

AVANCES EN RAIGRÁS RED DE EVALUACIÓN DE RAIGRÁS ANUAL

Ings. Agrs. D.G. Méndez¹, K. Frigerio², M. Ruiz⁵, L. Fontana⁵, L. Romero⁴, P. Barbera⁶, A. Ré³, F. Moreyra⁹, G. Pérez¹⁰, J. Otondo⁷, M. Cicchino⁷, M. Bailables⁷, E. Melani⁷, J. Lavandera¹¹ y Lics. G.A. J.J. Gallego⁸ y F. Neira Zilli⁸

INTA EEA's ¹Gral. Villegas, ²San Luis, ³Concepción del Uruguay, ⁴Rafaela, ⁵Anguil, ⁶Mercedes (Ctes.), ⁷Chascomús, ⁸Viedma, ⁹Bordenave, ¹⁰Bolívar y ¹¹Pergamino.

[*mendez.daniel@inta.gob.ar](mailto:mendez.daniel@inta.gob.ar)

Una superficie muy importante de la Región pampeana se encuentra afectada por excesos hídricos que entre otras muchas complicaciones han afectado seriamente la base forrajera de sistemas de producción de carne y leche.

En este contexto, el productor ve en los verdeos una manera rápida de obtener forraje de calidad.

En este sentido las evaluaciones de cultivares de raigrás anual en distintos sitios que desde hace varios años vienen desarrollando el INTA y la Cámara de Semilleristas de la Bolsa de Cereales resultan sumamente útiles.

Este tipo de evaluación en red tiene como objetivo conocer el comportamiento agronómico de los cultivares disponibles, las diferencias productivas entre localidades y el comportamiento diferencial que un cultivar puede expresar en diversos ambientes. Esta información es de estricta validez regional y se encuentra disponible en la página web del INTA y por lo tanto no será tratada en esta revisión.

En esta octava versión de Avances en Raigrás se inicia una nueva etapa en la vinculación con la Cámara de Semilleristas de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires quienes han prestado una significativa colaboración en la definición de los materiales. En este sentido se han seleccionado en esta oportunidad 11 materiales considerados significativos por su productividad, los cuales serán evaluados por los próximos 3 años.

Es una actividad enmarcada dentro del proyecto específico 1126072 *Desarrollo de cultivares superiores de especies forrajeras para sistemas ganaderos y agrícola ganaderos de la Argentina* que integra la cartera del Programa nacional Producción Animal del INTA. Esta actividad, coordinada por el Ing Agr. Alejo Ré, busca identificar de manera objetiva los germoplasmas mejor adaptados a distintos sistemas ganaderos en distintas regiones de Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la Figura 1 se presenta la distribución de localidades participantes de la RED.



Figura 1. Localidades participantes en la RED de evaluación de raigrás anual 2019.

En todas las localidades se utilizaron 10 cultivares de raigrás anual de distinta ploidía, 4 diploides y 6 tetraploides, elegidos por su importancia en el mercado y características agronómicas destacables (Tabla 1).

Tabla 1. Variedades de raigrás anual, tipo de ploidía, origen y empresa encargada de su comercialización. Red raigrás INTA 2019.

MATERIAL	SIGLAS	PLOIDÍA	ORIGEN	EMPRESA
BILL MAX	BILM	T	W	GENTOS
DON GIANNI	GIA	T	I	LOS PRADOS
DON DINO	DIN	D	I	LOS PRADOS
TIBET	TIB	T	W	JOSÉ R. PICASSO
DURANGO	DUR	D	W	JOSÉ R. PICASSO
BAR HQ	BHQ	T	W	BARENBRUG PALAVERSICH
MAXIMUS	MAX	T	W	BARENBRUG PALAVERSICH
RIBEYE	RIB	D	W	BARENBRUG PALAVERSICH
WINTER STAR II	WIN	T	W	PGGWS
CAMARO	CAM	D	W	PGGWS

D: diploide; T: tetraploide; I: italicum; W: westerwoldicum

Sitio experimental: el experimento se implantó en suelos representativos de las condiciones de suelo ganadero en donde se utilizará este tipo de materiales en Anguil, Bordenave, Rafaela, Concepción del Uruguay, General Villegas, Chascomús, Bolívar, Viedma, Pergamino y Mercedes (Corrientes).

Caracterización ambiental: en suelo se determinó fósforo extraíble, materia orgánica y pH. Además se registró temperatura media y precipitaciones mensuales.

Siembra: se realizó siembra convencional o directa según la disponibilidad de maquinaria en cada sitio experimental. La fecha se ubicó a principios de otoño en función a las épocas recomendadas para cada localidad buscando obtener una densidad de siembra de 250 semillas viables/m².

El tamaño de parcela fue de 4 x 2 m (dimensión aproximada según método de siembra de cada unidad). Esas medidas contemplaron borduras mínimas de 0,50 m en cada cabecera y 2 surcos en cada lateral. La unidad de muestreo fue de 5 m². El método de siembra fue convencional y la distancia entre hileras osciló entre 15 y 20 cm en función de las facilidades de cada sitio experimental.

Control de malezas, plagas y enfermedades: se realizaron tratamientos preventivos o curativos tratando de mantener los cultivos sanos.

Riego: sólo el sitio experimental de Viedma condujo la Red bajo condiciones de riego. El mismo se aplicó por manto. Se realizaron 4 riegos de 100 mm.

Fertilización: en función al análisis de suelo se corrigió el nivel de fósforo (P) aplicando fosfato diamónico para asegurar un mínimo de 12 ppm de P y disponibilidad inicial de nitrógeno (N) para el arranque de los cultivos. Luego de cada corte, se agregaron 20 kg/ha de N bajo la forma de urea.

Defoliación: se realizó con motosegadora, dejando un rastrojo remanente al corte de 5 cm. La frecuencia de defoliación fue determinada en función de la acumulación de temperatura, siendo los intervalos entre cortes de 500 °C días (temperatura base = 0°C).

Organización de los cortes: A los efectos de cuantificar y compatibilizar la distribución de la producción se utilizó el criterio de agrupar los cortes según las estaciones del año. Es decir que por ejemplo los valores de PRIMAVERA se corresponden a los cortes que cayeron posteriores al 21 de septiembre, independientemente del momento en el cual se produjo la acumulación.

Diseño experimental y análisis estadístico: se utilizó un diseño en bloques completos al azar con 4 repeticiones para las evaluaciones de productividad en cada localidad. En cada localidad se analizaron los valores de producción de forraje estacional y acumulado anual mediante ANOVA y las medias se compararon con el test de DGC con un nivel de confianza del 5%.

La interacción genotipo * ambiente se analizó mediante un modelo AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction), Para el ajuste de este modelo AMMI primero se efectuó un ANAVA para un modelo aditivo de efectos principales (sin interacción); con los residuos del modelo aditivo se efectuó un Análisis de Componentes Principales y un gráfico Biplot con la finalidad de describir el efecto de la interacción en la producción de forraje.

Mediciones efectuadas: se obtuvo la producción de materia seca por año calendario y su distribución porcentual. *El forraje cortado en los 5 m² centrales de cada unidad experimental fue pesado a campo, extrayéndose una muestra de aproximadamente 0,250 kg que fue secada hasta peso constante para determinar la biomasa en kg/ha de materia seca.*

A los 30 – 45 días de la siembra se estimó el porcentaje de implantación mediante una observación visual usando la siguiente escala: 1) exitosa, 2) parcial, o 3) no implantación.

RESULTADOS

Los datos edáficos de los sitios experimentales (por orden alfabético) se presentan en la Tabla 2 y las condiciones climáticas en la Tabla 3.

Tabla 2: Resultados de análisis de suelos de los sitios experimentales de la RED de raigrás 2018.

Localidad	Tipo de suelo	pH	MO	P
Anguil	Haplustol éntico	6.4	2.5	23.5
Bordenave	Haplustol éntico	6.9	3.1	29.3
Chascomús	Hapludol thapto árgico	6.4	3.1	12.0
Concepción del Uruguay	Pelludert típico	6.6	4.5	12.8
General Villegas	Hapludol típico	5.9	3.8	16.9
Mercedes (Corrientes)	Argiudol típico	5.8	2.8	6.0
Rafaela	Argiudol típico	6.4	3.1	56.0
Valle Inferior (Viedma)	Franco arcilloso	7.4	3.9	14.3
Bolívar	Hapludol éntico	5.9	2.5	12.2
Pergamino	Argiudol típico	5.6	2.5	18.3

MO: materia orgánica (%); P: fósforo extraíble (ppm)

Tabla 3. Condiciones climáticas de localidades donde se implantaron los ensayos de la Red Raigrás INTA 2019. (PPT: precipitaciones; Heladas a 0 cm intemperie)

		Mar	Abr	May	Jun	Julio	Ago	Sep	Oct	Nov
Viedma	PPT (mm)	51,0	1,0	28,0	94,0	10,0	15,0	18,0	45,0	15,0
	Riego (mm)		200					100	100	100
	Temp. media (°C)	17,5	14,6	10,3	9,6	6,4	8,0	11,3	15,2	17,0
	Heladas (HE; días)	0	0	6	4	15	13	5	3	0
Concepción	PPT (mm)	64,0	73,3	85,6	230,5	27,6	62,5	68,4	196,2	99,4
	Temp. media (°C)	20,2	17,9	15,4	14,6	10,9	11,9	14,1	17,9	22,6

	Heladas (HE; días)	6	5	2						
Mercedes	PPT (mm)	108	178	258	49	60	46	15	142	186
	Temp. media (°C)	22,4	20,0	16,6	16,3	12,5	14,8	16,2	20,2	23,1
	Heladas (HE; días)	0	0	0	2	3	3	1	0	0
Rafaela	PPT (mm)	59,5	127,2	70,6	19,9	38,3	9,3	69,7	32,7	110,5
	Temp. media (°C)	21,8	20,3	16,4	15,0	12,5	13,6	16,6	19,7	24,6
	Heladas (HE; días)			1	4	7	10	5	1	
Anguil	PPT (mm)	77,5	10	61	31,4	0,6	4,5	22	25	80,8
	Temp. media (°C)	18,1	16,8	12,1	9,5	7,4	9,6	12,6	15,6	21,4
	Heladas (HE; días)	2	6	11	18	27	24	6	8	2
Gral. Villegas	PPT (mm)	87	64,5	30,3	29,5	0	2	20	69,2	84
	Temp. media (°C)	19,5	18,3	12,4	11,5	9,3	10,7	14,7	15,9	22,8
	Heladas (HE; días)	0	0	4	7	19	14	7	1	0
Bordenave	PPT (mm)	74	25	37	33	1	3	21	54	87
	Temp. media (°C)	17,9	15,9	10,7	8,7	6,4	8,6	11,5	14,6	19,8
	Heladas (HE; días)	0	1	4	4	18	10	6	1	0
Bolívar	PPT (mm)	48,6	55,9	63,7	86,5	0,7	0,8	12,1	68,1	
	Temp. media (°C)	17,7	15,9	11,7	9,8	7,7	9,7	12,5	16	19
	Heladas (HE; días)	0	5	10	11	19	19	13	3	
Chascomús	PPT (mm)	43	63	94	145	44	5	13	184	28
	Temp. media (°C)	18,9	16,7	13,17	12,1	8,6	9,89	11,8	15,23	19,1*
	Heladas (HE; días)			0	4	5	2			
Pergamino	PPT (mm)	91,7	29,3	62,3	88,9	22,1	12,9	14,5	64,5	47,6
	Temp. media (°C)	18,9	17,4	13,9	12,3	9,3	11,0	13,2	16,5	21,7
	Heladas (HE; días)	9	20	19	22	22	17	19	6	1

Concepción del Uruguay

Responsable: Ing. Agr. Alejo Ré

Se sembró el 22 de abril. Se efectuaron 4 cortes: 23/07, 06/09, 08/10 y 19/11/19. Se registraron producciones de materia seca (MS) promedio de 3200 kg MS /ha para total de la cual el 31% ocurrió en el invierno y el resto en PRIM. No se detectaron diferencias significativas entre materiales.

