
LG31695	16910	97,8	a	27
SY GIANTS	16610	96,1	a	27
SHANIYA	16188	93,6	a	27
Media del ensayo	17064 kg/ha al 14% de humedad			
Índice 100	17289 kg/ha al 14% de humedad			
Coefficiente de variación	6,31 %			

Se ha realizado un estudio conjunto de los resultados de los años 2019, 2020 y 2021 de las variedades convencionales y transgénicas de ciclo 600 y 700. Se ha ajustado un análisis de varianza de la variable producción para determinar los porcentajes de variación de ésta explicados por los distintos factores del modelo (Tabla 30). Se han observado diferencias significativas entre variedades ($p=0,0132$) y estas no han tenido un comportamiento diferencias según el año de ensayo ($p=0,9936$).

Tabla 30.- Resultados del análisis de varianza de la variable producción de las variedades de maíz convencionales y transgénicas de ciclo 600 y 700, con los datos obtenidos en el marco del grupo GENVCE, durante las campañas 2019, 2020 y 2021.

	Fuente de variación	Grados de libertad	Factor (fijo / aleatorio)	F	p-valor	Componente varianza (kg/ha) ² · 10 ⁻³	Error estándar (kg/ha) ² · 10 ⁻³
W	Año	2	F	1,58	0,2527		
	Localidad		A			2636,6	2502,6
	Localidad*Año		A			3467,1	1637,0
U	Variedad	10	F	3,68	0,0132		
G*E	Variedad*Año	20	F	0,29	0,9936		
	Variedad*Localidad		A			0	276,488
	Localidad*Variedad*Año		A			1105,25	529,172
	ERROR		A			1076,47	

Ajuste modelo mixto considerando aleatorio el término Localidad

En la Tabla 31 se pueden observar las producciones medias de las variedades convencionales y transgénicas ensayadas las campañas 2019, 2020 y 2021. El rendimiento ha variado en función de la variedad de forma que las producciones de DKC6729YG y LG30685 han superado significativamente a SHANIYA. El resto de variedades no se ha diferenciado entre grupos de rendimiento.

Tabla 31.- Producción de las variedades de maíz convencionales y transgénicas de ciclo 600 y 700 ensayadas en el marco de GENVE durante los años 2019, 2020 y 2021. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

Variedades	Producción (kg/ha 14 % humedad)	Índice productivo (%)	Separación de medias – Test Edwards & Berry (α = 0.05)	Número de ensayos
DKC6729YG* (T)	18955	104,9	a	18
LG30685	18131	100,3	a	18
P1921 (T)	18021	99,7	ab	17
DKC6351YG*	18005	99,6	ab	18
P1524Y*	17969	99,4	ab	18
SY FUERZA	17678	97,8	ab	18
LG31630	17651	97,7	ab	18
LG31695	17318	95,8	ab	18
IXABEL (T)	17234	95,4	ab	18
SY GIANTS	17169	95,0	ab	18
SHANIYA	16540	91,5	b	18
Media del ensayo	17697 kg/ha al 14% de humedad			
Índice 100	18070 kg/ha al 14% de humedad			
Coefficiente de variación	5,86 %			

* Variedades transgénicas.

3.2- Ciclo 400-500

3.2.1.- Variedades.

En la Tabla 32 se muestran las variedades de maíz de ciclo 400 y 500 ensayadas el año 2021.

Tabla 32.- Variedades de maíz de ciclo 400 y 500 incluidas en los ensayos realizados en el marco de GENVCE, durante el año 2021.

Variedades	Ciclo FAO	Año de ensayo	Registro	Empresa comercializadora
LG3490	400	TESTIGO	Italia (2008)	LIMAGRAIN IBÉRICA
P0937	500	TESTIGO	Italia (2015)	PIONEER - CORTEVA
LAMPARD YG*	400	3º	España (2016)	MAS SEEDS
LG31545	500	3º	Italia (2019)	LIMAGRAIN IBÉRICA
SY SANDRO	400	3º	Italia (2018)	KOIPESOL SEMILLAS
SY CARIOCA	400	3º	Italia (2018)	SYNGENTA
URBANIX	400	3º	Italia (2017)	RAGT IBERICA
47M	400	2º	Italia (2019)	MAS SEEDS
BERLIOZ	400	2º	Eslovaquia (2019)	EURALIS
DKC5362	400	2º	Italia (2016)	DEKALB - BAYER
DKC5685	500	2º	Francia (2018)	DEKALB - BAYER
HOAZIX	400	2º	Italia (2019)	RAGT IBERICA
59K	500	2º	Italia (2020)	MAS SEEDS
P1049	500	2º	Portugal (2017)	PIONEER - CORTEVA
SY BILBAO	500	2º	Italia (2019)	SYNGENTA
INDEM668	500	1º	Italia (2019)	LIDEA
KWS INTELIGENS	400	1º	Italia (2020)	KWS SEMILLAS IBERICA
KWS SELECTO	400	1º	Francia (2020)	KWS SEMILLAS IBERICA
P1049Y*	500	1º	Portugal (2018)	PIONEER - CORTEVA
PIANELLO	500	1º	Italia (2018)	SOUFFLET SEEDS
RGT HUXXO	500	1º	Italia (2020)	RAGT IBÉRICA
SY ANDROMEDA	500	1º	Italia (2019)	SYNGENTA
SY ARNOLD	300	1º	Italia (2021)	SYNGENTA

* Variedades transgénicas.

3.2.2.- Resultados del año 2021

En el análisis conjunto de los ensayos realizados el año 2021 se han incluido 8 ensayos, correspondientes a las localidades de Biota y Ontinar de Salz (Aragón); Las Tiasas, Malpica de Tajo y Espinosa de Henares (Castilla-La Mancha); San Juan de Torres y Fresno de la Ribera (Castilla y León) y Aranjuez (Madrid). Todos ellos han sido válidos en el manejo y en los resultados estadísticos, de modo que no se ha tenido que eliminar ninguno de los ensayos.

En la Tabla 33 se muestran los resultados productivos de los ensayos de las variedades de ciclo 400 y 500 realizados la campaña 2021 para las variedades convencionales. Se han detectado diferencias significativas entre los híbridos ensayados (p -valor 0,0006) y la interacción localidad por variedad ha sido también significativa (p -valor = 0,0001). Las nuevas variedades LG31545, P1049 y INDEM668 junto a las testigo P0937 han superado significativamente a la variedad 47M. El resto de variedades no se ha diferenciado entre grupos productivos.

Tabla 33.- Producción de las variedades de maíz de ciclo 400 y 500 convencionales ensayadas en el marco de GENVCE durante el año 2021, respecto a los testigos LG3490 y P0937. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

Variedades	Producción (kg/ha 14 % humedad)	Índice productivo (%)	Separación de medias – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	Número de ensayos
LG31545	18530	105,8	a	8
P0937 (T)	18503	105,6	a	8
P1049	18392	105,0	a	8
INDEM668	18388	104,9	a	8
SY SANDRO	18303	104,5	ab	8
DKC5685	18148	103,6	ab	8
MAS 59K	18097	103,3	ab	8
SY ANDROMEDA	18061	103,1	ab	8
PIANELLO	18055	103,0	ab	8
RGT HUXOXO	17891	102,1	ab	8
BERLIOZ	17566	100,3	ab	8
SY CARIOCA	17384	99,2	ab	8
SY ARNOLD	17326	98,9	ab	8
KWS SELECTO	17261	98,5	ab	8
HOAZIX	17254	98,5	ab	8
DKC5362	17116	97,7	ab	8
URBANIX	16999	97,0	ab	8
SY BILBAO	16866	96,3	ab	8
KWS INTELIGENS	16666	95,1	ab	8
LG3490 (T)	16538	94,4	ab	8
47M	16260	92,8	b	8
Media del ensayo (kg/ha)	17600 kg/ha al 14% de humedad			
Índice 100 (kg/ha)	17521 kg/ha al 14% de humedad			
Nivel de significación de la variedad	p-valor = 0,0006			
Coeficiente de variación	6,69%			
Nivel de significación de la interacción localidad*variedad	p-valor = 0,0001			

Al evaluar las variedades transgénicas junto con las convencionales de ciclo 400 y 500 en la campaña 2021 se han eliminado las dos localidades en la que no había variedades transgénicas (Espinosa de Henares y Malpica de Tajo). La Tabla 34 muestra que también se encontraron diferencias significativas entre los híbridos ensayados (p-valor = 0,0029) y la interacción localidad por variedad fue igualmente significativa (p-valor = 0,0017). En este caso, las variedades más productivas esta campaña han resultado P1049 y LG31545 que han mostrado un rendimiento significativamente superior al de la variedad 47M.

