

ANÁLISIS DE DATOS DE RENDIMIENTOS OBTENIDOS DE LA RED DE MACROPARCELAS DE SOJA EN LA CAMPAÑA 2014/2015

Fernando Ledesma*, José R. Sánchez*, Juan P. Nemeč* y Mario R. Devani*

Con los datos de rendimiento obtenidos en las macroparcelas durante la campaña 2014/2015, se efectuaron distintos análisis para determinar el comportamiento de los cultivares evaluados. Se realizaron análisis teniendo en cuenta el grupo de maduración (GM) y los mejores rendimientos normalizados, considerando la información de las macroparcelas del ciclo 2014/2015, así como también de las últimas 16 campañas agrícolas (1999-2015).

► a) Análisis por grupos de maduración

A los efectos de determinar el comportamiento de los diferentes grupos de maduración, se realizó un análisis de la varianza (ANAVA) conjuntamente con la comparación de rendimientos promedio de los distintos GM en cada ambiente, mediante la prueba estadística LSD ($p > 0,05$). Para obtener estos valores, se consideraron todas las variedades que participaron en los ensayos. En el comportamiento de los distintos GM, influye la variación agroclimática interanual y los ambientes de las distintas macroparcelas del Noroeste Argentino (NOA), encontrándose, en algunos casos, similitudes entre ellos o interacciones con el medio. En cada localidad, al GM que alcanzó la media más alta se le asignó el valor del 100%; los demás GM adquirieron valores relativos al obtenido por el GM de mayor rinde.

Luego se realizó un análisis considerando todas las localidades del NOA por un lado y, por otro, solo a aquellas correspondientes a Tucumán y zonas de influencia (ZI) (el oeste de Santiago del Estero y sudeste de Catamarca), tanto a nivel de la presente campaña, así como la comparación con sus predecesoras.

En cada localidad, se tomaron los tres materiales de mayor rendimiento dentro de cada GM, el rinde promedio por GM, el valor relativo porcentual alcanzado por cada GM, las diferencias entre grupos que surgen a partir del análisis estadístico (indicados con letras mayúsculas) y el número de materiales evaluados dentro de cada grupo de madurez (n) (**Tabla 1**). Se puede observar en dicha tabla que los GM V y VI obtuvieron el valor porcentual del 100% de rendimiento en cuatro localidades, seguido por el GM VII en tres localidades, mientras que el GM VIII logró el 100% del rendimiento en solo dos localidades.

En la **Figura 1** se presentan los rendimientos promedio de los distintos GM obtenidos en las localidades del NOA como así también en las de Tucumán y ZI. En la región del NOA los mejores rindes promedio correspondientes a los GM V y VII (3220 y 3217 kg/ha respectivamente), a los que se les asignó el valor porcentual del 100%. Luego le siguieron, con rendimientos porcentuales del 98%, los GM VI y VIII (3156 y 3141 kg/ha). Esta campaña se diferenció de la tendencia de las precedentes, donde el GM VIII presentaba los mejores rendimientos. El GM VII muestra un buen comportamiento, situación que se atribuye principalmente a la liberación de nuevos materiales con excelente potencial. El análisis de la varianza (LSD, 5%) no reportó diferencias significativas entre los distintos GM para el NOA.

En Tucumán y ZI, los grupos VI, VII y V obtuvieron rindes promedio de 3201, 3196 y 3187 kg/ha respectivamente; mientras que el GM VIII, 2979 kg/ha, algo más de 200 kg de diferencia, presentando a su vez significancia estadística con los demás GM.

Comparando entre las dos áreas geográficas establecidas, vemos que en términos generales en ambas con el mayor GM decrece el rendimiento promedio.

En la mayor parte de los casos, el NOA logró rendimientos mayores con respecto a la sub-área de Tucumán y ZI, con diferencias de hasta 160 kg/ha aproximadamente. El único GM que tuvo mejor comportamiento en Tucumán y ZI fue el GM VI, pero solamente por 50 kg/ha.

Si analizamos el desempeño de los distintos GM en el NOA para las últimas 13 campañas sojeras, observamos que el ciclo 2014/2015 presentó rendimientos superiores a las 3 campañas precedentes (2011/2012, 2012/2013 y 2013/2014), superándolas por más de 100 kg/ha, (**Figura 2**), equiparándose más bien a los valores de la campaña 2008/2009, caracterizada por situaciones de sequías moderadas o baches hídricos extensos durante la campaña. En estos últimos 13 años, en los que se desarrollaron campañas con situaciones contrastantes de extrema sequía y abundantes precipitaciones, se puede observar que el GM VIII fue el más estable con respecto a los demás GM, al lograr los valores más altos en la mayoría de los ciclos agrícolas (9 campañas de 13, para la región del NOA).

* Sección Granos, EEAOC. E-mail: granos@eeaoc.org.ar



Un análisis equivalente se realizó tomando las seis macroparcelas de Tucumán y ZI (**Figura 3**). Al igual que lo ocurrido en el NOA, se aprecia que los rendimientos de la última campaña fueron inferiores al compararlos con el periodo 2005-2011, y a su vez superiores al periodo de sequías 2011-2014. Similar al NOA, se repite la analogía entre los rendimientos discriminados por GM entre la presente campaña y la de 2008/2009, debido posiblemente a que en ambos casos, ocurrieron estreses ambientales cortos.

TABLA 1 Presentación de las tres variedades de mejor rendimiento en cada localidad de ensayo, por grupo de madurez (GM) (kg/ha), rendimiento promedio por GM (Rto. prom.), valor relativo porcentual de cada GM, significancia estadística de las diferencias entre promedios y número de materiales evaluados dentro de cada GM (n) en el Noroeste Argentino (NOA). Campaña 2014/2015.