Tabla 4: Producción (kg MS / ha) estacional y total de materiales de raigrás durante el año 2019 (Concepción del Uruguay).

MATERIAL	Otoño	Invierno	Primavera	Total	
CAM		1285	2679	3964	
WIN		1293	2636	3929	
GIA		1108	2198	3305	
DUR		1006	2255	3261	
RIB		873	2362	3235	
MAX		937	2083	3020	
BHQ		1128	1891	3019	

BILM		861	2086	2947	
DIN		737	2134	2872	
TIB		695	1962	2657	

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Por razones de espacio solamente se mencionan las diferencias significativas en la producción total.

Rafaela

Responsable: Ing. Agr. Luis Romero

Se sembró el 11/04/19. Se efectuaron 4 cortes: 08/08, 12/07, 22/08 y 11/10/19. En promedio, se registró una producción total de 3124 kg MS / ha, distribuyéndose un 21%, 52% y 27% en otoño, invierno y primavera, respectivamente.

Los materiales BILM, GIA y BHQ se diferenciaron del resto con producciones que superaron los 3500 kg MS/ha.

Tabla 5: Producción (kg MS / ha) estacional y total de materiales de raigrás durante el año 2019 (Rafaela).

MATERIAL	Otoño	Invierno	Primavera	Total	
BILM	712	1972	966	3650	A
GIA	796	1817	912	3525	A
BHQ	738	1886	897	3521	A
TIB	532	1787	824	3143	B
RIB	535	1526	1076	3138	B
DIN	546	1509	988	3042	B
MAX	684	1409	838	2931	B
CAM	772	1523	613	2909	B
DUR	560	1231	933	2723	B
WIN	769	1484	414	2667	B

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Por razones de espacio solamente se mencionan las diferencias significativas en la producción total.

Anguil

Responsable: Ings. Agrs. Laura Fontana y María de los Ángeles Ruiz

El ensayo se sembró el 05 de marzo. Se efectuaron dos cortes: 23/10 y 02/12/19. No se detectaron diferencias entre materiales en ninguna de las estaciones ni en el TOTAL.

Tabla 6: Producción (kg MS / ha) estacional y total de materiales de raigrás durante el año 2019 (Anguil).

MATERIAL	Otoño	Invierno	Primavera	Total	
BHQ			3306	3306	
MAX			2969	2969	

WIN			2844	2844	
RIB			2615	2615	
DIN			2596	2596	
TIB			2432	2432	
GIA			2421	2421	
CAM			2130	2130	
BILM			2014	2014	
DUR			1921	1921	

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Por razones de espacio solamente se mencionan las diferencias significativas en la producción total.

Mercedes (Corrientes)

Responsable: Ing. Zoot. Pablo Barbera

El ensayo se sembró el 03 de abril. Se efectuaron 4 cortes en las siguientes fechas: 21/06, 15/08, 24/10 y 05/12/19. En promedio, la producción total fue de 2130 kg MS / ha, distribuida en 26%, 22% y 52% para otoño, invierno y primavera, respectivamente. DUR fue el material con la menor producción no habiendo diferencias entre el resto.

Tabla 7: Producción (kg MS / ha) estacional y total de materiales de raigrás durante el año 2019 (Mercedes).

MATERIAL	Otoño	Invierno	Primavera	Total	
GIA	647	557	1490	2693	A
MAX	694	581	1270	2544	A
DIN	499	525	1328	2352	A
BHQ	641	442	1072	2154	A
RIB	422	485	1247	2153	A
BILM	567	540	1031	2138	A
CAM	547	397	1121	2065	A
WIN	639	488	882	2008	A
TIB	609	349	932	1889	A
DUR	223	280	817	1320	B

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Por razones de espacio solamente se mencionan las diferencias significativas en la producción total. sd sin datos

Viedma

Responsable: Lic. G.A. Juan José Gallego, Lic. Fernanda Zilli e Ing. Agr. Daniel Miñón

Se sembró el 01 de abril. Se condujo bajo riego. Se efectuaron 4 cortes: 23/08, 25/09, 28/10 y 22/11/19. Los valores obtenidos fueron de 490 (7%) y 6100 (93%) kg MS / ha para INV y PRI, respectivamente.

No se detectaron diferencias significativas en producción TOTAL obteniéndose una producción promedio de 6590 kg de MS/ha.

Tabla 8: Producción (kg MS / ha) estacional y total de materiales de raigrás durante el año 2019 (Viedma).

MATERIAL	Otoño	Invierno	Primavera	Total
MAX		409	7011	7420
DUR		516	6781	7297
CAM		535	6640	7175
WIN		418	6714	7131
RIB		522	6462	6983
DIN		548	5901	6448
BHQ		562	5766	6328
BILM		567	5688	6256
TIB		446	5187	5634
GIA		373	4866	5239

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Por razones de espacio solamente se mencionan las diferencias significativas en la producción total.

General Villegas

Responsable: Ing. Agr. Daniel Méndez y Méd. Vet. Patricio Davies

La fecha de siembra fue el 27 de marzo. Se efectuaron 4 cortes: 24/05, 26/07, 07/10 y 08/11/19. Las producciones fueron de 662 (10%), 1650 (25%), 4169 (65%) y 6481 kg MS / ha para otoño, invierno primavera y total.

Tabla 9: Producción (kg MS / ha) estacional y total de materiales de raigrás durante el año 2019 (General Villegas).

MATERIAL	Otoño	Invierno	Primavera	Total
BHQ	922	1890	4139	6951
DIN	570	1940	4311	6821
TIB	651	1646	4447	6744
GIA	788	1744	4145	6677
RIB	382	1708	4387	6477
WIN	764	1746	3848	6358
BILM	786	1785	3773	6344
MAX	658	1397	4198	6254
DUR	651	1155	4309	6115
CAM	452	1488	4137	6077

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Por razones de espacio solamente se mencionan las diferencias significativas en la producción total.

Bordenave

Responsable: Ing. Agr. Federico Moreyra

El ensayo se sembró el 25 de marzo. Los cortes se realizaron el 18/07 y 04/10/19. La producción total promedio fue de 5224 kg MS / ha sin que se detecten diferencias significativas.

Tabla 10: Producción (kg MS / ha) estacional y total de materiales de raigrás durante el año 2019 (Bordenave).

MATERIAL	Otoño	Invierno	Primavera	Total	
BHQ		3310	2537	5846	
MAX		2484	3228	5712	
DUR		2559	3005	5564	
CAM		2961	2532	5493	
TIB		3001	2484	5485	
RIB		2208	3247	5455	
DIN		2473	2454	4927	
GIA		2575	2290	4865	
BILM		2349	2373	4722	
WIN		2080	2096	4175	

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Por razones de espacio solamente se mencionan las diferencias significativas en la producción total.

Bolívar

Responsable: Ing. Agr. Gonzalo Pérez

El ensayo se sembró el 11 de abril. Los cortes se realizaron el 05/07, 23/09 y 01/11/19. Las producciones fueron de 626 (9%), 6062 (91%) y 6688 kg de MS / ha para invierno, primavera y total, respectivamente. En cuanto a materiales, WIN presentó la mayor producción y RIB la menor no detectándose diferencias significativas ente el resto de los materiales.

Tabla 11: Producción (kg MS / ha) estacional y total de materiales de raigrás durante el año 2019 (Bolívar).

MATERIAL	Otoño	Invierno	Primavera	Total	
WIN		648	7369	8017	A
BILM		647	6671	7317	B
BHQ		634	6480	7114	B
GIA		841	5967	6808	B

MAX		775	5898	6673	B
DIN		643	5973	6616	B
CAM		697	5859	6556	B
TIB		570	5813	6383	B
DUR		438	5868	6306	B
RIB		375	4723	5098	C

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Por razones de espacio solamente se mencionan las diferencias significativas en la producción total.

Chascomús

Responsables: Ings. Agrs. José Otondo, Mariano Cicchino, Matías Bailleres, Esteban Melani

El ensayo fue sembrado el 29 de marzo. Se efectuaron cortes en las siguientes fechas: 04/06, 28/08, 27/09 y 15/11/19. Las producciones fueron de 761 (22%), 952 (28%), 1703 (50%) y 3416 kg MS / ha en otoño, invierno, primavera y total, respectivamente.

No se detectaron diferencias significativas entre materiales.

Tabla 12: Producción (kg MS / ha) total y estacional de materiales de raigrás durante el año 2019 (Chascomús).

MATERIAL	Otoño	Invierno	Primavera	Total	
WIN	645	1044	2190	3879	
CAM	743	844	2151	3737	
TIB	889	1086	1693	3668	
MAX	825	863	1823	3511	
BILM	715	1144	1535	3394	
BHQ	752	1032	1584	3368	
GIA	868	923	1535	3326	
DIN	702	1032	1543	3277	
DUR	915	831	1498	3244	
RIB	558	727	1480	2765	

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Por razones de espacio solamente se mencionan las diferencias significativas en la producción total.

Pergamino

Responsables: Ing Agr. Javier Lavandera

El ensayo fue sembrado el 25 de marzo. Se efectuaron cortes en las siguientes fechas: 30/05, 01/07, 20/08, 10/10 y 12/11/19. Las producciones fueron de 911 (11%), 3131 (37%), 4511 (52%) y 8553 kg MS / ha en otoño, invierno, primavera y total, respectivamente.