Tabla 34.- Producción de las variedades de maíz de ciclo 400 y 500 convencionales y transgénicas ensayadas en el marco de GENVCE durante el año 2021, respecto a los testigos LG3490 y P0937. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

Variedades	Producción (kg/ha 14 % humedad)	Índice productivo (%)	Separación de medias – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	Número de ensayos
P1049	18635	107,4	a	6
LG31545	18478	106,5	a	6
P0937 (T)	18209	104,9	ab	6
P1049Y*	18184	104,8	ab	6
MAS 59K	18145	104,6	ab	6
SY SANDRO	18096	104,3	ab	6
DKC5685	18045	104,0	ab	6
INDEM668	17869	103,0	ab	6
PIANELLO	17780	102,5	ab	6
SY ANDROMEDA	17769	102,4	ab	6
SY ARNOLD	17323	99,8	ab	6
SY CARIOCA	17320	99,8	ab	6
RGT HUXXO	17316	99,8	ab	6
BERLIOZ	17296	99,7	ab	6
KWS SELECTO	17095	98,5	ab	6
HOAZIX	17027	98,1	ab	6
KWS INTELIGENS	16812	96,9	ab	6
DKC5362	16721	96,4	ab	6
URBANIX	16706	96,3	ab	6
LAMPARD YG*	16692	96,2	ab	6
SY BILBAO	16583	95,6	ab	6
LG3490 (T)	16494	95,1	ab	6
47M	16050	92,5	b	6
Media del ensayo (kg/ha)	17419 kg/ha al 14% de humedad			
Índice 100 (kg/ha)	17351 kg/ha al 14% de humedad			
Nivel de significación de la variedad	<i>p</i> -valor = 0,0029			
Coeficiente de variación	6,32 %			
Nivel de significación de la interacción localidad*variedad	<i>p</i> -valor = 0,0017			

* Variedades transgénicas.

En la Tabla 35 se presentan los valores medios de parámetros agronómicos medidos en los ensayos en los que se han evaluado el conjunto de variedades (transgénicas y convencionales) en 2021.

La densidad media de plantas de los ensayos realizados ha sido de 8,97 plantas/m². P0937, SY BILBAO y DKC5362 han presentado una densidad de plantas significativamente mayor que KWS INTELIGENS.

La fecha de floración femenina media ha sido el 16 de julio. La variedad más precoz ha sido KWS INTELIGENS, con una floración femenina adelantada tres días respecto la variedad de referencia P0937. Las variedades 47 M, DKC5362, KWS SELECTO, P1049, P1049Y y URBANIX se avanzaron dos días respecto la testigo. Las variedades SY ANDROMEDA y LG31545 han sido las más tardía esta campaña, con una floración 2 días posterior que P0937.

Aunque el modelo estadístico no ha diferenciado significativamente la altura de las variedades, destaca la mayor altura de SY SANDRO y la menor talla de DKC5362. Sí que se han observado diferencias significativas en la altura de inserción de la mazorca, siendo la variedad SY ARNOLD la que ha tenido una mayor altura del nudo de inserción y las variedades KWS INTELIGENS, DKC5362 y DKC5685 las de menor.

Se han observado diferencias significativas entre la humedad de las variedades, siendo las que han presentado una humedad más alta P1049Y, P1049 y MAS 59K (todas ellas de ciclo 500). Las variedades con una humedad significativamente inferior a las anteriores han sido de ciclo 400: HOAZIX, SY ARNOLD (ciclo 300), URBANIX, 47M, LG3490 y DKC5362. También se han observado diferencias significativas en el peso específico del grano, destacando RGT HUXXO, LAMPARD YG, DKC5362 y URBANIX.

Tabla 35.- Densidad de plantas, fecha de floración femenina respecto al testigo P0937 (días), humedad del grano, altura de la planta, altura de inserción de la mazorca, peso específico y porcentaje de plantas rotas, de las variedades de maíz de ciclo 400 y 500 ensayadas en la red GENVCE en el año 2021. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

Variedades	Densidad (plantas/m ²)	Fecha floración femenina (días respecto P0937)	Humedad (%)	Altura planta (cm)	Altura inserción mazorca (cm)	Peso específico (kg/hL)	Plant as rotas (%)
47M	8,76 ab	-2	15,8 d	252 ab	104 ab	77,8 bcdef	0,1
BERLIOZ	8,84 ab	-1	16,4 cd	260 ab	110 ab	75,5 hi	0,1
DKC5362	9,24 a	-2	15,9 d	245 b	95 b	79,6 ab	0,0
DKC5685	8,81 ab	-1	17,2 bcd	252 ab	95 b	78,5 abcd	0,0
HOAZIX	8,90 ab	1	15,1 d	250 ab	103 ab	78,3 abcd	0,1
INDEM668	9,13 ab	1	16,4 cd	259 ab	101 ab	77,4 cdefgh	0,0
KWS INTELIGENS	8,46 b	-3	16,3 cd	262 ab	96 b	75,5 ghi	0,2
KWS SELECTO	8,98 ab	-2	16,7 cd	265 ab	101 ab	76,1 efghi	0,1
LAMPARD YG*	8,67 ab	1	16,5 cd	260 ab	104 ab	79,8 a	0,0
LG31545	9,09 ab	2	16,9 cd	255 ab	98 ab	75,3 ij	0,0
LG3490 (T)	8,62 ab	1	15,8 d	264 ab	107 ab	76,2 efghi	0,1
MAS 59K	8,94 ab	0	18,2 abc	259 ab	107 ab	77,4 cdefg	0,0
P0937 (T)	9,33 a	0	16,5 cd	256 ab	101 ab	77,9 bcdef	0,0
P1049	8,89 ab	-2	19,3 ab	254 ab	102 ab	77,4 cdefg	0,2
P1049Y*	8,92 ab	-2	19,5 a	256 ab	102 ab	77,3 cdefgh	0,0
PIANELLO	9,12 ab	-1	16,6 cd	250 ab	100 ab	78,5 abcd	0,2
RGT HUXXO	9,08 ab	0	16,2 cd	262 ab	107 ab	79,9 a	0,0
SY ANDROMEDA	9,19 ab	2	17,0 cd	259 ab	107 ab	73,5 j	0,0
SY ARNOLD	9,18 ab	0	15,4 d	263 ab	113 a	76,9 defghi	0,1
SY BILBAO	9,27 a	0	16,7 cd	259 ab	105 ab	77,3 cdefgh	0,1
SY CARIOCA	9,09 ab	-1	16,5 cd	253 ab	104 ab	78,0 abcde	0,1
SY SANDRO	8,88 ab	1	17,2 bcd	274 a	106 ab	76,0 fghi	0,5
URBANIX	8,88 ab	-2	15,7 d	257 ab	97 ab	79,1 abc	0,0
Media del ensayo	8,97	16 de julio ¹	16,7	258	103	77,4	0,1
Nivel de significación de las variedades (p-valor)	0,0032	-	<0,0001	0,1135	0,0016	<0,0001	0,5463
Número de ensayos	6	4	6	6	5	3	8

Las separaciones de medias se han realizado con el test de Edwards & Berry ($\alpha=0,05$).

¹ Fecha de floración de la variedad testigo P0937. * Variedades transgénicas. (T) Variedades testigo

En la Figura 6 se observa la representación gráfica de la humedad del grano y el rendimiento de las distintas variedades en el momento de la cosecha. Las variedades de ciclo 400 presentan, en general, una humedad del grano más baja y un menor rendimiento. Puede destacarse las variedades de ciclo 500 LG31545 y P0937 por presentar una producción alta combinada con una humedad de grano de media a media-baja.