La Cruz F.S.: 18-19/12/2014

Grupo V	
NS 5419 IPRO	3502
LDC 5.9 STS	3461
Biosoja 5.40 STS	3278
AB	3414
n= 3	99%

Grupo VI	
DM 6563 IPRO	3673
DM 6262 IPRO	3625
M6211 IPRO	3596
A	3440
n= 13	100%

Grupo VII	
DM 7976 IPRO	3422
NS 7709 IPRO	3361
Ho 7510 IPRO	3352
B	3206
n= 9	93%

Grupo VIII	
DM 8473 RR	3896
DM 7,8i RR	3654
Biosoja 8.40 RR	3641
A	3450
n= 8	100%

La Virginia F.S.: 08/01/2015

Grupo V	
Biosoja 5.40 STS	2352
LDC 5.9 STS	2266
NS 5419 IPRO	1911
C	2176
n= 3	71%

Grupo VI	
DM 6563 IPRO	3060
SPS 6x8 IPRO	2988
NS 6248 RG	2931
B	2610
n= 13	85%

Grupo VII	
MS 7.4 IPRO	3561
DM 7976 IPRO	3277
NS 7709 IPRO	3190
A	3058
n= 8	100%

Grupo VIII	
LDC 8.5 RR	3110
DM 8473 RR	3010
Biosoja 8.40 RR	2787
B	2732
n= 7	89%

...continuación de TABLA 1

San Agustín (Monte Redondo) F.S.: 17/12/2014

Grupo V	
NS 5419 IPRO	3262
ACA 5825 IPRO	3262
Biosoja 5.40 STS	3217
A	3172
n= 4	100%

Grupo VI	
M6410 IPRO	3568
M6211 IPRO	3465
NS 6909 IPRO	3459
A	3159
n= 18	100%

Grupo VII	
NS 7473 RG	3469
M6210 IPRO	3277
NS 7209 IPRO	3154
A	2980
n= 10	94%

Grupo VIII	
DM 7,8i RR	2679
A 8000 RG	2644
DM 8473 RR	2618
B	2441
n= 9	77%

Garmendia F.S. Cortos: 02/01/2015 - F.S. Largos: 03/01/2015

Grupo V	
LDC 5.9 STS	4997
NS 5419 IPRO	4802
Biosoja 5.40 STS	3445
A	4415
n= 3	100%

Grupo VI	
NS 6909 IPRO	4505
DM 6563 IPRO	4486
Waynasoy RR	4071
B	3728
n= 13	84%

Grupo VII	
NS 7473 RG	4182
MS 7.4 IPRO	4035
M6210 IPRO	4026
AB	3785
n= 9	86%

Grupo VIII	
DM 8473 RR	3880
LDC 8.5 RR	3772
Biosoja 8.40 RR	3487
B	3378
n= 7	77%

La Fragua F.S.: 21/01/2015

Grupo V	
NS 5419 IPRO	2561
NA 5009 RG	2386
Biosoja 5.40 STS	2273
B	2354
n= 4	87%

Grupo VI	
DM 6563 IPRO	3240
M6211 IPRO	3109
DM 6262 IPRO	3031
A	2709
n= 13	100%

Grupo VII	
Ho 7510 IPRO	2944
M6210 IPRO	2944
SPS 7x8 IPRO	2944
A	2704
n= 8	100%

Grupo VIII	
RA 844 RR	2808
DM 7,8i RR	2768
NS 8282 RG	2671
AB	2561
n= 6	95%

La Cocha F.S.: 03/12/2014

Grupo V	
NS 5419 IPRO	4330
Biosoja 5.40 STS	3712
LDC 5.9 STS	3579
A	3874
n= 3	100%

Grupo VI	
M6211 IPRO	4154
DM 6,2i RR	3844
M6410 IPRO	3800
AB	3643
n= 11	94%

Grupo VII	
NS 7473 RG	3756
M6210 IPRO	3668
DM 7976 IPRO	3491
BC	3419
n= 8	88%

Grupo VIII	
DM 8473 RR	3668
Yanasu RR	3579
DM 7,8i RR	3447
C	3340
n= 7	86%

Metán F.S.: 15/01/2015

Grupo V	
NA 5909 RG	2369
LDC 5.9 STS	2364
NS 5419 IPRO	2320
AB	2351
n= 3	97%

Grupo VI	
NS 6909 IPRO	2734
DM 6262 IPRO	2705
NS 6248 RG	2658
A	2434
n= 13	100%

Grupo VII	
M6210 IPRO	2573
DM 7976 IPRO	2357
MS 7.4 IPRO	2302
BC	2200
n= 8	90%

Grupo VIII	
Biosoja 8.40 RR	2238
NS 8282 RG	2094
DM 7,8i RR	2044
C	2010
n= 6	83%

...continuación de TABLA 1

Lajitas Este F.S.: 18/01/2015

Grupo V	
DM 5958 IPRO	4764
NA 5909 RG	4664
DM 5,9i RR	4425
A	4618
n= 3	100%

Grupo VI	
DM 6563 IPRO	5111
DM 6262 IPRO	4930
M6410 IPRO	4799
A	4136
n= 8	90%

Grupo VII	
M6210 IPRO	4596
MS 7.4 IPRO	4547
SPS 7x8 IPRO	4188
A	4255
n= 4	92%

Grupo VIII	
DM 7,8i RR	4547
DM 8473 RR	4489
Munasqa RR	4396
A	3964
n= 8	86%

Mosconi F.S.: 05/01/2015

Grupo V	
LDC 5.9 STS	3488
NS 5419 IPRO	3409
Biosoja 5.40 STS	3267
BC	3388
n= 3	90%

Grupo VI	
DM 6,2i RR	3732
DM 6,8i RR	3424
NS 6483 RG	3366
C	3208
n= 12	86%

Grupo VII	
NS 7473 RG	3996
NS 7709 IPRO	3866
Ho 7510 IPRO	3781
A	3747
n= 8	100%

Grupo VIII	
DM 8473 RR	4001
DM 7,8i RR	3822
Biosoja 8.40 RR	3769
AB	3690
n= 7	98%