Tabla 13: Producción (kg MS / ha) total y estacional de materiales de raigrás durante el año 2019 (Pergamino).

MATERIAL	Otoño	Invierno	Primavera	Total	
TIB	943	3474	4872	9289	
DIN	896	3489	4611	8997	
BHQ	1096	3394	4417	8907	
BILM	1086	3335	4123	8544	
GIA	656	3307	4559	8521	
WIN	932	2714	4746	8391	
MAX	1115	2934	4235	8283	
RIB	794	2887	4593	8273	
CAM	721	3028	4439	8187	
DUR	876	2745	4519	8140	

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Por razones de espacio solamente se mencionan las diferencias significativas en la producción total.

INTERACCIÓN CULTIVAR * LOCALIDAD

Se presenta a continuación el análisis de la interacción genotipoxambiente de la producción de forraje en las tres estaciones y en el acumulado total. El efecto de interacción genotipoxambiente se manifiesta cuando los cultivares (genotipos) se comportan (rendimientos o producciones de biomasa) de forma distinta entre localidades (ambientes). También se puede explicar cómo cambios de ranking (u orden) de uno o varios cultivares a través de las localidades.

Una manera simple de visualizar esta interacción es a través del análisis de las componentes principales (ACP) y se representa con los gráficos tipo biplot. Este análisis explica la variabilidad, en este caso, de la producción de forraje de todas y cada una de las variedades en todas y cada una de las localidades. En el modelo usado (AMMI), las componentes principales (CP) explican la variación debida a la interacción genotipoxambiente. Se busca interpretar esta variabilidad con las dos primeras CP (CP1, CP2) que se grafican en el biplot. Las variedades que se ubican en los vértices del polígono que se forma representan comportamientos diferenciales frente al efecto de interacción genotipoxambiente.

En general, la CP1 (eje horizontal) se relaciona con el comportamiento de genotipos y ambientes frente al efecto de interacción. Cuanto más alejada está una localidad o variedad del centro del gráfico (0,0) indica un mayor efecto de la interacción genotipoxambiente, mientras los próximos a este punto son más estables.

Por otro lado, para el análisis de producción acumulada, la posición a la derecha o izquierda del origen (0,0) puede diferenciar altas producciones de bajas producciones. Aunque esta no es una regla general. La cercanía de una variedad a una localidad indica cuál se destaca en ese ambiente. La línea de puntos delimita mega ambientes donde la variedad del vértice es la que se destaca (por alta o baja producción) en ese mega ambiente.

PRODUCCIÓN DE OTOÑO

En el ciclo otoñal, Pergamino fue la localidad con mayor producción ($911,3 \pm 202,9$ kgMS.ha⁻¹). Mercedes fue la localidad con menor producción ($548,5 \pm 168,3$ kgMS.ha⁻¹). En cuanto a los materiales, el de mayor producción fue BHQ ($833,7 \pm 236,1$ kgMS.ha⁻¹) y la menor producción fue RIB ($537,14 \pm 179,1$ kgMS.ha⁻¹).

Para explicar la variabilidad debida a la interacción genotipo ambiente, el modelo AMMI en sus dos primeras componentes principales (CP) absorbió el 71% de la variabilidad total. Las localidades posicionadas a la derecha del origen del biplot (0,0) son Pergamino y Gral. Villegas, y hacia la izquierda Mercedes, Rafaela y Chascomús. Pergamino, al ser la localidad más distante del origen del biplot (0,0) está presentando un mayor peso en la interacción genotipo ambiente. Rafaela del lado izquierdo presenta similar comportamiento. Los cultivares BILM, MAX y BHQ aparecen asociados a Pergamino. Del lado izquierdo, GIA y CAM aparecen asociados a Rafaela debido a que fueron los de más altos rendimientos en esa localidad.

PRODUCCIÓN DE INVIERNO

En el ciclo invernal, Pergamino ($3130,6 \pm 656,6$ kgMS.ha⁻¹) fue la localidad con las mayores producciones. La localidad que alcanzó la menor producción fue Mercedes ($464,15 \pm 156,18$ kgMS.ha⁻¹). De los materiales, BHQ ($1602,2 \pm 1145,9$ kgMS.ha⁻¹) alcanzó el rendimiento más alto, mientras que DUR ($1205,94 \pm 916,9$ kgMS.ha⁻¹) fue el de menor.

Las dos primeras CP absorben el 77,9 % de la variabilidad del término de interacción genotipo ambiente. Bordenave, del lado derecho es la localidad con más peso sobre la interacción genotipo ambiente. Y Concepción del Uruguay es la que más peso representa sobre el lado izquierdo. BHQ y TIB fueron los materiales con mayor influencia en la variabilidad debida a la interacción genotipo ambiente, del lado derecho. El material WIN, del lado izquierdo, fue el que más peso obtuvo en la interacción genotipo ambiente.

PRODUCCIÓN DE PRIMAVERA

En la estación de crecimiento de primavera, la localidad con la producción más alta fue Viedma ($6101,4 \pm 1296,3$ kgMS.ha⁻¹), siendo Rafaela ($846,1 \pm 243,8$ kgMS.ha⁻¹) la localidad que obtuvo la menor producción. En cuanto a los materiales, el más productivo fue WIN ($3402,0 \pm 2350,1$ kgMS.ha⁻¹) y el menos productivo fue BILM ($3064,2 \pm 1957,1$ kgMS.ha⁻¹).

La variabilidad representada por las dos primeras CP suma el 79,2 % de la variabilidad total. Del lado derecho del biplot, Bordenave fue la localidad que mayor peso obtuvo en la interacción genotipo ambiente. Del lado izquierdo, General Villegas fue la de mayor peso. Los materiales con mayor peso en este lado fueron TIB y BHQ y no se observa materiales fuertemente asociados a localidades. Del lado izquierdo, General Villegas se desprende como la localidad con más peso en la interacción. Se destaca WIN como el material con mayor fuerza, además apareciendo éste asociado a Mercedes, localidad donde alcanzó la menor producción dentro y entre localidades.

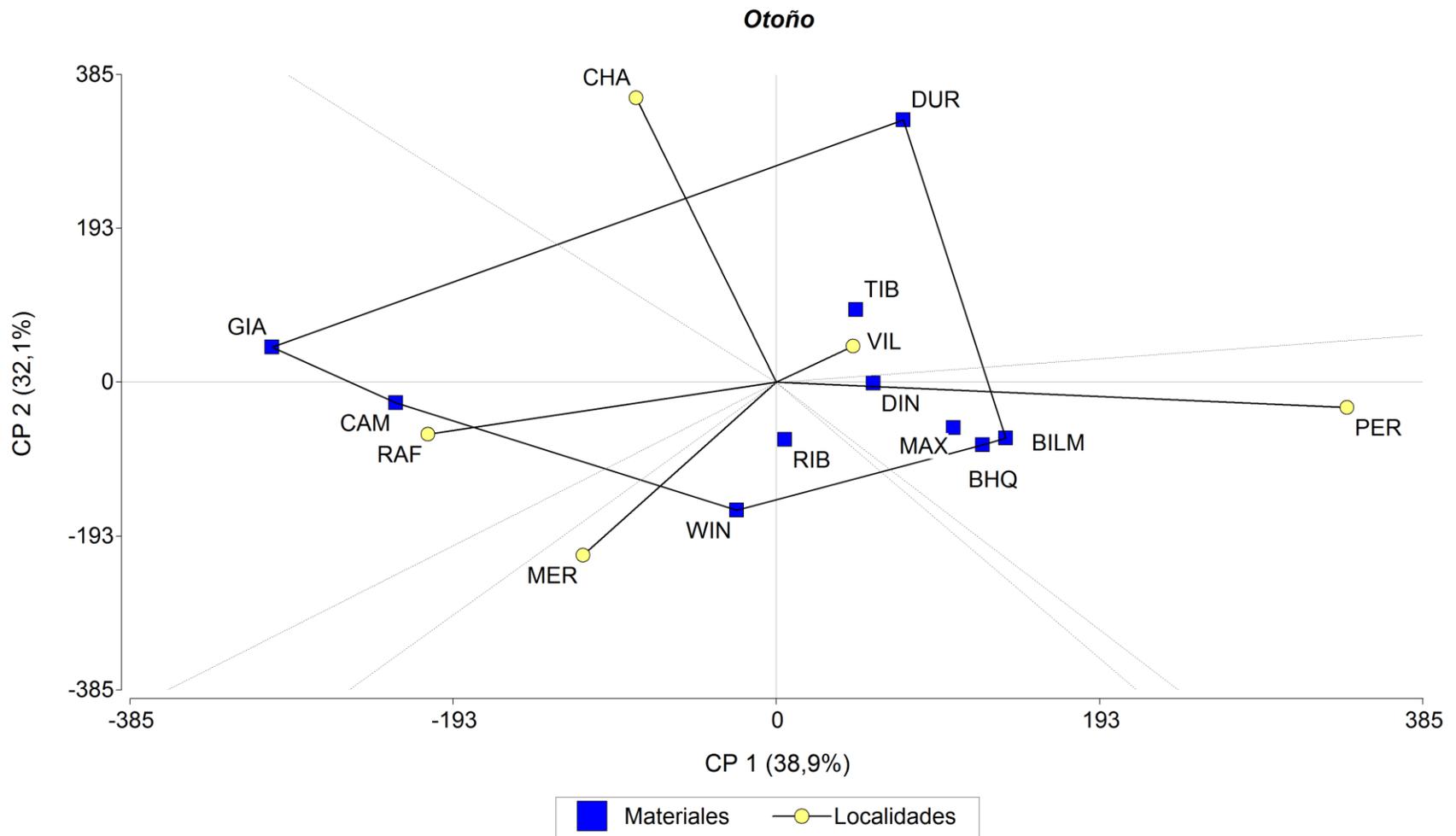


Figura 2: Representación gráfica de la interacción genotipo x localidad para la producción otoñal de forraje de raigrás anual, evaluada mediante el análisis de componentes principales. Las localidades intervinientes fueron: Mercedes (Corrientes; MER), Rafaela (RAF), Gral. Villegas (VIL), Pergamino (PER) y Chascomús (CHA). Los genotipos fueron: Maximus (MAX), Bill Max (BILM), Durango (DUR), Don Gianni (GIA), Don Dino (DIN), Tibet (TIB), BAR HQ (BHQ), Ribeye (RIB), Winter Star II (WIN) y Camaro (CAM).