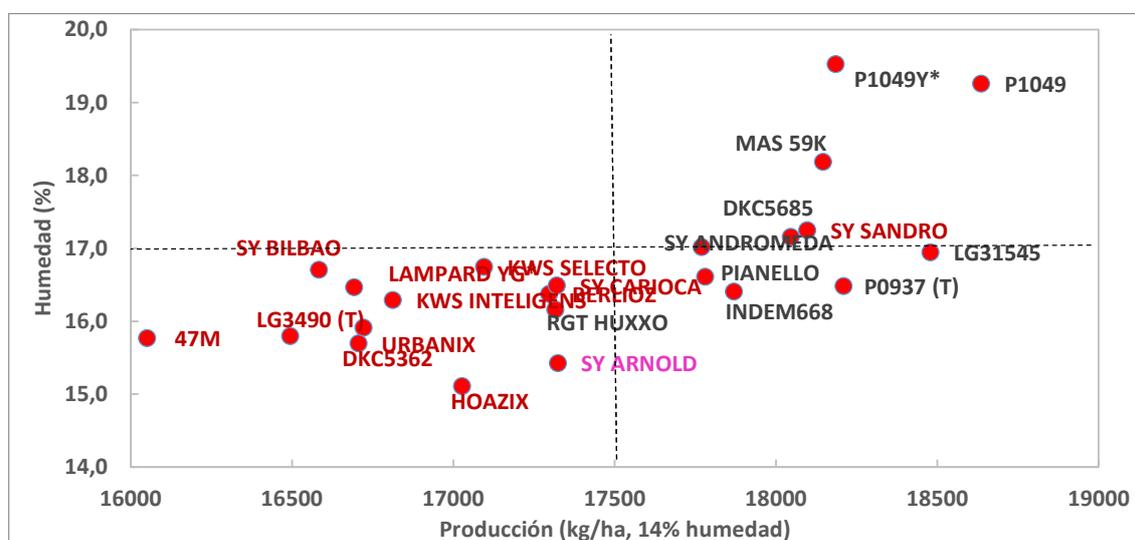


Figura 6.- Producción y humedad del grano de las variedades de maíz de ciclo 300 (rosa), 400 (marrón) y 500 (negro) ensayadas en el marco de GENVCE durante el año 2021. * Variedades transgénicas.

3.2.3.- Resultados conjuntos de los años 2020 y 2021

Para el análisis conjunto de los datos de los años 2020 y 2021 se han considerado las variedades LAMPARD YG*, LG31545, LG3490 (testigo), SY CARIOCA, SY SANDRO, URBANIX, 47M, BERLIOZ, DKC5362, DKC5685, HOAZIX, MAS 59K, P1049 y SY BILBAO. Se han considerado un total de 16 ensayos para el análisis de las variedades convencionales, ocho en cada una de las campañas. En el análisis conjunto de variedades convencionales y transgénicas, se han considerado 6 ensayos en 2021 y 7 en 2020.

Se ha ajustado un análisis de varianza del conjunto de variedades convencionales para la producción que ha permitido determinar los porcentajes de variación de ésta, explicados por los distintos factores del modelo (Tabla 36). Se han observado diferencias significativas de producción entre variedades ($p < 0,0001$) y no ha habido un comportamiento diferencial en función del año de ensayo ($p = 0,3508$).

Tabla 36.- Resultados del análisis de varianza de la producción de variedades de maíz convencionales de ciclo 400 y 500 ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2020-2021.

	Fuente de variación	Grados de libertad	Factor (fijo / aleatorio)	F	p-valor	Componente varianza (kg/ha) ² · 10 ⁻³	Error estándar (kg/ha) ² · 10 ⁻³
A	Año	1	F	1,02	0,3508		
	Localidad		A			0	2736,09
	Localidad*Año		A			4625,362	2743,179
B	Variedad	12	F	5,02	<0,0001		
C	Variedad*Año	12	F	0,42	0,9086		
	Variedad*Localidad		A			102,981	459,131
	Localidad*Variedad*Año		A			1002,753	776,051
	ERROR		A			1047,867	

Ajuste modelo mixto considerando aleatorio el término Localidad

En la Tabla 37 se pueden observar las producciones medias de las variedades ensayadas las campañas 2020 y 2021. Las variedades más productivas han sido LG31545 y P1049 que han mostrado unos rendimientos significativamente más elevados al de las variedades 47M, la testigo LG3490 y URBANIX. Además DKC5685 también ha superado a 47M y LG3490, y SY SANDRO a 47M. El resto de variedades no se ha diferenciado entre grupos productivos al agrupar los ensayos de los dos últimos años.

Tabla 37.- Producción de las variedades de maíz convencionales de ciclo 400 y 500 ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2020-2021. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

Variedades	Producción (kg/ha 14 % humedad)	Índice productivo (%)	Separación de medias – Test Edwards & Berry ($\alpha = 0.05$)	Número de ensayos
LG31545	17945	110,7	a	16
P1049	17917	110,5	a	16
DKC5685	17750	109,5	ab	16
SY SANDRO	17538	108,2	abc	16
BERLIOZ	17292	106,7	abcd	16
MAS 59K	17265	106,5	abcd	16
HOAZIX	16857	104,0	abcd	16
DKC5362	16590	102,4	abcd	16
SY CARIOCA	16530	102,0	abcd	16
SY BILBAO	16486	101,7	abcd	16
URBANIX	16246	100,2	bcd	16
LG3490 (T)	16208	100,0	cd	16
47M	15886	98,0	d	16
Media del ensayo	16962 kg/ha al 14% de humedad			
Índice 100 (kg/ha)	16208 kg/ha al 14% de humedad			
Coefficiente de variación	6,03 %			

(T) Variedades testigo

En la Tabla 38 se puede observar la clasificación en terciles y la varianza genotípica de todas las variedades analizadas. La variedades P1049, DKC5685 y LG31545 destacan con un mayor número de ensayos en el tercil superior de rendimiento. Además las variedades LG31545 y P1049 son también las de mayor inestabilidad genotípica a diferencia de HOAZIX y DKC5685.

Tabla 38.- Análisis de terciles y varianza genotípica (Test de Shukla) de las variedades de maíz convencionales ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2020 y 2021.

Variedades	Análisis de rangos			Varianza genotípica (kg/ha) ² x10 ⁻³
	Superior	Medio	Inferior	
P1049	12	3	1	1463,113
DKC5685	11	5	0	339,694
LG31545	10	3	3	2146,508
SY SANDRO	8	5	3	753,396
MAS 59K	6	8	2	593,582
BERLIOZ	5	8	3	493,59
DKC5362	2	6	8	695,574
HOAZIX	2	7	7	254,705
LG3490 (T)	2	2	12	658,62
SY BILBAO	2	6	8	894,037
SY CARIOCA	2	7	7	747,441
URBANIX	2	3	11	667,558
47M	0	1	15	554,836
GxE (Componente de la varianza)				790,237

El análisis de varianza, para el conjunto de variedades convencionales y transgénicas, de la variable producción para determinar los porcentajes de variación de ésta explicados por los distintos factores del modelo se muestra en la Tabla 39. Se han observado diferencias significativas de producción entre variedades ($p=0,0003$) y no ha habido un comportamiento diferencial en función del año de ensayo ($p=0,3894$).

Tabla 39.- Resultados del análisis de varianza de la producción de variedades de maíz convencionales y transgénicas de ciclo 400 y 500 ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2020-2021.

	Fuente de variación	Grados de libertad	Factor (fijo / aleatorio)	F	p-valor	Componente varianza (kg/ha) ² · 10 ⁻³	Error estándar (kg/ha) ² · 10 ⁻³
M	Año	1	F	0,82	0,3894		
	Localidad		A			0	1462,548
	Localidad*Año		A			2938,244	1421,049
G	Variedad	13	F	4,89	0,0003		
	Variedad*Año	13	F	0,57	0,8346		
G*E	Variedad*Localidad		A			86,863	379,739
	Localidad*Variedad*Año		A			952,597	536,717
	ERROR		A			967,469	

Ajuste modelo mixto considerando aleatorio el término Localidad

En la Tabla 40 se pueden observar las producciones medias de las variedades convencionales junto con las variedad transgénica LAMPARD en las campañas 2020 y 2021. Las variedades P1049 y LG31545 han sido la que han mostrado un mayor rendimiento en los ensayos de las dos últimas campañas, con diferencias significativas respecto a los híbridos 47 M, URBANIX y la testigo LG3490 La variedad DKC5685 también supera estadísticamente a 47 M. El resto de variedades no se ha diferenciado entre grupos productivos, pero pueden destacarse SY SANDRO y MAS 59K por su mayor índice productivo dentro del grupo de comportamiento intermedio.