Ballivián F.S. Cortos: 14/01/2015 - F.S. Largos: 17/01/2015

Grupo V	
Biosoja 5.40 STS	3147
NA 5909 RG	2622
NS 5419 IPRO	2448
B	2739
n= 3	77%

Grupo VI	
DM 6563 IPRO	3497
NS 6483 RG	3322
NS 6248 RG	3147
B	2885
n= 10	81%

Grupo VII	
Ho 7510 IPRO	3686
NS 7209 IPRO	3686
NS 7473 RG	3686
AB	3312
n= 9	93%

Grupo VIII	
NS 8282 RG	4167
DM 8473 RR	4006
RA 844 RR	4006
A	3576
n= 8	100%



Figura 1

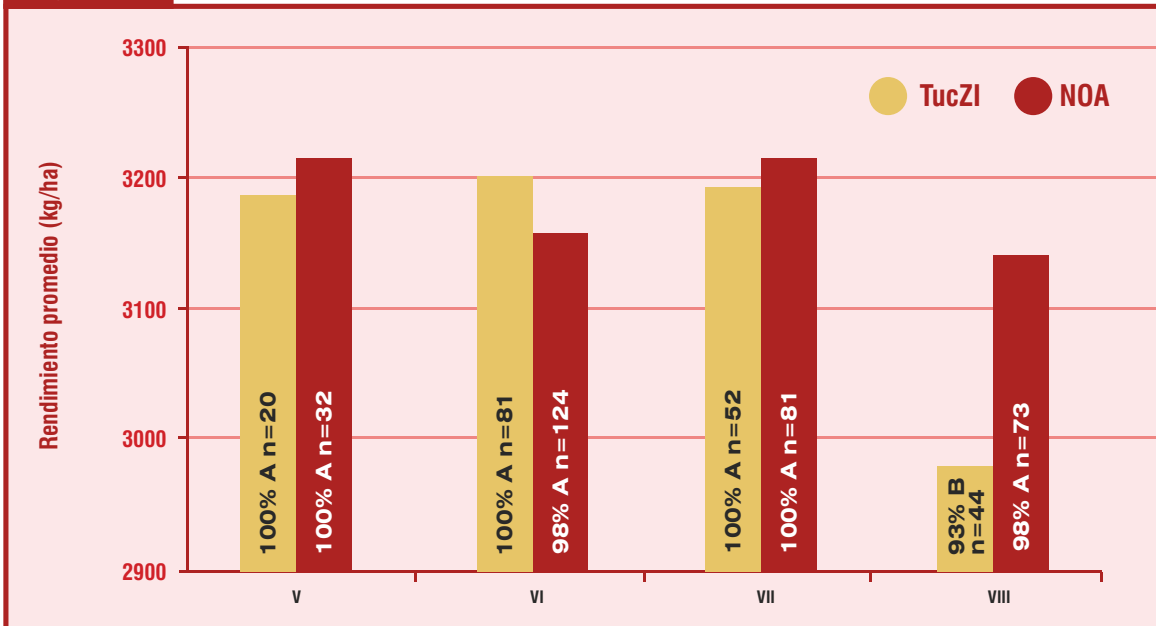


Figura 1. Rendimiento promedio por grupo de madurez (GM, valor relativo porcentual de cada GM, significancia estadística entre rendimientos promedio y número de materiales evaluados dentro de cada GM (n) para el Noroeste Argentino (NOA) y Tucumán y zonas de influencia. Campaña 2014/2015. Letras distintas indican diferencias significativas (test LSD, $p > 0,05$).

Figura 2

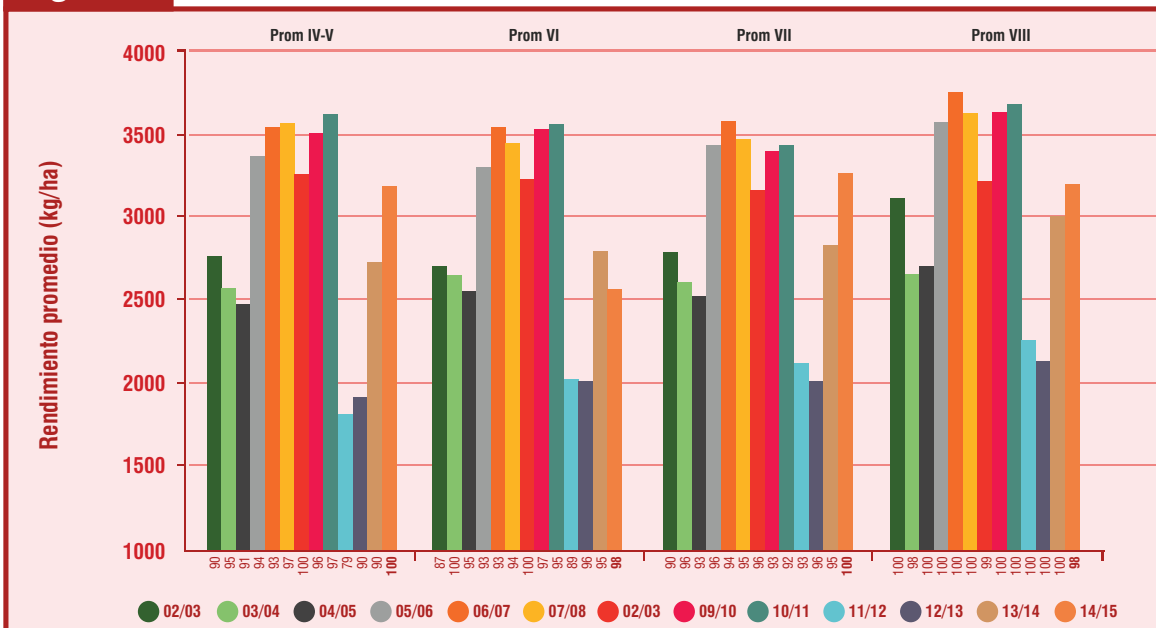
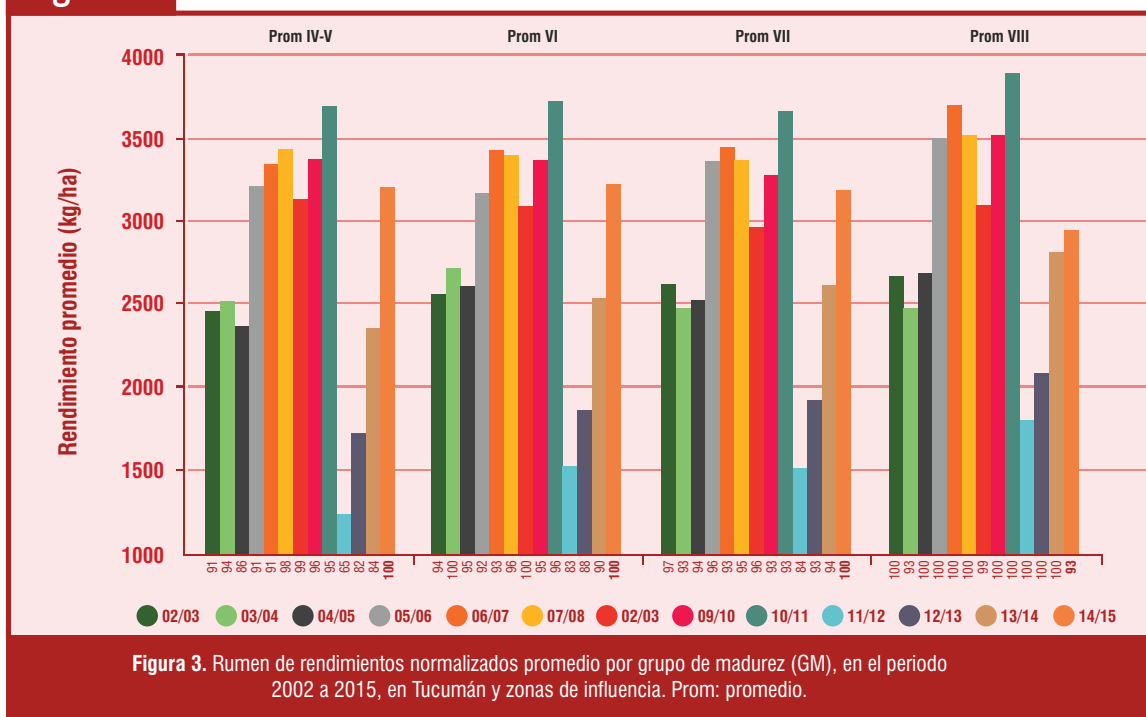