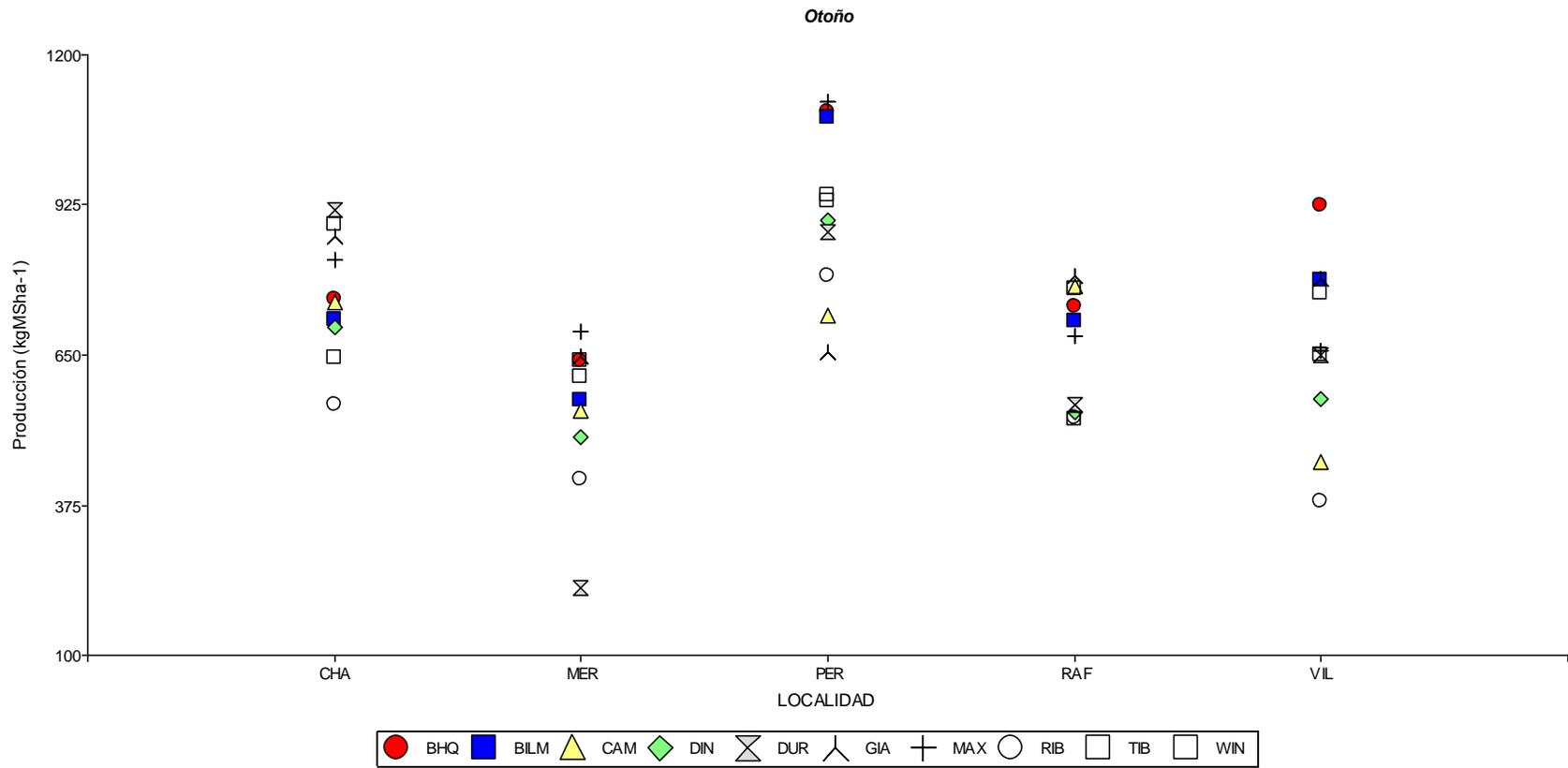


Figura 3: Producción otoñal de cada uno de los materiales en cada localidad.

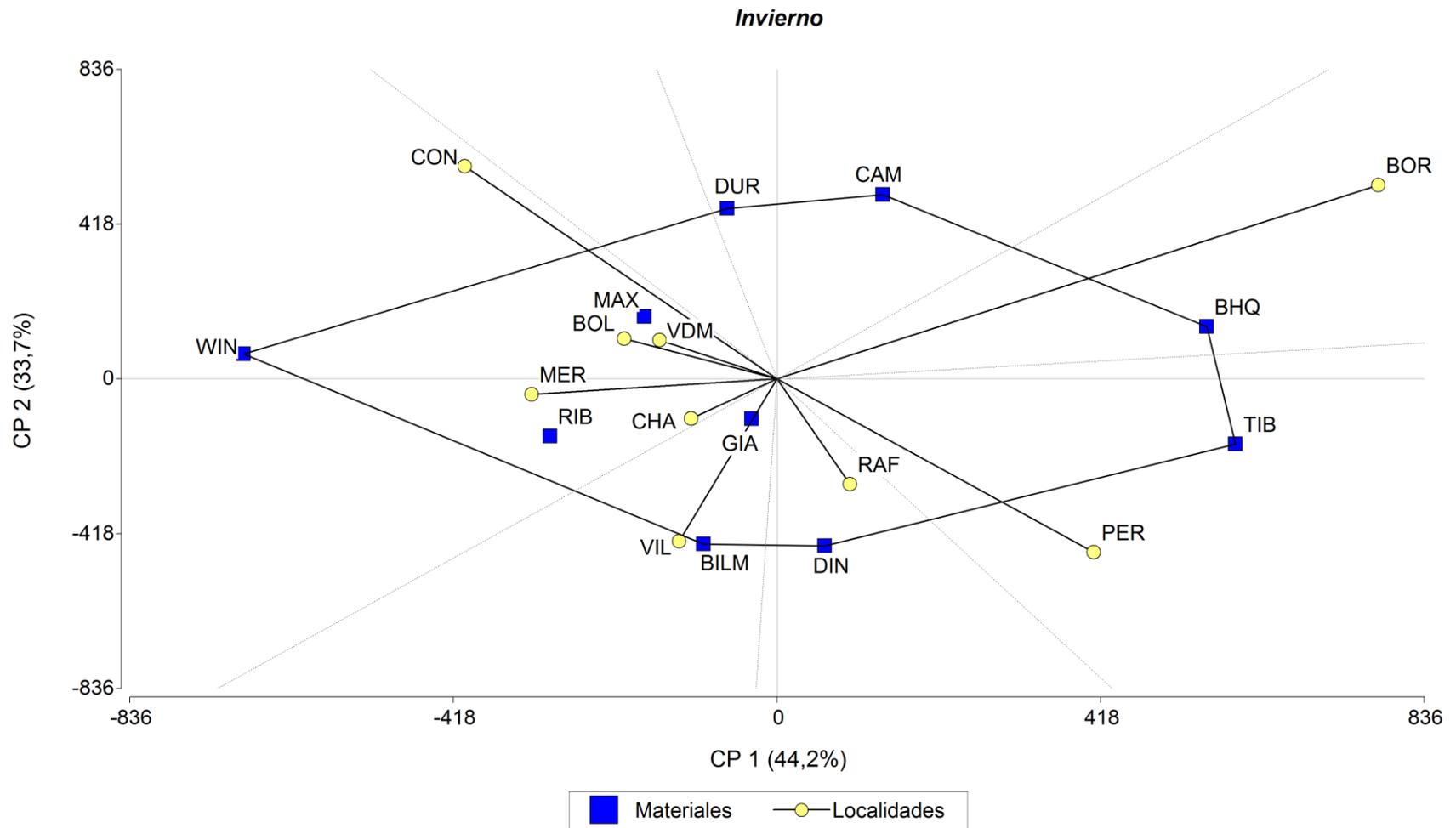


Figura 4: Representación gráfica de la interacción genotipo x localidad para la producción invernal de forraje de raigrás anual, evaluada mediante el análisis de componentes principales. Las localidades intervinientes fueron: Concepción del Uruguay (CON), Mercedes (Corrientes; MER), Rafaela (RAF), Bordenave (BOR), Gral. Villegas (VIL), Bolívar (BOL), Pergamino (PER) y Viedma (VDM). Los genotipos fueron: Maximus (MAX), Bill Max (BILM), Durango (DUR), Don Gianni (GIA), Don Dino (DIN), Tibet (TIB), BAR HQ (BHQ), Ribeye (RIB), Winter Star II (WIN) y Camaro (CAM).