Tabla 40.- Producción de las variedades de maíz convencionales y transgénicas de ciclo 400 y 500 ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2020-2021. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

Variedades	Producción (kg/ha 14 % humedad)	Índice productivo (%)	Separación de medias – Test Edwards & Berry ($\alpha = 0.05$)	Número de ensayos
P1049	18074	111,7	a	13
LG31545	18024	111,4	a	13
DKC5685	17708	109,5	ab	13
SY SANDRO	17392	107,5	abc	13
MAS 59K	17291	106,9	abc	13
BERLIOZ	17030	105,3	abc	13
HOAZIX	16738	103,5	abc	13
SY CARIOCA	16535	102,2	abc	13
SY BILBAO	16514	102,1	abc	13
DKC5362	16372	101,2	abc	13
LAMPARD YG*	16360	101,1	abc	13
LG3490 (T)	16175	100,0	bc	13
URBANIX	15985	98,8	bc	13
47M	15792	97,6	c	13
Media del ensayo	16856 kg/ha al 14% de humedad			
Índice 100 (kg/ha)	16175 kg/ha al 14% de humedad			
Coefficiente de variación	5,84 %			

* Variedades transgénicas. (T) Variedades testigo

En la Tabla 41 se puede observar la clasificación en terciles y la varianza genotípica de todas las variedades convencionales y transgénicas analizadas. Las variedades DKC5685, P1049 y LG31545 estuvieron presentes en el tercil de mayor producción en el 85% de los ensayos. También las variedades MAS 59K, SY SANDRO y BERLIOZ han estado en la mayoría de los ensayos en el tercil superior o medio. Destaca la mayor respuesta de P1049 y LG31545 al ambiente (mayor inestabilidad genotípica) a diferencia de HOAZIX, LAMPARD YG y DKC5685 que presentan mayor estabilidad genotípica.

Tabla 41.- Análisis de terciles y varianza genotípica (Test de Shukla) de las variedades de maíz convencionales y transgénicas ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2020 y 2021.

Variedades	Análisis de rangos			Varianza genotípica (kg/ha) ² x10 ⁻³
	Superior	Medio	Inferior	
DKC5685	11	2	0	327,575
P1049	11	2	0	1311,942
LG31545	11	1	1	2011,86
MAS 59K	8	4	1	725,472
SY SANDRO	6	4	3	869,253
BERLIOZ	5	5	3	667,107
SY BILBAO	4	4	5	637,099
SY CARIOCA	2	6	5	705,264
LAMPARD YG*	2	5	6	278,095
LG3490 (T)	2	2	9	742,861
HOAZIX	1	9	3	244,758
DKC5362	1	5	7	584,999
URBANIX	1	1	11	470,128
47M	0	1	12	657,674
GxE (Componente de la varianza)				733,084

* Variedades transgénicas.

3.2.3.1.- Comportamiento varietal en función de la zona geográfica

Se han agrupado los ensayos en dos zonas geográficas, con el objetivo de facilitar la interpretación de la interacción variedad por ambiente:

1.- Norte: incluye los ensayos de Aragón, Castilla y León y Navarra. Representa una agrupación de nueve ensayos.

2.- Centro: incluye los ensayos de Castilla-La Mancha y Madrid. Representa una agrupación de siete ensayos.

En la Tabla 42 aparece, para las variedades convencionales, el análisis de la varianza de la variable producción que incluye, como partición del término variedad por ambiente, los efectos derivados de la zona geográfica, además de los consabidos del año y de la localidad de ensayo. Se han detectado diferencias significativas de producción entre variedades ($p < 0,0001$). Por el contrario, no se han observado diferencias significativas entre las zonas geográficas preestablecidas ($p = 0,9006$) y la interacción variedad por zona geográfica no ha sido significativa ($p = 0,6548$), lo que indica una respuesta homogénea de las variedades en todas las zonas preestablecidas.

Tabla 42.- Resultados del análisis de varianza de la variable producción con los datos obtenidos en el marco de trabajo de GENVCE durante las campañas 2020 y 2021, en función de la zona geográfica, para las variedades de maíz convencionales.

	Fuente de variación	Grados de libertad	Factor (fijo / aleatorio)	F	p-valor	Componente varianza (kg/ha) ² · 10 ⁻³	Error estándar (kg/ha) ² · 10 ⁻³
E	Zona Geográfica	1	F	0,02	0,9008		
	Zona Geográfica*Año	2	F	0,67	0,5303		
	Localidad*Zona Geográfica*Año		A			5419,375	2253,201
U	Variedad	12	F	7,46	<0,0001		
E U	Zona Geográfica*Variedad	12	F	0,79	0,6548		
	Zona Geográfica*Variedad*Año	24	F	0,68	0,8506		
	Localidad*Zona Geográfica*Variedad*Año		A			788,352	187,334
	ERROR		A			1047,867	

Ajuste modelo mixto considerando aleatorio el término Localidad

En las Tablas 43 y 44 se pueden observar las producciones de las distintas variedades en función de las zonas geográficas (Norte y Centro). Estas tablas se presentan únicamente a título orientativo, puesto que la interacción variedad por zona geográfica no ha sido significativa.

Tabla 43.- Producción de las variedades de maíz convencionales ensayadas en el marco de GENVCE, durante los años 2020-2021, en la zona geográfica Centro. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

VARIETADES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	NÚMERO DE ENSAYOS
LG31545	18573	114,1	a	7
P1049	18224	112,0	ab	7
DKC5685	17841	109,6	abc	7
SY SANDRO	17596	108,1	abcd	7
BERLIOZ	17442	107,2	bcde	7
MAS 59K	17238	105,9	bcdef	7
HOAZIX	17145	105,4	bcdef	7
DKC5362	16901	103,9	cdef	7
URBANIX	16675	102,5	def	7
SY CARIOCA	16441	101,0	efg	7
LG3490 (T)	16271	100,0	fg	7
SY BILBAO	16243	99,8	fg	7
47M	15525	95,4	g	7
MEDIA DEL ENSAYO		17086 kg/ha al 14% de humedad		
ÍNDICE 100		16271 kg/ha al 14% de humedad		
Nivel de significación de las variedades		$p\text{-valor} < 0,0001$		

Tabla 44.- Producción de las variedades de maíz convencionales ensayadas en el marco de GENVE, durante los años 2020 y 2021 en la zona geográfica del Norte. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

VARIETADES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	NÚMERO DE ENSAYOS
P1049	17878	109,9	a	9
DKC5685	17719	108,9	ab	9
SY SANDRO	17643	108,5	abc	9
LG31545	17597	108,2	abcd	9
MAS 59K	17423	107,1	abcd	9
BERLIOZ	16934	104,1	abcde	9
HOAZIX	16741	102,9	bcde	9
SY BILBAO	16720	102,8	cde	9
SY CARIOCA	16651	102,4	de	9
DKC5362	16371	100,6	e	9
LG3490 (T)	16266	100,0	e	9
47M	16190	99,5	e	9
URBANIX	16005	98,4	e	9
MEDIA DEL ENSAYO		16934 kg/ha al 14% de humedad		
ÍNDICE 100		16266 kg/ha al 14% de humedad		
Nivel de significación de las variedades		<i>p</i> -valor = 0,0006		

A continuación se presenta el estudio gráfico conjunto del efecto de la variedad y de su interacción con el ambiente mediante la metodología del biplot G+GE. El análisis gráfico se realiza utilizando los valores de los dos primeros componentes principales (PC1 y PC2) obtenidos a partir de los valores centrados de cada uno de los ambientes. En la Figura 9 se observa el biplot G+GE utilizando como unidad ambiental la zona geográfica. Este análisis se presenta únicamente a título orientativo pues no se ha observado una interacción significativa entre la variedad y la zona geográfica. Los resultados muestran una tendencia a un mejor comportamiento relativo de la variedad LG31545 en ensayos de la zona centro.