Figura 2. Resumen de rendimientos normalizados promedio por grupo de madurez (GM), en el periodo 2002 a 2015, para el noroeste argentino. Prom: promedio.

Figura 3



► **b) Análisis de frecuencia de aparición entre los mejores rendimientos normalizados**

Para realizar este análisis se comienza determinando las variedades, separadas en ciclos cortos y largos, que se ubicaron en el cuartil superior en cuanto a sus rendimientos en cada localidad evaluada, para luego con estos datos calcular la frecuencia con que obtuvieron rindes superiores con respecto a todas las localidades ensayadas. Se consideró tanto la región del NOA como Tucumán y ZI.

Para determinar los materiales que se considerarían con rendimiento sobresaliente, se empleó un criterio estadístico, en virtud del cual se tomaron aquellas variedades que se encontraban en el cuartil superior (Q3). Es decir que el Q3 representó los mejores rindes, pues se ubicaron dentro del 25% de los rendimientos máximos del grupo. Dicho análisis se realizó tanto para los GM cortos (grupos V y VI) como para los largos (grupos VII y VIII), en todas las localidades.

Se muestran en la **Tabla 2** las variedades de ciclos cortos y largos que alcanzaron los mejores rendimientos y se encontraron por arriba del Q3 de su respectivo ciclo, para cada localidad evaluada en la campaña 2014/2015, así como el valor umbral en kg/ha que separa este cuartil del resto de los rindes.

La frecuencia de aparición de las variedades con rendimiento superior en el NOA se puede observar en las **Figuras 4 y 5**, para ciclo corto y largo, respectivamente. Lo mismo se presenta para Tucumán y ZI, en las **Figuras 6 y 7**. Estos gráficos permiten observar tendencias en cuanto al potencial de rendimiento de las variedades analizadas y su plasticidad y adaptación a los diferentes ambientes considerados.

Observando los datos del NOA, encontramos que entre los materiales cortos (**Figura 4**) se destacó el cultivar DM 6563 IPRO, al obtener un rendimiento superior en el 70% de los ambientes evaluados, seguidos por DM 6262 IPRO y M6211 IPRO, los cuales lograron destacarse en el 50% de los casos. A continuación se ubicaron las variedades NS 6909 IPRO con el 40%, NS 6248 RG con el 33%, LDC 5.9 STS con el 25%, proseguidas por NS 5419 IPRO y NS 6483 IPRO, con el 22%. Finalmente se ubican 4 cultivares más con 20% o menos de aparición entre los rindes mayores. Se visualiza en el gráfico además, un mayor número de variedades del GM VI testeadas en la presente campaña. También se observa un claro predominio de este GM sobre los dos materiales del GM V evaluados, ya que ocupan las primeras cinco posiciones de este análisis, poseyendo cuatro de ellos la tecnología Bt.

Entre los cultivares de ciclo largo (**Figura 5**), se impuso el cultivar M6210 IPRO (GM VII), que logró posicionarse con altos rindes en el 60% de los ensayos. Luego se ubica, con un valor de 44%, NS 7473 RG. Las variedades DM 8473 RR y MS 7.4 IPRO alcanzaron el cuartil superior con sus rendimientos en el 40% de los ambientes, mientras que en el 33% de las macroparcelas lo consiguieron NS 7709 IPRO y DM 7976 IPRO. La variedad DM 7,8 RR se posicionó con el 20%. Las variedades restantes se ubicaron por debajo del 15%. Se debe remarcar que de los primeros 9 lugares del ranking, solo uno corresponde a una variedad del GM VIII, habiendo prevalecido ampliamente con sus mejores rindes el GM VII.

Analizando solamente las macroparcelas de Tucumán y ZI, encontramos que entre los materiales de ciclo corto (**Figura 6**) resalta nuevamente DM6553 IPRO, por haber conseguido altos rendimientos en el 83% de los ambientes evaluados. Con un valor destacado en el 67% de las localidades le sigue M6211 IPRO, mientras que los cultivares DM 6262 IPRO y NS 6909 IPRO se presentan con rindes superiores en el 50% de los ensayos realizados. En un 33% de los ambientes considerados encontramos a los materiales NS 5419 IPRO y NS 6248 RG; a continuación se encuentra SPS 6x8 IPRO con el 25%. Al final de la lista se ubica DM 6,2i RR, M6410 IPRO, LDC 5.9 STS y NS 6483 RG, con un 17% de mejores rindes obtenidos. Al igual que lo ocurrido en el NOA, se observa una mayor cantidad de cultivares del GM VI, que a su vez mantienen una supremacía en cuanto a rendimientos, con respecto al GM V, ya que sus variedades

ocupan las primeras cuatro ubicaciones. En cuanto a la tecnología IPRO, los materiales que cuentan con la misma lograron también las primeras posiciones.