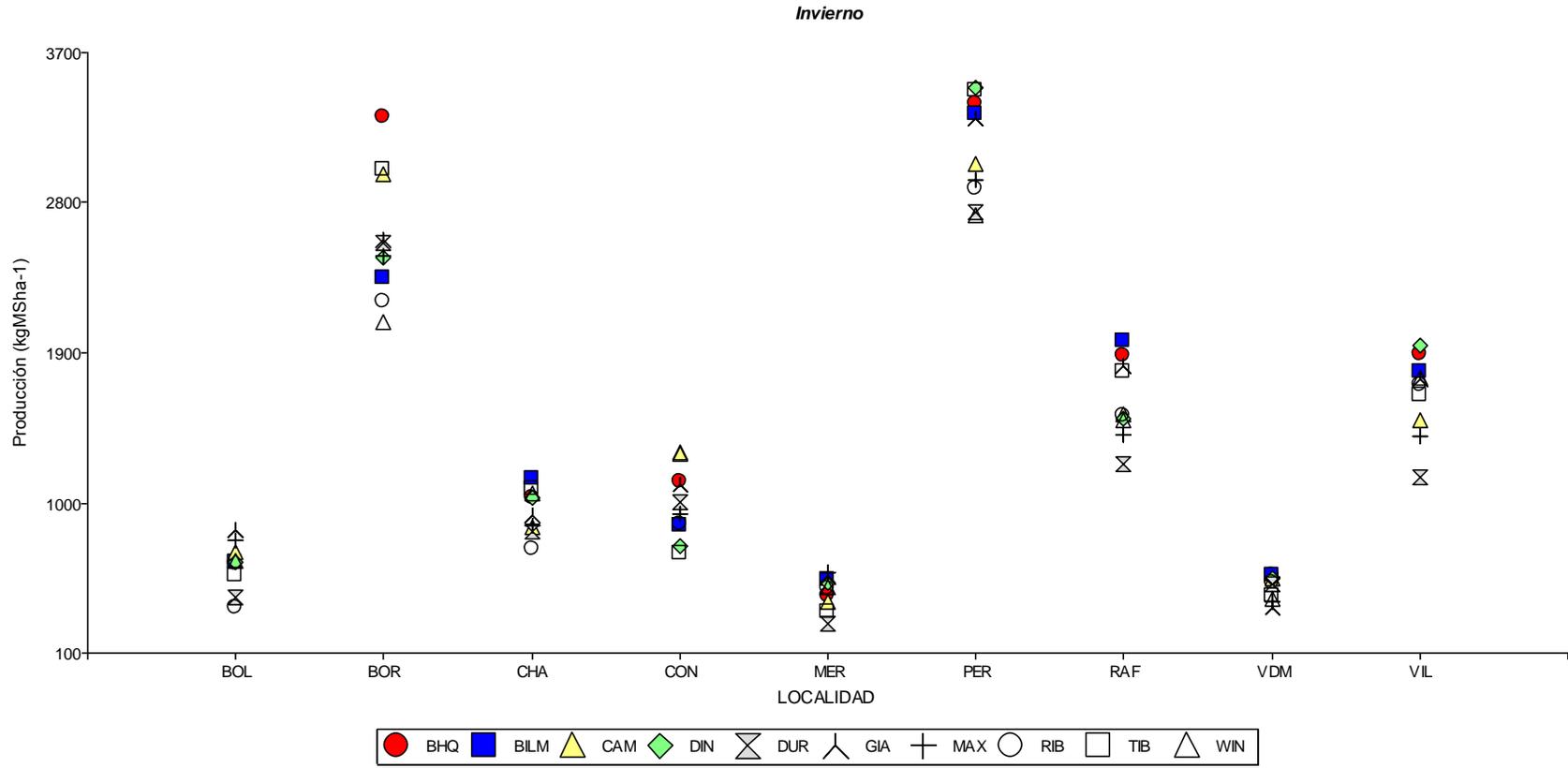


Figura 5: Producción invernal de cada uno de los materiales en cada localidad.

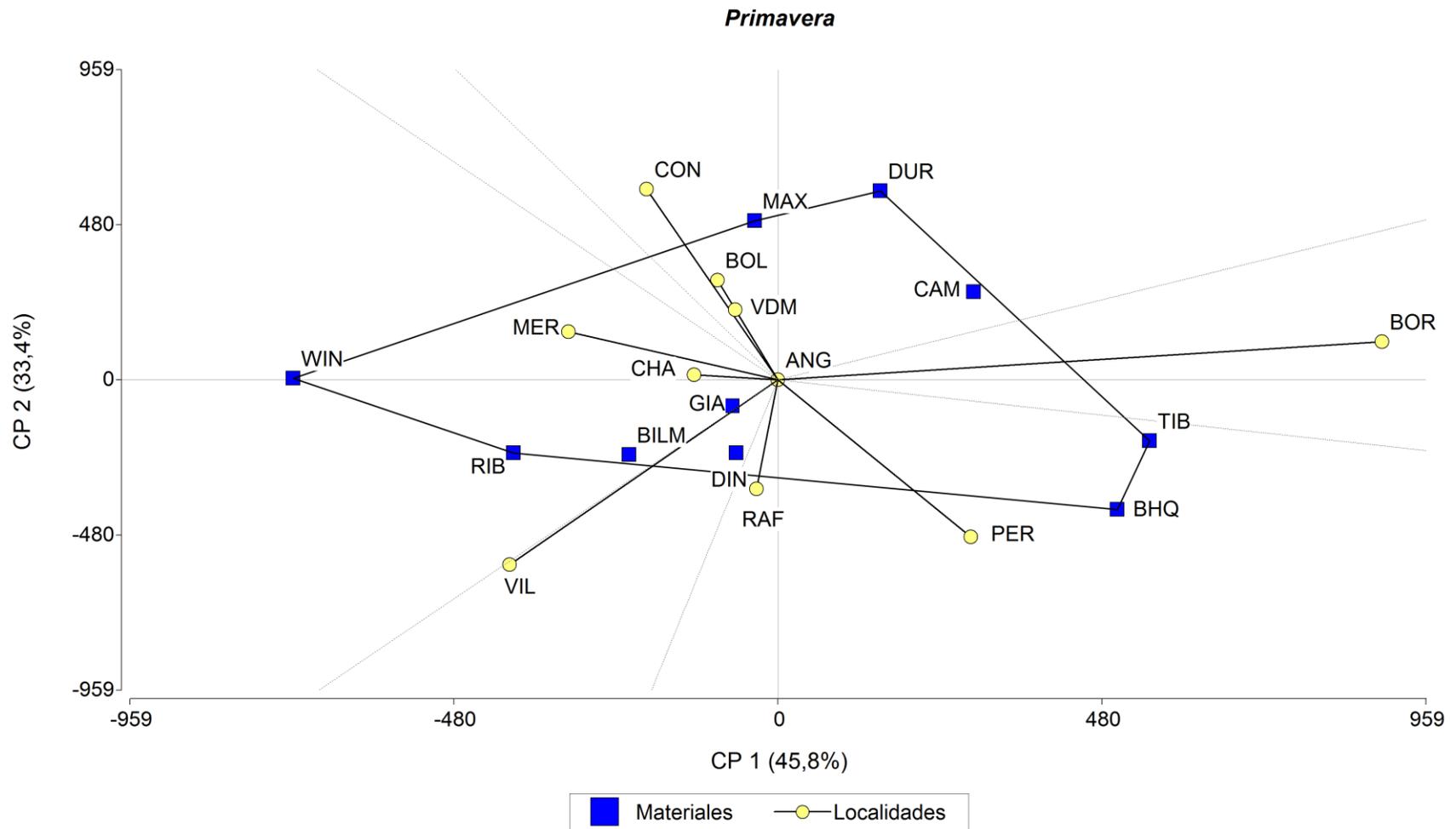


Figura 6: Representación gráfica de la interacción genotipo x localidad para la producción primaveral de forraje de raigrás anual, evaluada mediante el análisis de componentes principales. Las localidades intervinientes fueron: Anguil (ANG), Concepción del Uruguay (CON), Mercedes (Corrientes; MER), Rafaela (RAF), Bordenave (BOR), Gral. Villegas (VIL), Bolívar (BOL), Chascomús (CHA), Pergamino (PER) y Viedma (VDM). Los genotipos fueron Maximus (MAX), Bill Max (BILM), Durango (DUR), Don Gianni (GIA), Don Dino (DIN), Tibet (TIB), BAR HQ (BHQ), Ribeye (RIB), Winter Star II (WIN) y Camaro (CAM).

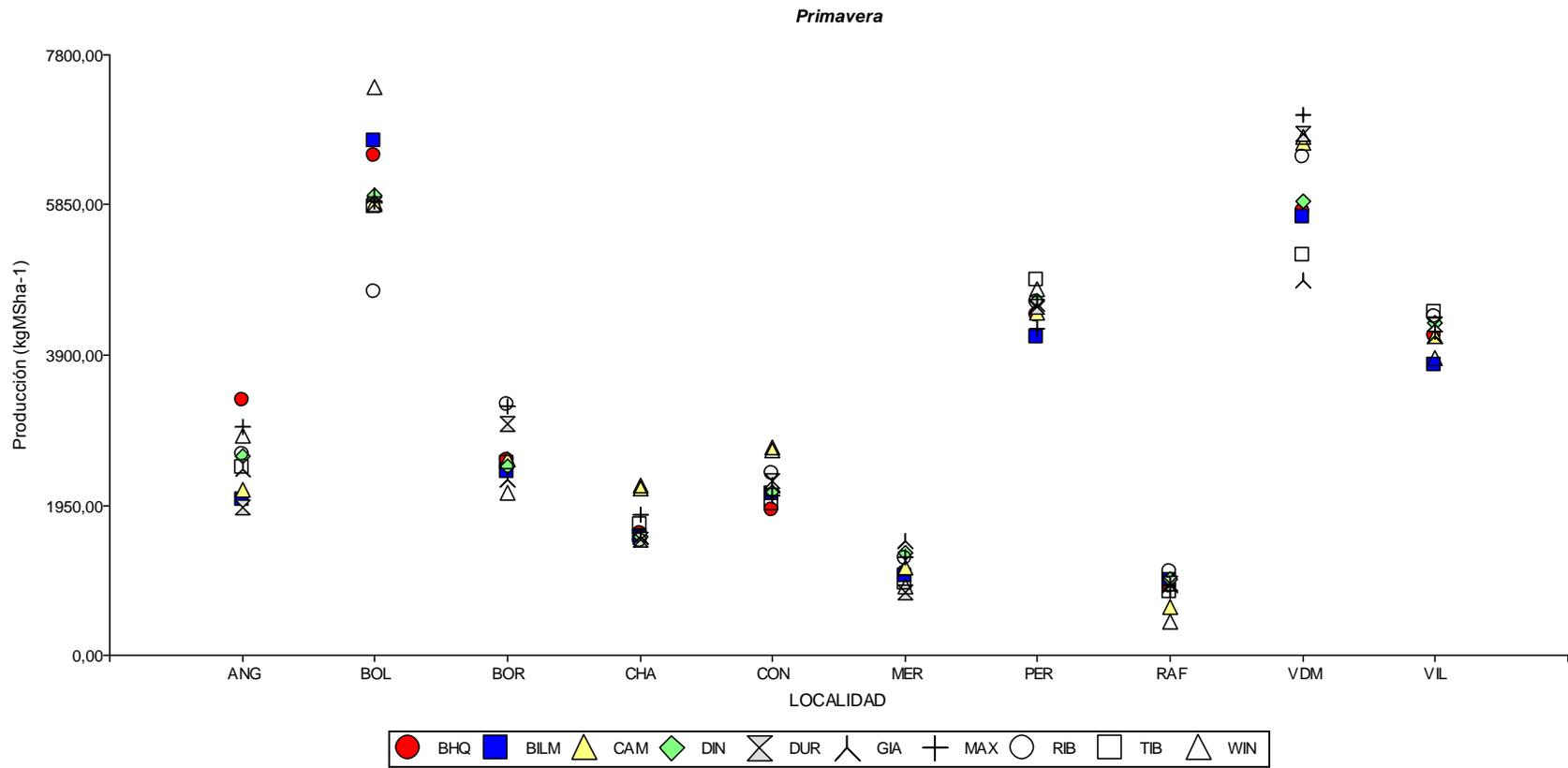


Figura 7: Producción primaveral de cada uno de los materiales en cada localidad.