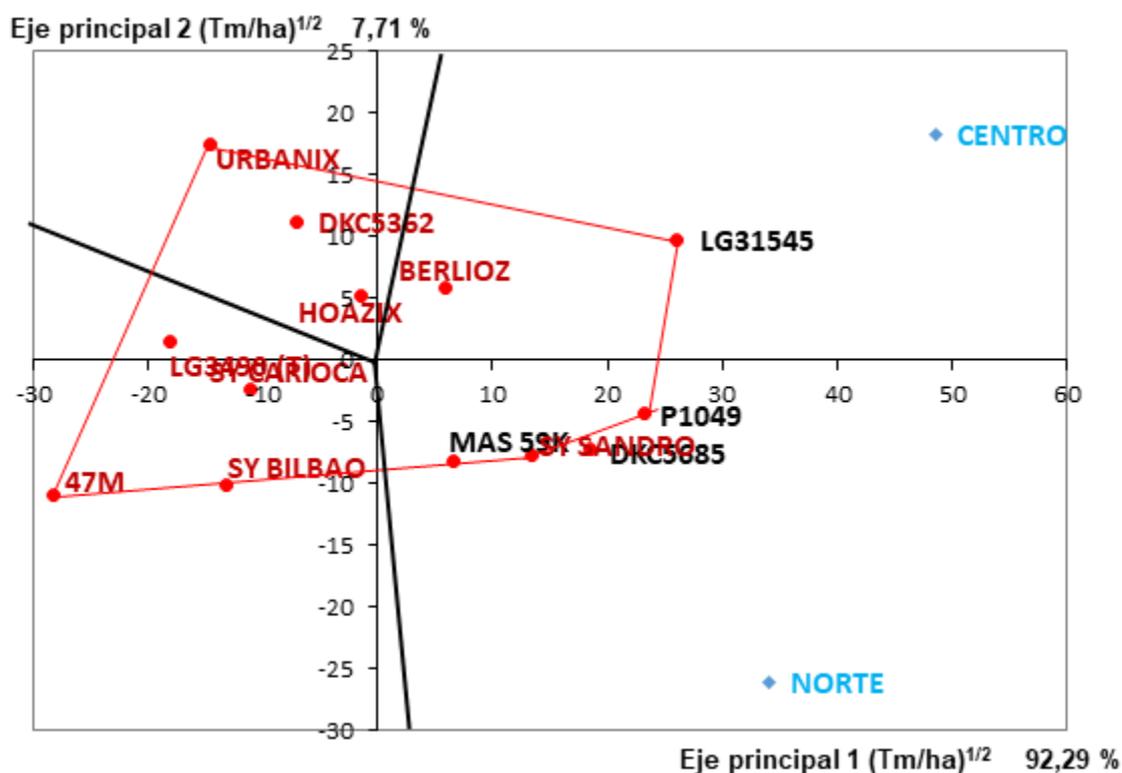


Figura 7.- Biplot G+GE realizado con los valores del PC1 y del PC2 obtenidos con los resultados productivos de las variedades de maíz convencionales ensayadas en el marco de GENVE durante los años 2020-2021, en función de la zona geográfica.

En la Tabla 45 se presenta para las variedades convencionales y transgénicas, el análisis de la varianza de la variable producción. Se han detectado diferencias significativas de producción entre variedades ($p < 0,0001$) y no se han observado diferencias significativas entre las zonas geográficas preestablecidas ($p = 0,9707$). La interacción variedad por zona geográfica no ha sido significativa ($p = 0,6945$), lo que indica una respuesta homogénea de las variedades en todas las zonas preestablecidas.

Tabla 45.- Resultados del análisis de varianza de la variable producción con los datos obtenidos en el marco de trabajo de GENVCE durante las campañas 2020 y 2021, en función de la zona geográfica, para las variedades de maíz convencionales y transgénicas.

	Fuente de variación	Grados de libertad	Factor (fijo / aleatorio)	F	p-valor	Componente varianza (kg/ha) ² · 10 ⁻³	Error estándar (kg/ha) ² · 10 ⁻³
E	Zona Geográfica	1	F	0,00	0,9707		
	Zona Geográfica*Año	2	F	1,12	0,3686		
	Localidad*Zona Geográfica*Año		A			2647,636	1310,394
G	Variedad	13	F	5	<0,0001		
G*E	Zona Geográfica*Variedad	13	F	0,76	0,6945		
	Variedad*Zona Geográfica*Año	26	F	1,1	0,3657		
	Localidad*Zona Geográfica*Variedad*Año		A			1285,929	254,903
	ERROR		A			967,469	

Ajuste modelo mixto considerando aleatorio el término Localidad

En las Tablas 46 y 47 se pueden observar las producciones de las distintas variedades en función de las zonas geográficas (Norte y Centro). Estas tablas se presentan únicamente a título orientativo, puesto que la interacción variedad por zona geográfica no ha sido significativa.

Tabla 46.- Producción de las variedades de maíz convencionales y transgénicas ensayadas en el marco de GENVCE, durante los años 2020-2021, en la zona geográfica Centro. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

VARIETADES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	NÚMERO DE ENSAYOS
LG31545	19147	119,1	a	4
P1049	18687	116,3	ab	4
DKC5685	17738	110,4	abc	4
BERLIOZ	17282	107,5	bc	4
MAS 59K	17133	106,6	bc	4
SY SANDRO	16987	105,7	bc	4
HOAZIX	16860	104,9	c	4
DKC5362	16430	102,2	cd	4
LAMPARD YG*	16354	101,7	cd	4
SY CARIOCA	16343	101,7	cd	4
SY BILBAO	16178	100,7	cd	4
LG3490 (T)	16073	100,0	cd	4
URBANIX	16030	99,7	cd	4
47M	14890	92,6	d	4
MEDIA DEL ENSAYO		16863 kg/ha al 14% de humedad		
ÍNDICE 100		16073 kg/ha al 14% de humedad		
Nivel de significación de las variedades		$p\text{-valor} = 0,0009$		

* Variedades transgénicas.

Tabla 47.- Producción de las variedades de maíz convencionales y transgénicas ensayadas en el marco de GENVCE, durante los años 2020 y 2021 en la zona geográfica del Norte. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

VARIETADES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	NÚMERO DE ENSAYOS
P1049	17878	109,9	a	9
DKC5685	17719	108,9	ab	9
SY SANDRO	17643	108,5	ab	9
LG31545	17597	108,2	ab	9
MAS 59K	17423	107,1	abc	9
BERLIOZ	16934	104,1	abcd	9
HOAZIX	16741	102,9	abcd	9
SY BILBAO	16720	102,8	abcd	9
SY CARIOCA	16651	102,4	bcd	9
LAMPARD YG*	16617	102,2	bcd	9
DKC5362	16371	100,6	cd	9
LG3490 (T)	16266	100,0	cd	9
47M	16093	98,9	d	9
URBANIX	16005	98,4	d	9
MEDIA DEL ENSAYO	16904 kg/ha al 14% de humedad			
ÍNDICE 100	16266 kg/ha al 14% de humedad			
Nivel de significación de las variedades	$p\text{-valor} = 0,0125$			

* Variedades transgénicas.

A continuación se presenta, para las variedades convencionales y transgénicas, el estudio gráfico conjunto del efecto de la variedad y de su interacción con el ambiente mediante la metodología del biplot G+GE. El análisis gráfico se realiza utilizando los valores de los dos primeros componentes principales (PC1 y PC2) obtenidos a partir de los valores centrados de cada uno de los ambientes. En la Figura 8s e observa el biplot G+GE utilizando como unidad ambiental la zona geográfica del ensayo. Los resultados muestran también una tendencia a un mejor comportamiento relativo del híbrido LG31545 en ensayos de la zona centro al incluir solamente los ensayos que incluyen transgénicas.