Por último, en la **Figura 7** se presenta la frecuencia de aparición en el cuartil superior de los materiales de ciclo largo en Tucumán y ZI. Encontramos en la primera posición, al igual que en el NOA, al material M6211 IPRO, el cual logró rindes superiores en el 67% de las localidades donde fueron evaluados. Le sigue NS 7473 RG con un valor de 50% de localidades destacadas, y luego, con el 33% de sus rindes dentro del Q3, los cultivares DM 7976 IPRO, DM 8473 RR, MS 7.4 IPRO y NS 7709 IPRO. Finalizan la lista materiales con valores de aparición iguales o menores al 20%. Continúan predominando los cultivares del GM VII, con 7 de los primeros 8 escaños.

La información analizada sobre el comportamiento de las variedades en este ciclo agrícola constituye un instrumento a considerar en la elección de los cultivares que se utilizarán en la siguiente campaña. Sin dejar de considerar que los materiales pueden variar en sus rindes, no sólo por el potencial intrínseco de cada cultivar, sino también según las particularidades que presenta el escenario climático y los criterios de manejo agronómico que realiza el productor. Entre los destacados de la campaña 2014/2015 se encuentran DM 6563 IPRO, DM 6262 IPRO y M6211 IPRO por las variedades de ciclo corto, mientras que por las de ciclo largo encontramos a M6210 IPRO, NS 7473 RG y DM 8473 RR.

TABLA 2 Variedades de rendimiento superior para cada localidad ensayada del noroeste argentino, durante la campaña 2014/2015. F.S.: fecha de siembra.

La Cruz F.S.: 18-19/12/2014

Variedad	Rto kg/ha	IN	Rto. Norm.
DM 6563 IPRO	3673	1,03	3673
DM 6262 IPRO	3625	1,03	3625
M6211 IPRO	3596	1,04	3596

Q3: 3540

Variedad	Rto kg/ha	IN	Rto. Norm.
DM 8473 RR	3896	0,96	3896
DM 7,8i RR	3654	0,98	3654
Biosoja 8.40 RR	3641	0,96	3641

Q3: 3456

La Virginia F.S.: 08/01/2015

Variedad	Rto kg/ha	IN	Rto. Norm.
DM 6563 IPRO	3060	1,03	3060
SPS 6x8 IPRO	2988	1,02	2988
NS 6248 RG	2931	1,00	2931

Q3: 2714

Variedad	Rto kg/ha	IN	Rto. Norm.
MS 7.4 IPRO	3561	0,92	3561
DM 7976 IPRO	3277	1,00	3277
NS 7709 IPRO	3190	0,92	3190

Q3: 3125

San Agustín (Monte Redondo) F.S.: 17/12/2014

Variedad	Rto kg/ha	IN	Rto. Norm.
M6410 IPRO	3568	1,02	3568
M6211 IPRO	3465	1,02	3465
NS 6909 IPRO	3459	1,02	3459

Q3: 3270

Variedad	Rto kg/ha	IN	Rto. Norm.
NS 7473 RG	3469	1,01	3469
M6210 IPRO	3277	1,01	3277
NS 7209 IPRO	3154	1,04	3154

Q3: 3041

...continuación de TABLA 2

Garmendia F.S. Cortos: 02/01/2015

Variedad	Rto kg/ha	IN	Rto. Norm.
LDC 5.9 STS	4997	0,90	4997
NS 5419 IPRO	4802	0,90	4802
NS 6909 IPRO	4505	1,07	4505

Q3: 4071

F.S. Largos: 03/01/2015

Variedad	Rto kg/ha	IN	Rto. Norm.
NS 7473 RG	4182	0,95	4182
MS 7.4 IPRO	4035	0,95	4035
M6210 IPRO	4026	0,95	4026

Q3: 3950

La Fragua F.S.: 21/01/2015

Variedad	Rto kg/ha	IN	Rto. Norm.
DM 6563 IPRO	3240		
M6211 IPRO	3109		
DM 6262 IPRO	3031		

Q3: 2848

Variedad	Rto kg/ha	IN	Rto. Norm.
M6210 IPRO	2944	0,96	2944
Ho 7510 IPRO	2944	0,96	2944
SPS 7x8 IPRO	2944	0,96	2944

Q3: 2897

La Cocha F.S.: 03/12/2014

Variedad	Rto kg/ha	IN	Rto. Norm.
NS 5419 IPRO	4330		
M6211 IPRO	4154		
DM 6,2i RR	3844		

Q3: 3800

Variedad	Rto kg/ha	IN	Rto. Norm.
NS 7473 RG	3756		
M6210 IPRO	3668		
DM 8473 RR	3668		

Q3: 3579

Metán F.S.: 15/01/2015

Variedad	Rto kg/ha	IN	Rto. Norm.
NS 6909 IPRO	2734	1,05	2734
DM 6262 IPRO	2705	1,02	2705
NS 6248 RG	2658	0,95	2658

Q3: 2511

Metán

Variedad	Rto kg/ha	IN	Rto. Norm.
M6210 IPRO	2573		
DM 7976 IPRO	2357		
MS 7.4 IPRO	2302		

Q3: 2262

Lajitas Este F.S.: 18/01/2015

Variedad	Rto kg/ha	IN	Rto. Norm.
DM 6563 IPRO	5111		
DM 6262 IPRO	4930		

Q3: 4799

Variedad	Rto kg/ha	IN	Rto. Norm.
M6210 IPRO	4596		
MS 7.4 IPRO	4547	0,98	4547
DM 7,8i RR	4547	0,97	4547

Q3: 4489

Mosconi F.S.: 05/01/2015

Variedad	Rto kg/ha	IN	Rto. Norm.
DM 6,2i RR	3732	0,97	3732
LDC 5.9 STS	3488	0,93	3488
DM 6,8i RR	3424	1,07	3424

Q3: 3409

Variedad	Rto kg/ha	IN	Rto. Norm.
DM 8473 RR	4001		
NS 7473 RG	3996		
NS 7709 IPRO	3866		