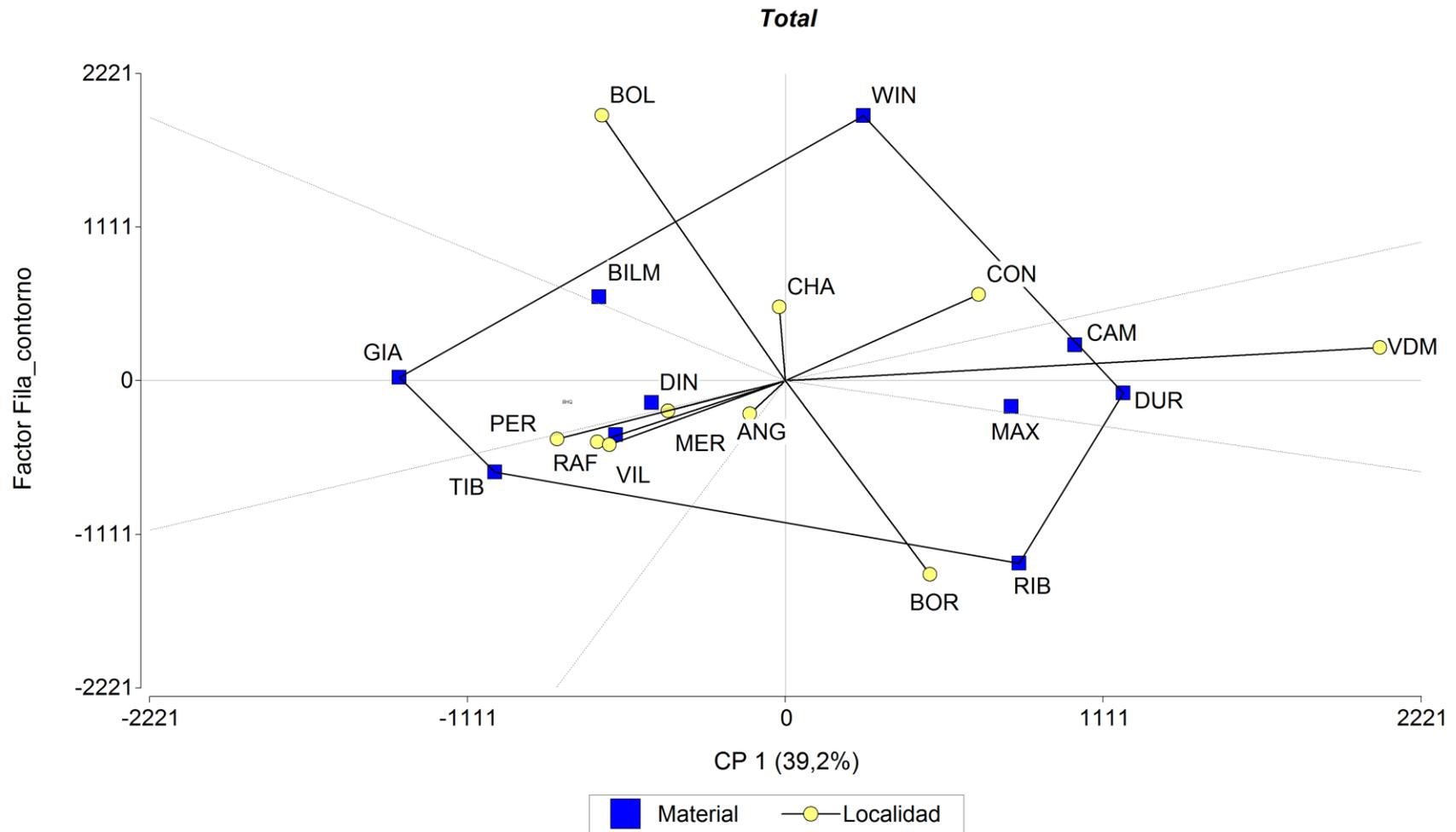


Figura 8: Representación gráfica de la interacción genotipo x localidad para la producción total de forraje de raigrás anual, evaluada mediante el análisis de componentes principales. Las localidades intervinientes fueron: Anguil (ANG), Concepción del Uruguay (CON), Mercedes (Corrientes; MER), Rafaela (RAF), Bordenave (BOR), Gral. Villegas (VIL), Bolívar (BOL), Chascomús (CHA), Pergamino (PER) y Viedma (VDM). Los genotipos fueron: Maximus (MAX), Bill Max (BILM), Durango (DUR), Don Gianni (GIA), Don Dino (DIN), Tibet (TIB), BAR HQ (BHQ), Ribeye (RIB), Winter Star II (WIN) y Camaro (CAM).

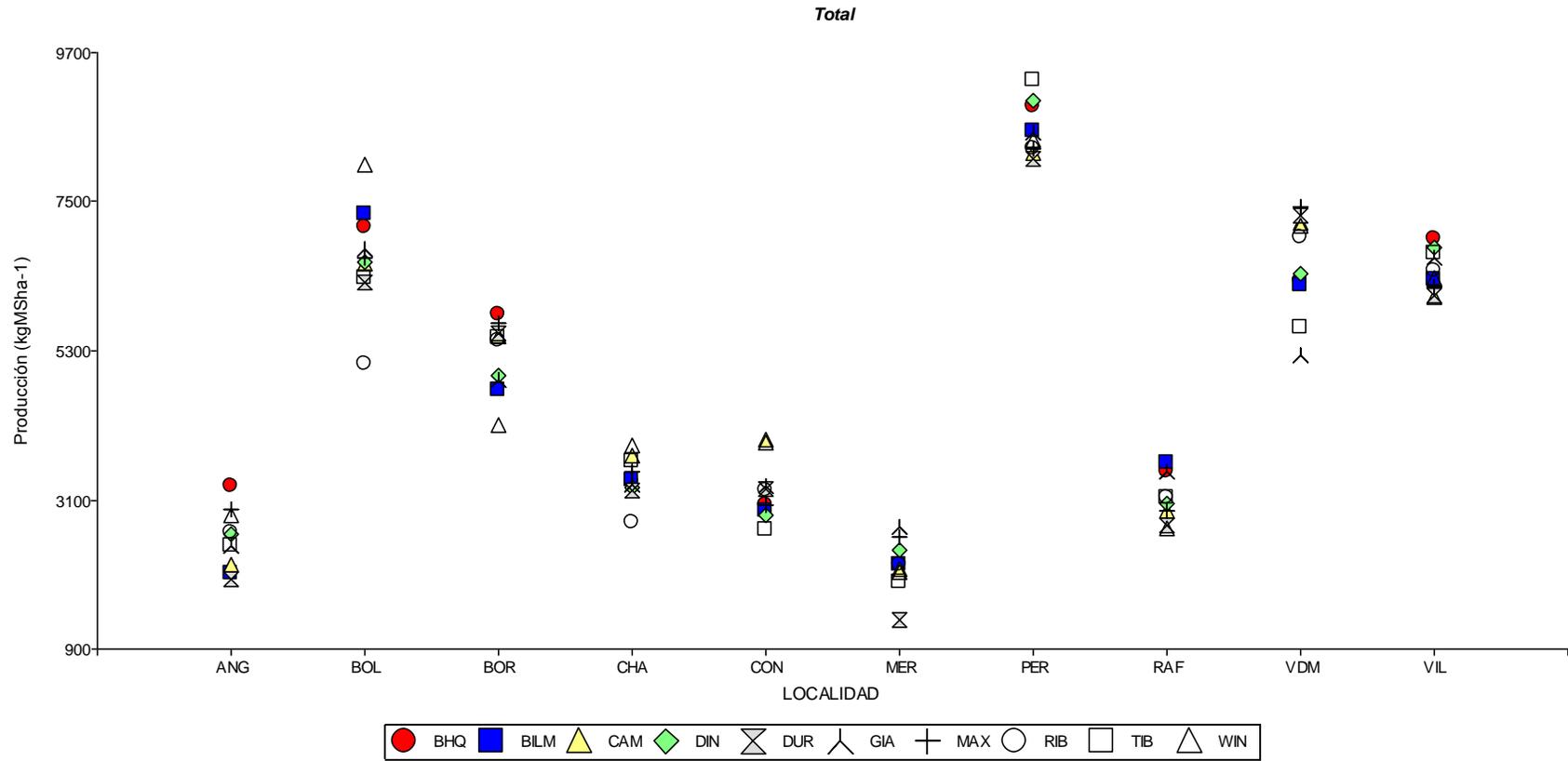


Figura 9: Producción total de cada uno de los materiales en cada localidad.

PRODUCCIÓN TOTAL

Para la acumulación total en el ciclo de crecimiento, localidad con mayor producción de materia seca fue Pergamino con $8553,2 \pm \text{kgMS} \cdot \text{ha}^{-1}$. Mercedes fue la localidad que menos acumuló en las tres estaciones de crecimiento, con $2131,4 \pm 478,0 \text{ kgMS} \cdot \text{ha}^{-1}$. En cuanto a los materiales, BHQ ($5094,5 \pm 2259,6 \text{ kgMS} \cdot \text{ha}^{-1}$) fue el que mayor producción acumulada alcanzó en todo el ciclo, resultando el material DUR ($4623,4 \pm 2385,74 \text{ kgMS} \cdot \text{ha}^{-1}$) el de menor producción acumulada.

Para el TOTAL del ciclo, el modelo AMMI capta el 72,7% de la variabilidad debida a la interacción genotipo ambiente, en las dos primeras CP. La localidad con mayor peso sobre la CP 1 del lado derecho fue Viedma, mostrando el mayor peso en la interacción genotipo ambiente; y del lado izquierdo, Pergamino, sin embargo Rafaela y General Villegas se ubicaron cercanas a Pergamino. Los materiales con un peso alto sobre la interacción fueron DUR y CAM y en menor medida MAX, del lado derecho. GIA fue el que mostró un alto peso del lado izquierdo.

CULTIVARES Y SU APORTE A LA INTERACCIÓN

En otoño, de las cinco localidades que obtuvieron resultados, los materiales tetraploides en Pergamino se diferenciaron del resto de las localidades tanto diploides como tetraploides. Luego, un grupo integrado por los diploides de Pergamino y Chascomús junto con los tetraploides de Chascomús, General Villegas y Rafaela se diferencian en producción ($p < 0,05$) de los tetraploides en Mercedes y diploides de Rafaela, General Villegas y Mercedes.