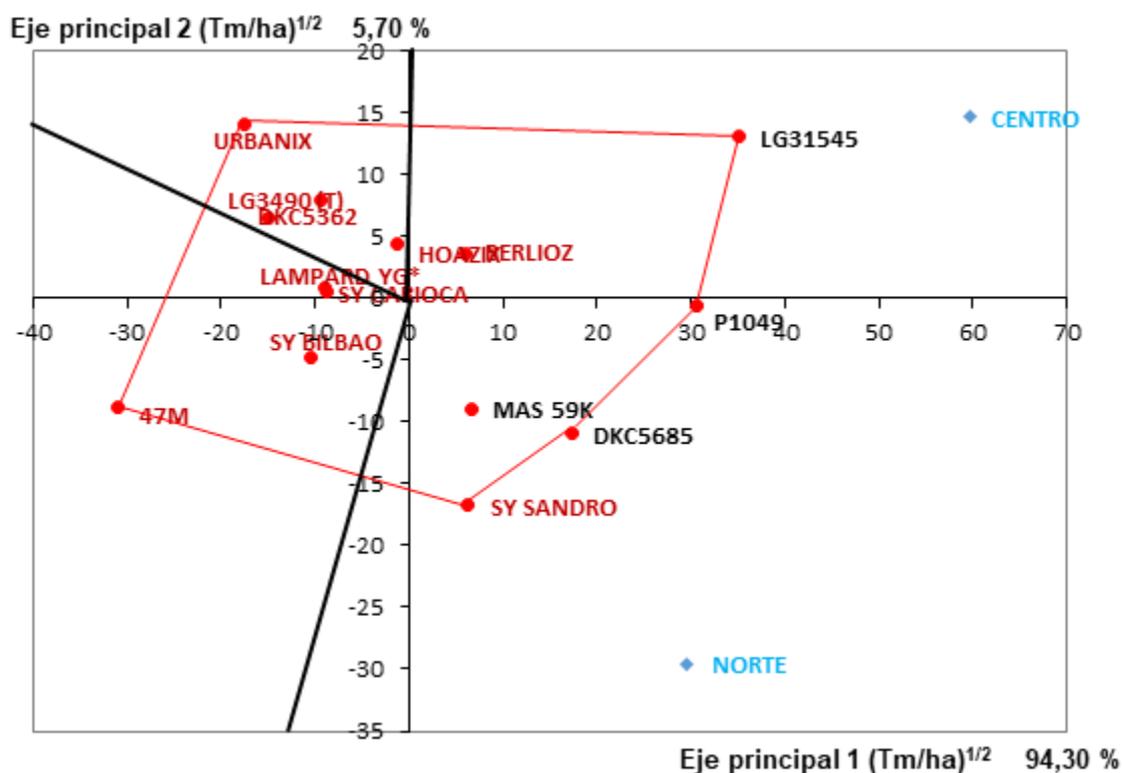


Figura 9.- Biplot G+GE realizado con los valores del PC1 y del PC2 obtenidos con los resultados productivos de las variedades de maíz convencionales y transgénicas ensayadas en la red GENVCE durante los años 2020-2021, en función de la zona geográfica del ensayo.

3.2.3.2.- Comportamiento varietal en función de la productividad del ensayo

Se han agrupado los ensayos en función de su producción media, con el objetivo de facilitar la interpretación de la interacción variedad por ambiente. La producción media obtenida a partir del análisis de terciles es función de la campaña:

- 1.- Baja: incluye ensayos con producciones medias de las variedades convencionales inferiores a 16000 kg/ha, representando una agrupación de cinco ensayos.
- 2.- Media: incluye ensayos con producciones medias de las variedades convencionales (o convencionales y transgénicas) comprendidas entre 16000 y 17000 kg/ha. Representa una agrupación de seis ensayos.
- 3.- Alta: incluye ensayos con producciones medias de las variedades convencionales (o convencionales y transgénicas) superiores a 17000 kg/ha. Representa una agrupación de cinco ensayos.

La Tabla 48 recoge, para las variedades convencionales, el análisis de la varianza de la variable producción que incluye, como partición del término variedad por ambiente, los efectos derivados del grupo productivo, además de los consabidos del año y de la localidad de ensayo. Se han detectado diferencias significativas de producción entre los grupos productivos establecidos ($p=0,0012$) y entre las variedades ($p=0,0109$). No se ha observado una interacción variedad por grupo productivo significativa ($p=0,5535$), en consecuencia, el comportamiento de las variedades no ha diferido en función de la productividad del ensayo.

Tabla 48.- Resultados del análisis de varianza de la variable producción con los datos obtenidos en el marco de trabajo de GENVCE, durante las campañas 2020-2021 en función de la productividad de los ensayos de las variedades convencionales.

	Fuente de variación	Grados de libertad	Factor (fijo / aleatorio)	F	p-valor	Componente varianza (kg/ha) ² · 10 ⁻³	Error estándar (kg/ha) ² · 10 ⁻³
E	Grupo Productivo	2	F	14,61	0,0012		
	Localidad*Grupo Productivo		A			1476,961	706,816
	Año	1	F	1,6	0,2336		
	Localidad*Grupo Productivo*Año		A			0	.
G	Variedad	12	F	6,89	0,0109		
G*E	Grupo Productivo*Variedad	24	F	0,99	0,5535		
	Localidad*Variedad*Grupo Productivo		A			0	569,152
	Variedad*Año	12	F	0,61	0,7839		
	Localidad*Grupo Productivo*Variedad*Año		A			746,18	578,999
	ERROR		A			1047,867	

Ajuste modelo mixto considerando aleatorio el término Localidad

En las Tablas 49, 50 y 51 se pueden observar las producciones de las distintas variedades en función de los grupos productivos. Estas tablas se presentan únicamente a título orientativo, puesto que no hay que olvidar que la interacción variedad por grupo productivo no ha sido significativa y, en consecuencia, las variedades se comportan de forma similar en los diferentes grupos productivos.

Tabla 49.- Producción de las variedades de maíz convencionales ensayadas en el marco de GENVCE, durante los años 2020-2021, en el grupo de productividad baja. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

VARIEDADES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	NÚMERO DE ENSAYOS
LG31545	15860	109,8	a	5
SY SANDRO	15717	108,8	a	5
DKC5685	15325	106,1	ab	5
MAS 59K	14978	103,7	ab	5
DKC5362	14966	103,6	ab	5
BERLIOZ	14964	103,6	ab	5
P1049	14950	103,5	ab	5
SY BILBAO	14926	103,3	ab	5
HOAZIX	14734	102,0	ab	5
SY CARIOCA	14647	101,4	ab	5
URBANIX	14495	100,3	ab	5
LG3490 (T)	14449	100,0	ab	5
47M	14008	96,9	b	5
MEDIA DEL ENSAYO		14925 kg/ha al 14% de humedad		
ÍNDICE 100		14449 kg/ha al 14% de humedad		
Nivel de significación de las variedades		<i>p</i> -valor = 0,4416		

Tabla 50.- Producción de las variedades de maíz convencionales ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2020-2021, en el grupo de productividad media. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

VARIEDADES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	NÚMERO DE ENSAYOS
P1049	17616	112,8	a	6
DKC5685	17543	112,3	ab	6
SY SANDRO	17201	110,1	abc	6
BERLIOZ	17016	109,0	abcd	6
LG31545	17005	108,9	abcd	6
MAS 59K	16974	108,7	abcd	6
HOAZIX	16615	106,4	abcde	6
DKC5362	16578	106,1	abcde	6
SY CARIOCA	16129	103,3	bcde	6
URBANIX	15893	101,8	cde	6
LG3490 (T)	15618	100,0	de	6
SY BILBAO	15429	98,8	e	6
47M	15407	98,6	e	6
MEDIA DEL ENSAYO		16540 kg/ha al 14% de humedad		
ÍNDICE 100		15618 kg/ha al 14% de humedad		
Nivel de significación de las variedades		<i>p</i> -valor = 0,0618		

Tabla 51.- Producción de las variedades de maíz convencionales ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2020-2021, en el grupo de productividad alta. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

VARIETADES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	NÚMERO DE ENSAYOS
LG31545	20926	112,6	a	5
P1049	20919	112,6	a	5
DKC5685	20104	108,2	ab	5
MAS 59K	19700	106,0	abc	5
SY SANDRO	19425	104,5	abcd	5
BERLIOZ	19258	103,6	bcd	5
SY BILBAO	19131	103,0	bcd	5
HOAZIX	19088	102,7	bcd	5
LG3490 (T)	18581	100,0	bcd	5
SY CARIOCA	18379	98,9	cd	5
URBANIX	18301	98,5	cd	5
DKC5362	18181	97,8	cd	5
47M	18031	97,0	d	5

MEDIA DEL ENSAYO	19233 kg/ha al 14% de humedad
ÍNDICE 100	18581 kg/ha al 14% de humedad
Nivel de significación de las variedades	<i>p</i> -valor = 0,0357

A continuación se presenta el estudio gráfico conjunto del efecto de la variedad y de su interacción con el ambiente mediante la metodología del biplot G+GE. El análisis gráfico se realiza utilizando los valores de los dos primeros componentes principales (PC1 y PC2) obtenidos a partir de los valores centrados de cada uno de los ambientes. En la Figura 9 se observa el biplot G+GE utilizando como unidad ambiental el grupo productivo. Este análisis se presenta únicamente a título orientativo pues no se ha observado una interacción significativa entre la variedad y el grupo productivo. Los resultados sugieren un mejor comportamiento relativo de la variedad LG31545 en los ambientes más productivos, hecho que podría explicar su mayor inestabilidad genotípica.