Q3: 3822

Ballivián F.S. Cortos: 14/01/2015

Variedad	Rto kg/ha	IN	Rto. Norm.
DM 6563 IPRO	3497		
NS 6483 RG	3322		

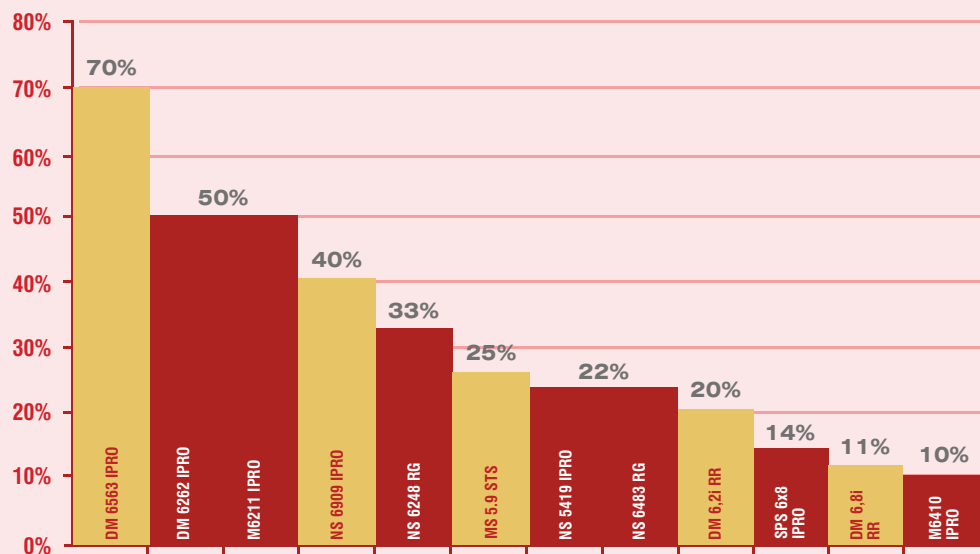
Q3: 3147

F.S. Largos: 17/01/2015

Variedad	Rto kg/ha	IN	Rto. Norm.
NS 8282 RG	4167		
RA 844 RR	4006		
DM 8473 RR	4006		

Q3: 3686

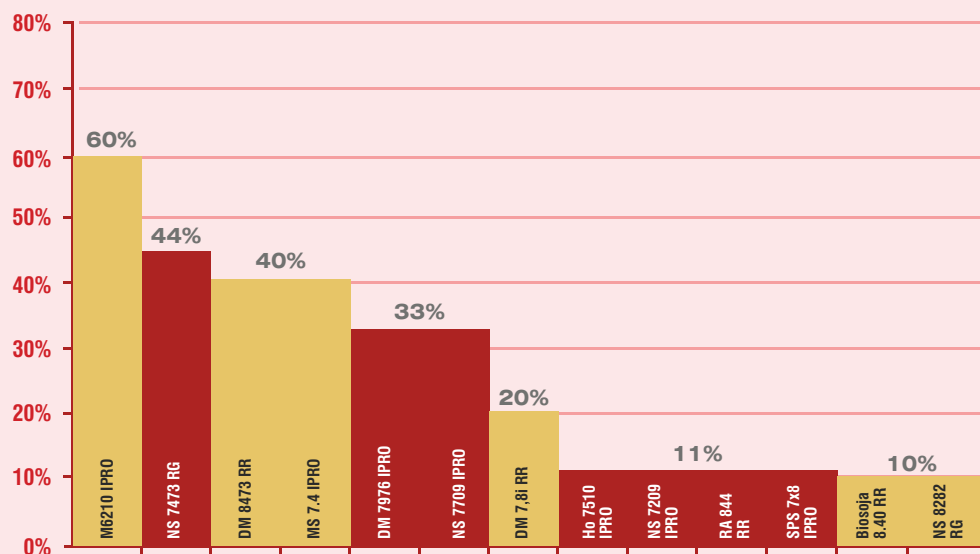
Figura 4



Varietal	nTotal	nQ3
DM 6563 IPRO	10	7
DM 6262 IPRO	10	5
M6211 IPRO	10	5
NS 6909 IPRO	10	4
NS 6248 RG	9	3
MS 5.9 STS	8	2
NS 5419 IPRO	9	2
NS 6483 RG	9	2
DM 6,2i RR	10	2
SPS 6x8 IPRO	7	1
DM 6,8i RR	9	1
M6410 IPRO	10	1

Figura 4. Frecuencia de aparición de variedades de ciclo corto con rendimiento superior en 10 localidades del noroeste argentino, en la campaña 2014/2015. n: cantidad de localidades en que fue evaluada. nQ3: cantidad de localidades en las que obtuvo rendimientos superiores.

Figura 5



Varietal	nTotal	nQ3
M6210 IPRO	10	6
NS 7473 RG	9	4
DM 8473 RR	10	4
MS 7.4 IPRO	10	4
DM 7976 IPRO	9	3
NS 7709 IPRO	9	3
DM 7,8i RR	10	2
Ho 7510 IPRO	9	1
NS 7209 IPRO	9	1
RA 844 RR	9	1
SPS 7x8 IPRO	9	1
Biosoja 8.40 RR	10	1
NS 8282 RG	10	1

Figura 5. Frecuencia de aparición de variedades de ciclo largo con rendimiento superior en 10 localidades del noroeste argentino, en la campaña 2014/2015. n: cantidad de localidades en que fue evaluada. nQ3: cantidad de localidades en las que obtuvo rendimientos superiores.