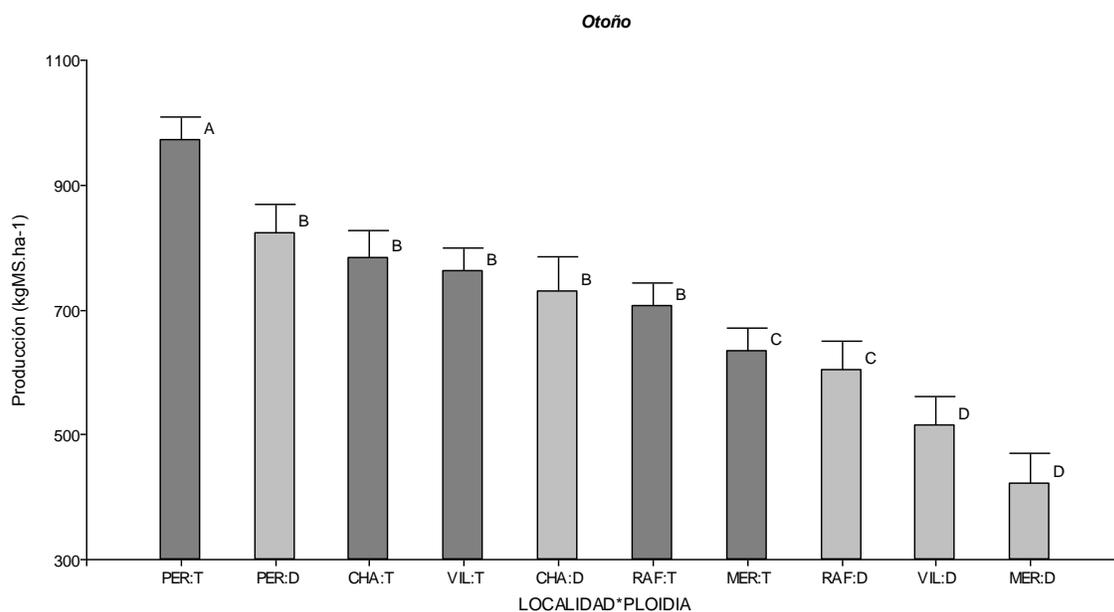


Figura 10: Producción otoñal promedio de materiales de raigrás anual diploides (barras claras) y tetraploides (barras oscuras) en las 10 localidades participantes de la RED de raigrás 2018. Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0.05$) entre niveles de ploidía dentro de cada localidad.

En invierno, se observa que no hubo diferencias significativas entre diploides y tetraploides por localidad. Sí existieron diferencias entre localidades, como se puede observar en la Figura 11.

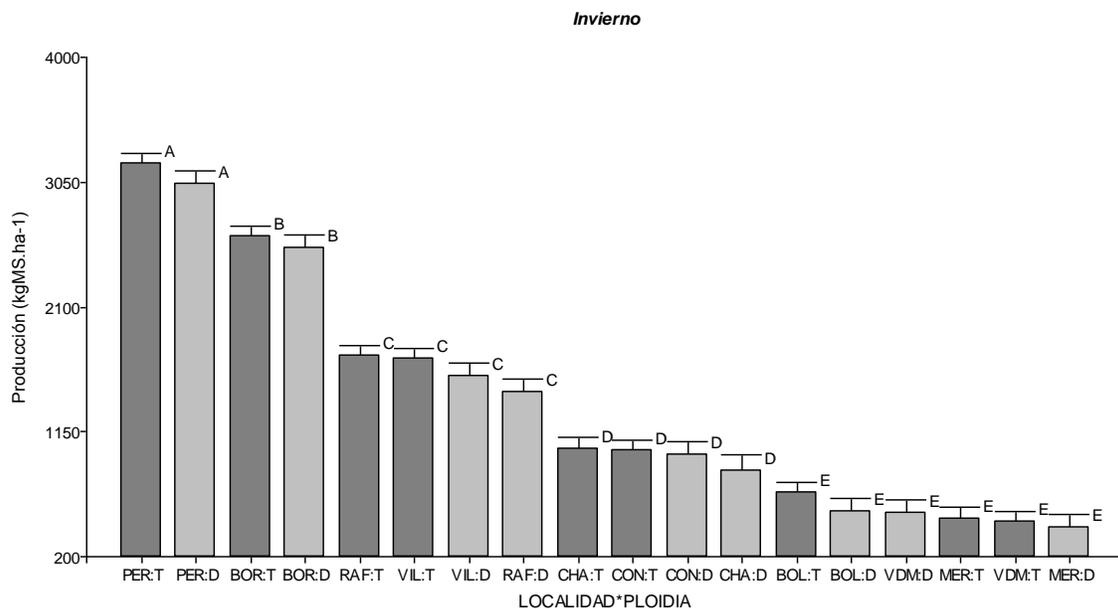


Figura 11: Producción invernal promedio de materiales de raigrás anual diploides (barras claras) y tetraploides (barras oscuras) en las 10 localidades participantes de la RED de raigrás 2018. Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0.05$) entre niveles de ploidía dentro de cada localidad.

En primavera, los materiales diploides en Viedma y tetraploides en Bolívar se diferenciaron por su mayor producción del resto de los materiales y localidades. Luego, los materiales tetraploides de Viedma y diploides de Bolívar fueron los que les siguieron en producción. Como tercer grupo en producción se ubicaron las localidades de General Villegas y Pergamino, sin diferenciarse entre materiales. Las localidades con las menores producciones y sin diferenciar entre di y tetraploides fueron Rafaela, Mercedes, Chascomús, Concepción del Uruguay, Anguil y Bordenave.

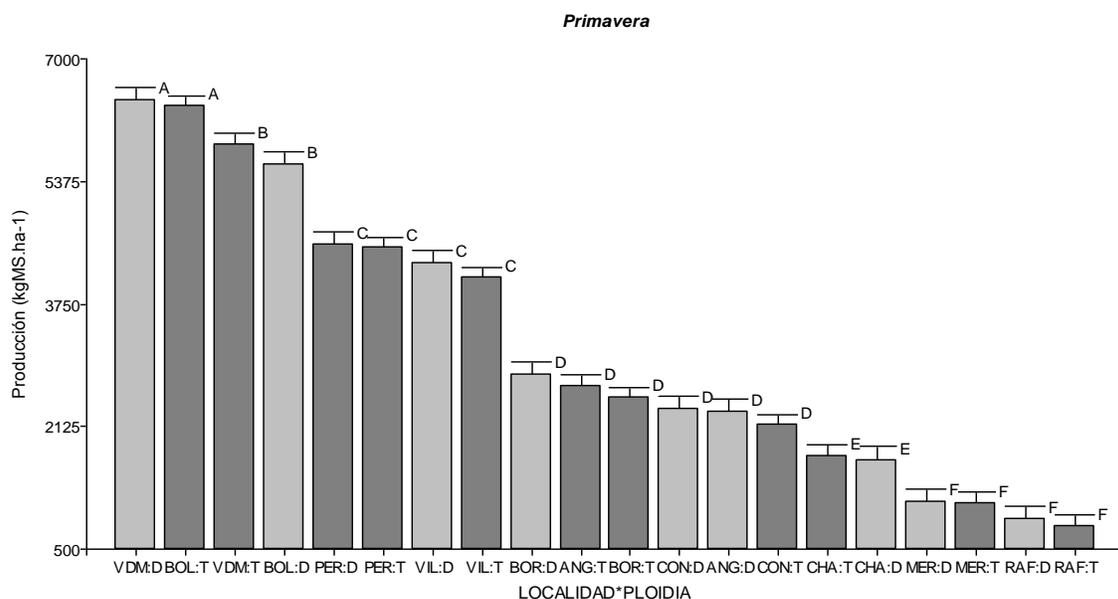


Figura 12: Producción primaveral promedio de materiales de raigrás anual diploides (barras claras) y tetraploides (barras oscuras) en las 10 localidades participantes de la RED de raigrás 2018. Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0.05$) entre niveles de ploidía dentro de cada localidad.

Para el ciclo total de producción, las localidades con diferencias significativas entre ploidías fueron Bolívar, Rafaela y Viedma. El resto de las localidades los materiales tetraploides y diploides tuvieron la misma producción.

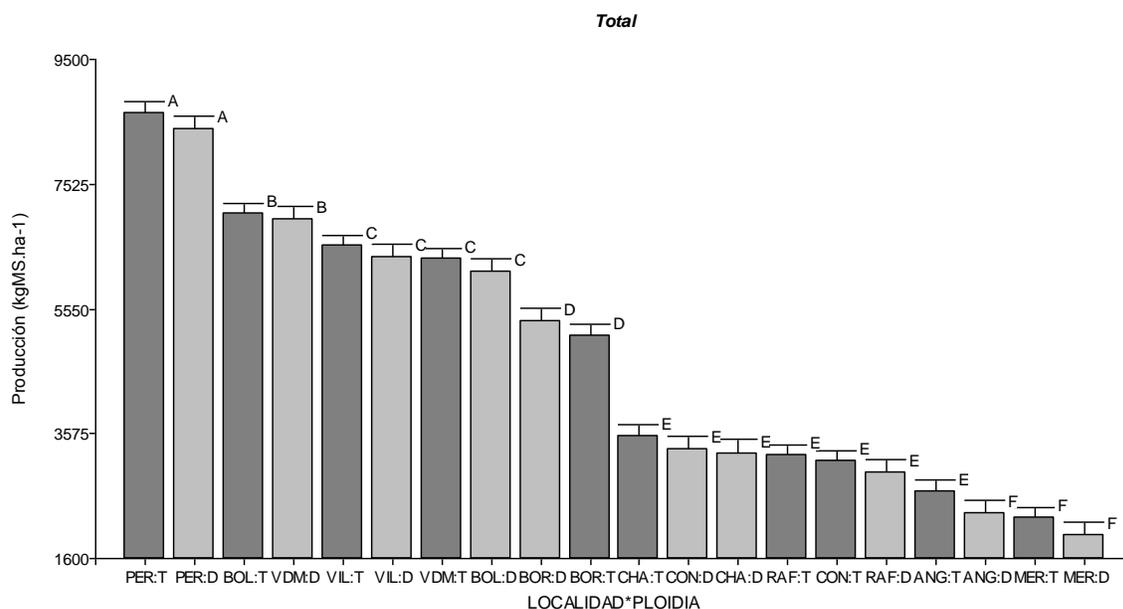


Figura 13: Producción total promedio de materiales de raigrás anual diploides (barras claras) y tetraploides (barras oscuras) en las 10 localidades participantes de la RED de raigrás 2018. Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0.05$) entre niveles de ploidía dentro de cada localidad.

En la Figura 14 se observan cuatro cuadrantes que se forman de acuerdo a la producción media predicha por el modelo usado en el análisis de interacción genotipo×ambiente (eje Y) y un índice de aporte a la interacción. Este índice de aporte a la interacción genotipo×ambiente se obtiene a partir de un cociente que relaciona la diferencia entre la varianza de los residuos del efecto interacción genotipo ambiente de todas las variedades y la varianza del efecto de interacción, teniendo en cuenta las repeticiones en el ensayo, con la varianza amalgamada de todos los ensayos individuales. Como este es un estadístico F, se hace la prueba con F de Snedecor para encontrar el punto de corte donde valor mayores a ese punto indican genotipos con menos estabilidad (mayor aporte a la interacción genotipo×ambiente), y a la derecha con más estabilidad (menor aporte a la interacción genotipo×ambiente). La producción media general predicha determina por encima de esa media, genotipos más productivos y por debajo genotipos menos productivos.