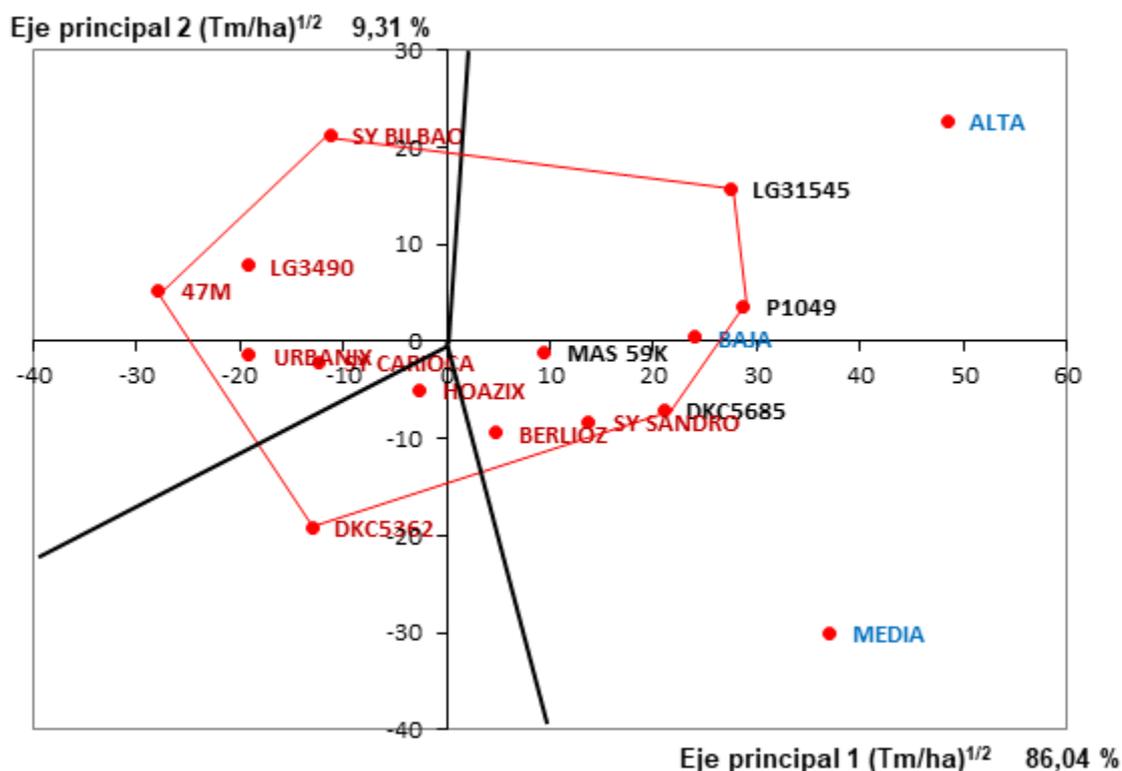


Figura 9.- Biplot G+GE realizado con los valores del PC1 y del PC2 obtenidos con los resultados productivos de las variedades de maíz convencionales ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2020-2021, en función de la Grupo productivo.

En la Tabla 52 aparece, para variedades convencionales y transgénicas, el análisis de la varianza de la variable producción que incluye, como partición del término variedad por ambiente, los efectos derivados del grupo productivo, además de los consabidos del año y de la localidad de ensayo. Se han detectado diferencias significativas de producción entre los grupos productivos establecidos ($p < 0,0001$) y entre las variedades ($p < 0,0001$), y no se ha observado una interacción variedad por grupo productivo significativa ($p = 0,8341$). En consecuencia, el comportamiento de las variedades no ha diferido en función de la productividad del ensayo.

Tabla 52.- Resultados del análisis de varianza de la variable producción con los datos obtenidos en el marco de trabajo de GENVCE, durante las campañas 2020-2021 en función de la productividad del ensayo de las variedades convencionales y transgénicas.

	Fuente de variación	Grados de libertad	Factor (fijo / aleatorio)	F	p-valor	Componente varianza (kg/ha) ² · 10 ⁻³	Error estándar (kg/ha) ² · 10 ⁻³
⊞	Grupo Productivo	2	F	19,01	<0,0001		
	Localidad*Grupo Productivo		A			0	570,095
	Año	1	F	4,54	0,0357		
	Localidad*Grupo Productivo*Año		A			876,386	0
⊙	Variedad	13	F	5,69	<0,0001		
⊞ * ⊙	Grupo Productivo*Variedad	26	F	0,67	0,8341		
	Localidad*Variedad*Grupo Productivo		A			100,106	651,885
	Variedad*Año	13	F	1,4	0,2468		
	Localidad*Grupo Productivo*Variedad*Año		A			605,798	687,881
	ERROR		A			967,469	

Ajuste modelo mixto considerando aleatorio el término Localidad

En las Tablas 53, 54 y 55 se pueden observar las producciones agrupando variedades convencionales y transgénicas en función de la productividad del ensayo. Estas tablas se presentan únicamente a título orientativo, puesto que la interacción variedad por grupo productivo no ha sido significativa.

Tabla 53.- Producción de las variedades de maíz convencionales y transgénicas ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2020-2021, en el grupo de productividad baja. Medias ajustadas por mínimos cuadrados. * Variedades transgénicas

VARIEDADES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	NÚMERO DE ENSAYOS
LG31545	16249	110,3	a	4
DKC5685	16043	108,9	ab	4
P1049	16026	108,8	ab	4
BERLIOZ	15253	103,6	ab	4
SY SANDRO	15239	103,5	ab	4
SY CARIOCA	15216	103,3	ab	4
MAS 59K	15206	103,2	ab	4
SY BILBAO	15108	102,6	abc	4
LAMPARD YG*	14940	101,4	abc	4
DKC5362	14929	101,4	abc	4
URBANIX	14909	101,2	abc	4
HOAZIX	14840	100,8	abc	4
LG3490 (T)	14729	100,0	bc	4
47M	13219	89,7	c	4
MEDIA DEL ENSAYO		15136 kg/ha al 14% de humedad		
ÍNDICE 100		14729 kg/ha al 14% de humedad		
Nivel de significación de las variedades		p-valor = 0,2125		

Tabla 54.- Producción de las variedades de maíz convencionales y transgénicas ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2020-2021, en el grupo de productividad media. Medias ajustadas por mínimos cuadrados. * *Variedades transgénicas*

VARIEDADES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	NÚMERO DE ENSAYOS
LG31545	17337	114,5	a	4
SY SANDRO	17248	114,0	ab	4
P1049	17129	113,2	ab	4
DKC5685	17016	112,4	ab	4
MAS 59K	16676	110,2	abc	4
BERLIOZ	16451	108,7	abc	4
SY CARIOCA	16253	107,4	abc	4
HOAZIX	16224	107,2	abc	4
DKC5362	16213	107,1	abc	4
LAMPARD YG*	15664	103,5	bc	4
47M	15528	102,6	bc	4
SY BILBAO	15238	100,7	c	4
LG3490 (T)	15136	100,0	c	4
URBANIX	15056	99,5	c	4
MEDIA DEL ENSAYO	16226kg/ha al 14% de humedad			
ÍNDICE 100	15136 kg/ha al 14% de humedad			
Nivel de significación de las variedades	<i>p</i> -valor = 0,0931			

Tabla 55.- Producción de las variedades de maíz convencionales y transgénicas ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2020-2021, en el grupo de productividad alta. Medias ajustadas por mínimos cuadrados. * *Variedades transgénicas*

VARIEDADES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS – Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	NÚMERO DE ENSAYOS
P1049	20464	112,8	a	5
LG31545	19951	110,0	ab	5
DKC5685	19573	107,9	abc	5
MAS 59K	19461	107,3	abc	5
SY SANDRO	19276	106,2	abcd	5
BERLIOZ	18903	104,2	bcde	5
SY BILBAO	18696	103,0	bcde	5
HOAZIX	18597	102,5	bcde	5
LAMPARD YG*	18304	100,9	cde	5
LG3490 (T)	18144	100,0	cde	5
SY CARIOCA	17820	98,2	de	5
47M	17567	96,8	de	5
URBANIX	17470	96,3	e	5
DKC5362	17461	96,2	e	5
MEDIA DEL ENSAYO	18692 kg/ha al 14% de humedad			
ÍNDICE 100	18144 kg/ha al 14% de humedad			
Nivel de significación de las variedades	<i>p</i> -valor = 0,0069			

A continuación se presenta, para las variedades convencionales y transgénicas, el estudio gráfico conjunto del efecto de la variedad y de su interacción con el ambiente mediante la metodología del biplot G+GE. El análisis gráfico se realiza utilizando los valores de los dos primeros componentes principales (PC1 y PC2) obtenidos a partir de los valores centrados de cada uno de los ambientes. En la Figura 10 se observa el biplot G+GE utilizando como unidad ambiental el grupo de productividad del ensayo. La variedad P1049 ha mostrado un buen comportamiento en todas los grupos productivos siendo la de mejor comportamiento relativo en los ensayos de mayor rendimiento.