Figura 6

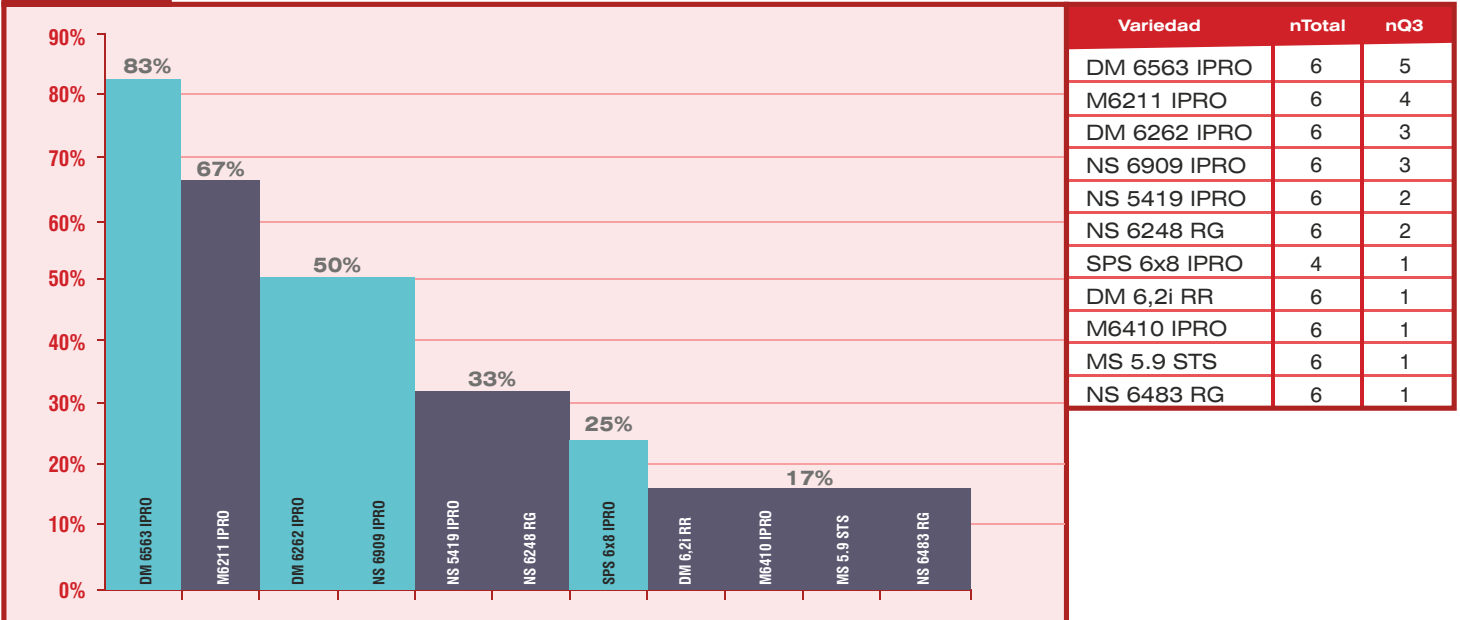


Figura 6. Frecuencia de aparición de variedades de ciclo corto con rendimiento superior en 6 localidades de Tucumán y zonas de influencia, en la campaña 2014/2015. n: cantidad de localidades en que fue evaluada. nQ3: cantidad de localidades en las que obtuvo rendimientos superiores.

Figura 7

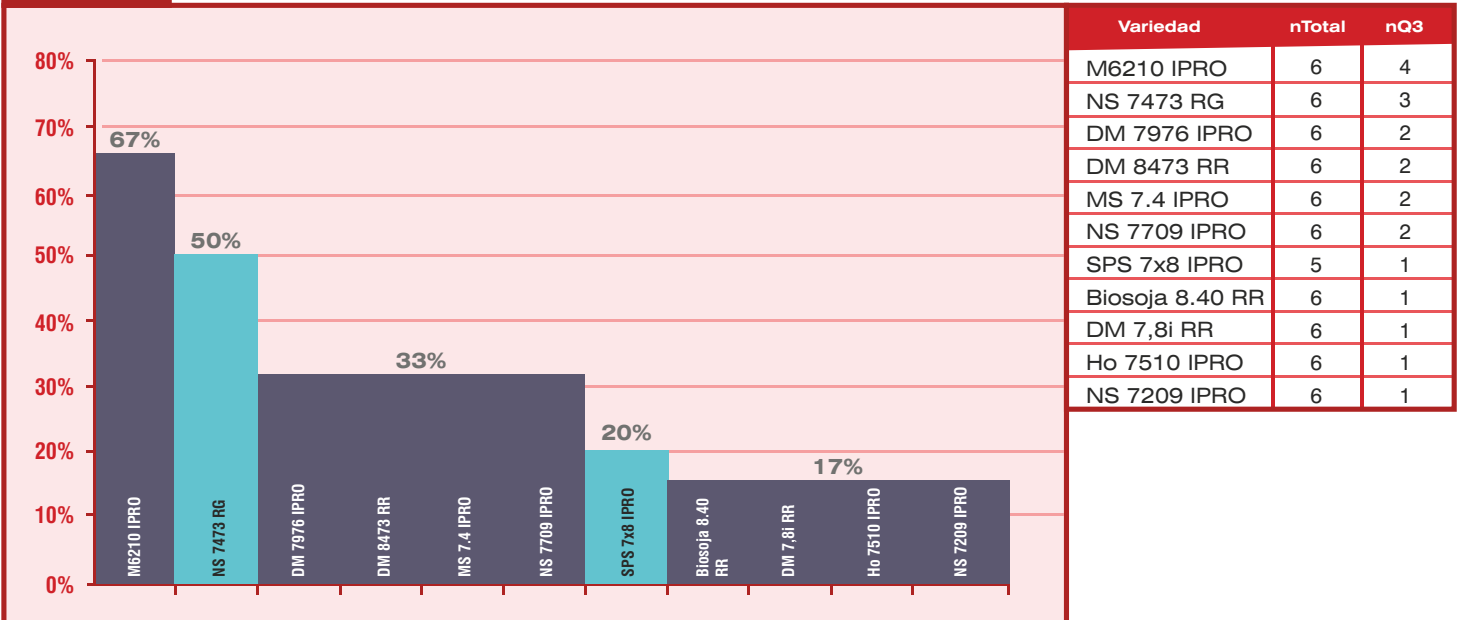


Figura 7. Frecuencia de aparición de variedades de ciclo largo con rendimiento superior en 6 localidades de Tucumán y zonas de influencia, en la campaña 2014/2015. n: cantidad de localidades en que fue evaluada. nQ3: cantidad de localidades en las que obtuvo rendimientos superiores.

► c) Análisis de datos de ensayos multiambientales a través de la metodología GGE biplot. Campaña 2014/2015

El ambiente (E) influye sobre las distintas variedades de soja (influencia denominada interacción genotipo-ambiente), provocando comportamientos diferenciales en los cultivares evaluados. Se pueden encontrar genotipos (G) que tienen una adaptación amplia a distintos ambientes, mientras que otros se desempeñan bien particularmente en ambientes determinados (adaptación específica). En esta interacción genotipo-ambiente (GE), la diferencia entre el comportamiento de los genotipos es ocasionada por el ambiente particular en el que se evalúan. Los efectos ambientales son, en general, los de mayor importancia en ensayos multi-ambientales, pudiendo explicar más del 70% de la variabilidad de los rendimientos. No obstante, los efectos del genotipo y de la interacción son los de mayor relevancia para la recomendación de variedades.