Se observa que de los materiales más productivos, sólo uno mostró menor estabilidad, o sea un mayor aporte a la interacción, el material tetraploide WIN. De los cultivares con producción media menor al promedio general, resultó el diploide RIB, con un mayor aporte a la interacción genotipo ambiente.

Por otro lado, los cultivares más estables, ubicados a la izquierda del punto de corte, son DUR, GIA, TIB, BILM y DIN, con menor producción que la media general. Por otro lado, BHQ, CAM y MAX con producciones más altas que la media general.

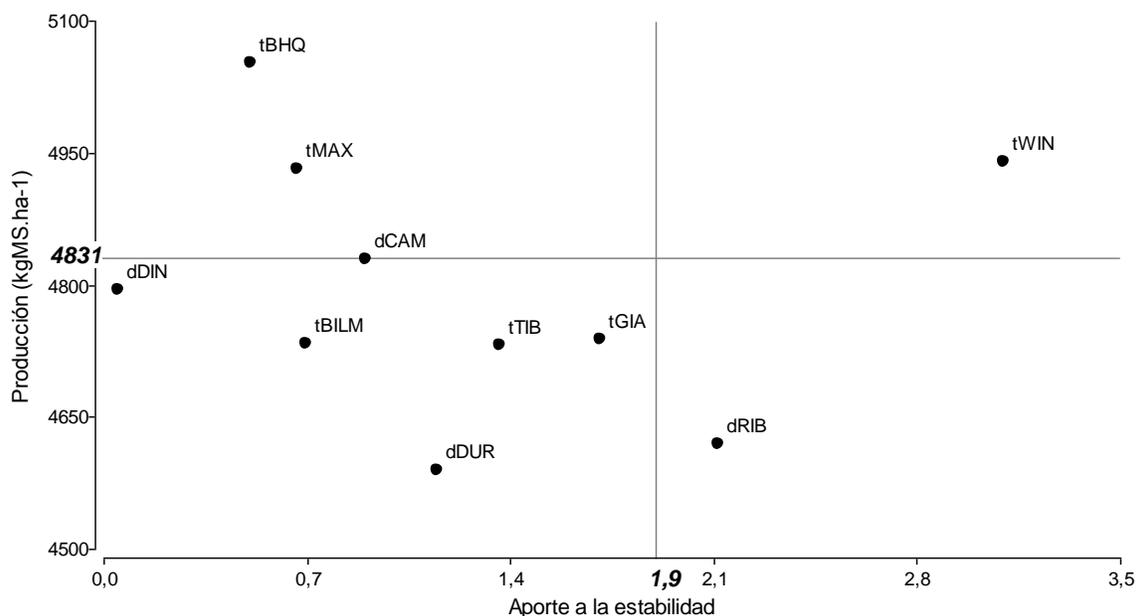


Figura 14: Aporte a la interacción de materiales diploides (d) y tetraploides (t) en el ciclo 2018 de la RED de raigrás. Los participantes fueron Maximus (MAX), Bill Max (BILM), Durango (DUR), Don Gianni (GIA), Don Dino (DIN), Tibet (TIB), BAR HQ (BHQ), Ribeye (RIB), Winter Star II (WIN) y Camaro (CAM).

Variables ambientales

Para evaluar la relación entre la interacción genotipo ambiente con variables ambientales, se realizó un análisis de regresión por mínimos cuadrados. Este análisis explica a partir de variables predictoras la variabilidad debida a la interacción genotipo ambiente. En este caso, las variables predictoras fueron el agua recibida (precipitación y riego, en el caso que lo hubo), temperatura media y número de días de heladas en el ciclo de crecimiento del raigrás. La variable de respuesta analizada fue la producción acumulada TOTAL del ciclo 2019.

La regresión por mínimos cuadrados se usa en este caso para explicar la relación de la producción de MS anual con respecto a la interacción genotipo ambiente y las variables climáticas.

Las variables climáticas relacionadas en este trabajo son lluvias acumuladas, número de días con heladas y temperatura media, correspondientes al ciclo de producción del raigrás anual. La correlación de variables climáticas e interacción genotipo ambiente se realiza con la producción total acumulada durante el ciclo productivo en las 10 localidades evaluadas.

Las dos primeras componentes principales (Figura 15) están representando 88 % de variabilidad aportada por la interacción genotipo ambiente relacionada con precipitaciones, días de heladas y temperatura media. La CP 1 separa el peso de la interacción genotipo ambiente debida a las lluvias con la T media de los días con heladas, ubicándolas en lados opuestos del gráfico. Del lado derecho se ubican los sitios que presentaron mayor número de días con heladas. Y del lado izquierdo los que presentaron lluvias acumuladas más altas. La variable temperatura media, si bien está a la derecha, es una variable que en este caso no está aportando, con gran peso, a la interacción genotipo ambiente.

Mercedes fue la localidad con mayor aporte a la interacción, además de presentar una alta asociación con las lluvias. Chascomús, Concepción del Uruguay y Viedma también aparecen asociadas a la mayor precipitación, aunque en menor medida que Mercedes. En cuanto a los materiales, sólo CAM aparece con mayor asociación a las precipitaciones más altas. DUR, MAX,

RIB y WIN se ubican cercanos al origen por lo que muestran menor influencia de la interacción genotipo ambiente con las variables climáticas analizadas.

Del lado derecho, las localidades con mayor asociación a días con heladas fueron Pergamino y Anguil. El material que aparece más asociado a días con heladas es BHQ. En este lado también se ubicaron TIB y DIN asociados en menor medida con los días más fríos. Y con mayor estabilidad a la variable número de días con heladas se ubican las localidades Rafaela, General Villegas, Bordenave y Bolívar y los materiales DIN, TIB BILM y GIA.

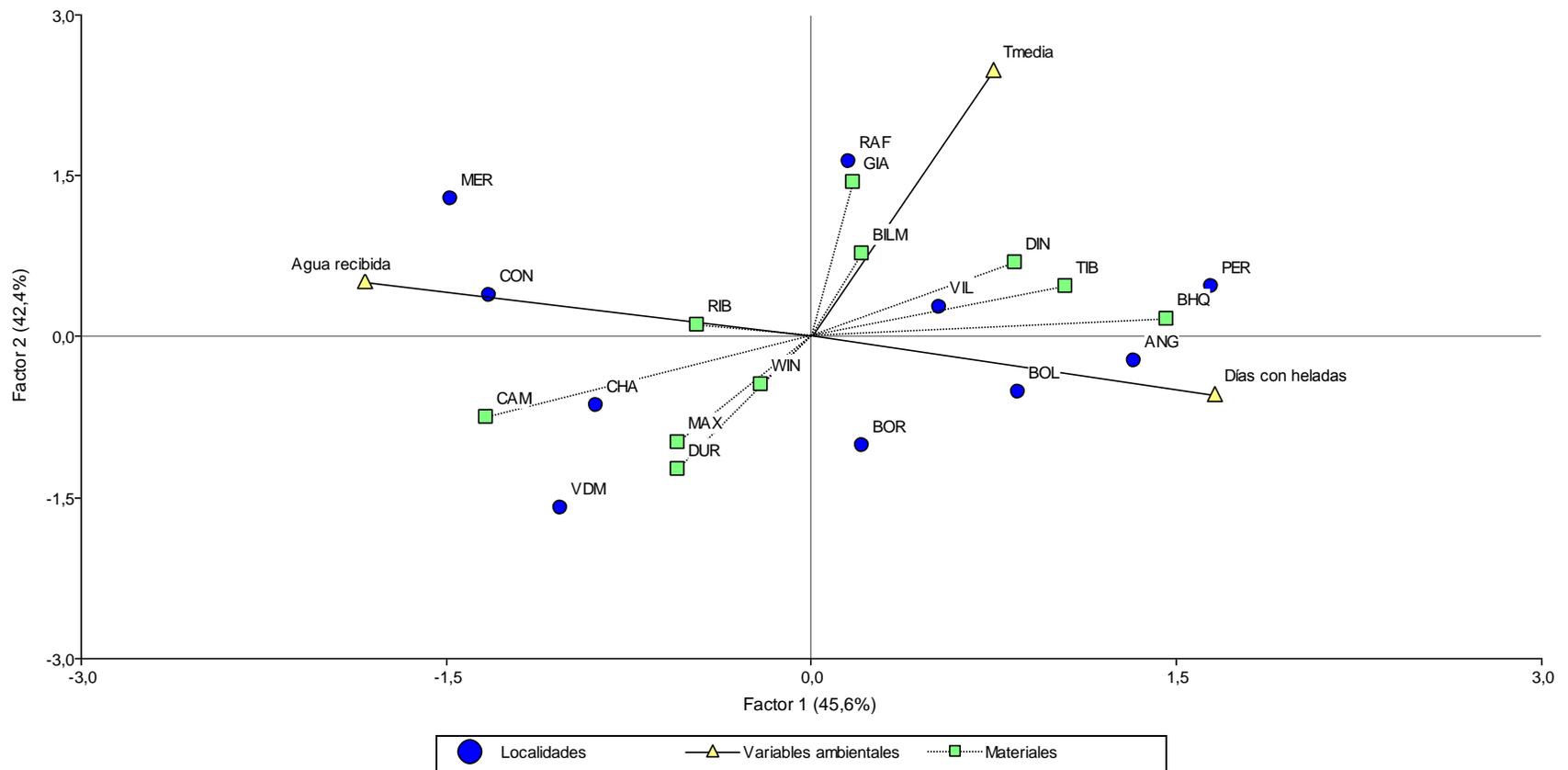


Figura 15: Triplot basado en las dos primeras componentes principales del análisis de regresión por mínimos cuadrados parciales para la producción total de forraje de raigrás anual durante el ciclo 2019 en 10 localidades (Mercedes [MER], Bolívar [BOL], Concepción del Uruguay [CON], General Villegas [VIL], Anguil [ANG], Rafaela [RAF], Bordenave [BOR], Pergamino [PER], Chascomús [CHA] y Viedma [VDM]) en función a 3 variables climáticas (Agua recibida [AR], temperatura media [Tmedia] y número de días con heladas [HE]). Los materiales evaluados fueron Maximus (MAX), Bill Max (BILM), Durango (DUR), Don Gianni (GIA), Don Dino (DIN), Tibet (TIB), BAR HQ (BHQ), Ribeye (RIB), Winter Star II (WIN) y Camaro (CAM).