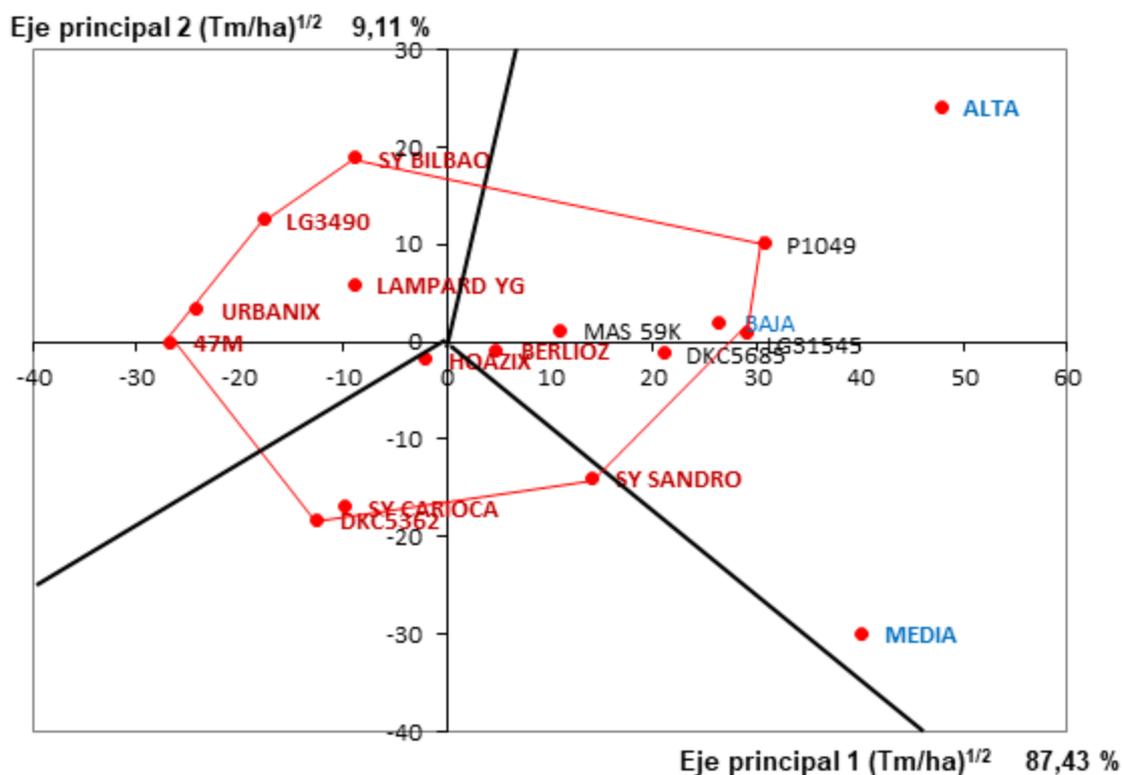


Figura 10.- Biplot G+GE realizado con los valores del PC1 y del PC2 obtenidos con los resultados productivos de las variedades de maíz convencionales y transgénicas ensayadas en la red GENVCE durante los años 2020-2021, en función de la productividad del ensayo.

3.2.4.- Resultados conjuntos de los años 2019-2020-2021

Se ha realizado un estudio conjunto de los resultados de los años 2019, 2020 y 2021 de las variedades convencionales de ciclo 400 y 500.

Se ha ajustado un análisis de varianza de la variable producción de las variedades de maíz convencionales para determinar los porcentajes de variación de ésta explicados por los distintos factores del modelo (Tabla 56). Se han encontrado diferencias significativas entre variedades, pero no entre las campañas de estudio, si bien éstas han tenido a diferenciarse ($p = 0,0652$). La interacción variedad y años tampoco ha resultado significativa.

Tabla 56.- Resultados del análisis de varianza de la variable producción de las variedades de maíz convencionales de ciclo 400 y 500, con los datos obtenidos en el marco del grupo GENVCE, durante las campañas 2019, 2020 y 2021.

	Fuente de variación	Grados de libertad	Factor (fijo / aleatorio)	F	p-valor	Componente varianza (kg/ha) ² · 10 ⁻³	Error estándar (kg/ha) ² · 10 ⁻³
∩	Año	2	F	3,31	0,0652		
	Localidad		A			985,42	1515,299
	Localidad*Año		A			2115,609	1125,426
∩	Variedad	4	F	3,47	0,0101		
∩ [*] ∩ [*] ∩ [*]	Variedad*Año	8	F	0,53	0,8349		
	Variedad*Localidad		A			0	2197,038
	Localidad*Variedad*Año		A			2292,986	0
	ERROR		A			1150,296	

Ajuste modelo mixto considerando aleatorio el término Localidad

En la Tabla 57 se pueden observar las producciones medias de los híbridos convencionales ensayados las campañas 2019, 2020 y 2022. Destaca el rendimiento de las variedades SY SANDRO y LG31545 al analizar el conjunto de ensayos.

Tabla 57.- Producción de las variedades de maíz convencionales de ciclo 400 y 500 ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2019, 2020 y 2021. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

Variedades	Producción (kg/ha 14 % humedad)	Índice productivo (%)	Separación de medias - Test Edwards & Berry (α = 0.05)	Número de ensayos
SY SANDRO	16903	107,0	a	28
LG31545	16900	107,0	ab	28
SY CARIOCA	16067	101,7	ab	28
LG3490 (T)	15792	100,0	ab	28
URBANIX	15607	98,8	b	28
Media del ensayo	16254 kg/ha al 14% de humedad			
Índice 100	15792 kg/ha al 14% de humedad			
Coefficiente de variación	6,80 %			

Se ha realizado un estudio conjunto de los resultados de los años 2019, 2020 y 2021 de las variedades convencionales y transgénicas de ciclo 400 y 500. Se ha ajustado un análisis de varianza de la variable producción para determinar los porcentajes de variación de ésta explicados por los distintos factores del modelo (Tabla 58). Se han encontrado diferencias significativas entre variedades, pero no entre las campañas de estudio y la interacción variedad y años tampoco ha resultado significativa

Tabla 58.- Resultados del análisis de varianza de la variable producción de las variedades de maíz convencionales y transgénicas de ciclo 400 y 500, con los datos obtenidos en el marco del grupo GENVCE, durante las campañas 2019, 2020 y 2021.

	Fuente de variación	Grados de libertad	Factor (fijo / aleatorio)	F	p-valor	Componente varianza (kg/ha) ² · 10 ⁻³	Error estándar (kg/ha) ² · 10 ⁻³
∩	Año	2	F	2,33	0,134		
	Localidad		A			279,114	659,394
	Localidad*Año		A			1589,984	789,796
∩	Variedad	5	F	4,8	0,0085		
∩ [*] ∩ [*] ∩ [*]	Variedad*Año	10	F	1,52	0,2256		
	Variedad*Localidad		A			0	405,428
	Localidad*Variedad*Año		A			1641,465	713,414
	ERROR		A			1030,475	

Ajuste modelo mixto considerando aleatorio el término Localidad

En la Tabla 59 se pueden observar las producciones medias de las variedades convencionales y transgénicas ensayadas las campañas 2019, 2020 y 2021. El rendimiento de LG31545 (ciclo 500) supera al de las variedades de ciclo 400 LG3490 y URBANIX. SY SANDRO, LAMPARD YG y SY CARIOCA tienen un comportamiento intermedio sin diferenciarse entre grupos productivos al analizar sólo los ensayos que incluyen transgénicas.

Tabla 59.- Producción de las variedades de maíz convencionales y transgénicas de ciclo 400 y 500 ensayadas en el marco de GENVCE durante los años 2019, 2020 y 2021. Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

Variedades	Producción (kg/ha 14 % humedad)	Índice productivo (%)	Separación de medias – Test Edwards & Berry ($\alpha = 0.05$)	Número de ensayos
LG31545	17612	112,4	a	22
SY SANDRO	16913	107,9	ab	22
LAMPARD YG*	16428	104,8	ab	22
SY CARIOCA	16150	103,1	ab	22
URBANIX	15710	100,2	b	22
LG3490 (T)	15671	100,0	b	22
Media del ensayo	16414 kg/ha al 14% de humedad			
Índice 100	15671 kg/ha al 14% de humedad			
Coefficiente de variación	6,60 %			