Los análisis multi-ambientes, tomando como base el análisis de componentes principales (CP), permiten evaluar la interacción GE y determinar el desempeño comparativo de los genotipos no solo a nivel del promedio general a través de los ambientes (adaptación amplia), sino también en cada ambiente en particular. Además, son útiles a la hora de evaluar las variedades disponibles en el mercado y sirven para predecir en cierta forma el comportamiento a futuro del material evaluado. Los biplots permiten analizar este tipo de ensayos, visualizando distintas variables en un mismo espacio, haciendo posible identificar asociaciones entre localidades, entre variedades y entre localidades y variedades.

Los gráficos GGE biplot pueden usarse también para identificar mega-ambientes; entiéndase por ellos a conjuntos de ambientes donde unos genotipos se desempeñan con un comportamiento relativo mejor que otros.

El primer aspecto a considerar para una correcta interpretación de estos gráficos es el porcentaje que acompaña a cada CP, ya que cuanto más cercana al 100% sea la suma de ambos, mayor será la correlación entre el gráfico y lo sucedido en los ensayos. Luego, se debe considerar el polígono que delimita a los marcadores de G. Las variedades que componen este polígono son las que mejor interpretan la realidad de los ensayos. Los marcadores de E (localidades) están conectados por vectores al origen (0:0) del gráfico. Conforman un mega-ambiente aquellos vectores que se posicionen en un mismo sector del gráfico. A su vez, la variedad de mejor comportamiento para este mega-ambiente es la que se sitúa en el vértice extremo del polígono que se encuentre más cercano a sus respectivos vectores. Las localidades de vectores más largos (con marcadores más alejados del origen) discriminan mejor el comportamiento de los genotipos que aquellas de vectores menos extensos.

Se presentan a continuación los resultados de los análisis GGE Biplot realizados con los datos de rendimientos de la Red, durante la campaña 2014/2015.

Desempeño de grupos de madurez y variedades en el NOA

El primer análisis (**Figura 8**) busca relacionar los cuatro grupos de madurez (GM) participantes (V, VI, VII y VIII) con las localidades evaluadas en la Red de Variedades Comerciales de Soja del NOA en la campaña 2014/2015, por lo que se trabajó solo con 10 localidades. Lo primero que debe observarse es la suma de ambos componentes principales (CP1 y CP2), los cuales conforman ambos ejes de coordenadas. En este caso alcanza un valor de 86,3%, lo que indica la alta correlatividad del análisis y del gráfico, con lo ocurrido en la campaña. Se observa que los marcadores de los distintos GM se ubican en cada uno de los cuadrantes del gráfico y a su vez, se forman 4 grupos de localidades o mega-ambientes de similar actuación. Hacia abajo y a la izquierda del gráfico encontramos los vectores de las localidades de Mosconi y Ballivián, ambas del norte de la provincia de Salta, que al dirigirse hacia el marcador del GM VIII en esta campaña, indica una relación positiva con este grupo. En el cuadrante superior derecho se ubica el punto del GM VII junto con los vectores de las macroparcelas de La Virginia y La Fragua, confirmándose en las mismas el buen desempeño de las variedades de dicho grupo. Los ensayos de Metán y Monte Redondo (San Agustín) tocan y traspasan al marcador de los cultivares de GM VI, lo que señala una alta y positiva relación entre estos ensayos y el GM. Finalmente encontramos un último mega-ambiente conformado por las localidades de La Cocha, Garmendia y La Cruz, cuyos vectores se dirigen hacia el marcador del GM V, cuyas variedades lograron altos rindes en estos ensayos.

Similar análisis sobre las macroparcelas del NOA se realizó con todas las variedades participantes en las mismas (Figura 9), sumando sus componentes principales un 53% aproximadamente. Este valor indica una baja representatividad del gráfico con respecto a lo ocurrido en los ensayos, y que solo se puede inferir sobre las variedades vértice del polígono. En este caso se destaca DM 8473 RR, cultivar que forma el polígono y que tuvo buen comportamiento en las localidades cuyos vectores se dirigen hacia ella (Ballivian, Mosconi y La Virginia). Luego encontramos un grupo formado por los ensayos de La Cruz, Garmendia y La Fragua, cuyos vectores se dirigen hacia la variedad vértice DM 6563 IPRO, de excelente performance en estos ambientes. Finalmente, hacia la derecha, se observa que las directrices de las localidades de San Agustín (Monte Redondo), La Cocha y Metán se orientan hacia las variedades M6211 IPRO y NS 6909 IPRO, indicando una relación positiva entre ambientes y genotipo.

Desempeño de grupos de madurez y variedades en Tucumán y zonas de influencia

El análisis de los GM cuenta con un valor elevado de la CP (87,5%) y similar al obtenido a nivel de la región del NOA, lo que corrobora que lo que se desprenda del análisis y lo que se observe en el gráfico tienen un alto nivel de confianza. Solo el mega-ambiente conformado por las localidades de La Virginia y de La Fragua se direcciona evidentemente hacia el punto del GM VII, al igual que lo ocurrido en el análisis del NOA. Luego, con menor precisión, encontramos los ensayos de La Cocha y Garmendia, indicando una relación positiva con el GM V. Finalmente, las macroparcelas de Monte Redondo y La Cruz no se asociaron estrechamente con algún GM en particular, mientras que el GM VI, cuyo marcador se posiciona cercano al origen, tampoco se relaciona directamente con alguno de los ambientes de Tucumán y ZI. Al realizar el análisis gráfico pero desglosando en todos los cultivares participantes, se observa, al igual de lo ocurrido a nivel del NOA, que la sumatoria de los CP apenas supera el 60%, por lo que se debe restringir la interpretación del análisis a las variedades vértices que conforman el polígono. Así, se visualiza un mega-ambiente integrado por los ensayos de La Cruz, San Agustín y Garmendia, cuyos vectores se direccionan específicamente hacia el marcador de M6211 IPRO, señalando un alto desempeño de dicha variedad. Hay que destacar la relación positiva entre la localidad de La Cocha y el material NS 5419 IPRO, cuyos vectores y puntos correspondientes se encuentran alineados. Por último, encontramos los ambientes de La Virginia y La Fragua sin direccionarse sus líneas hacia ningún marcador en particular, pero con alguna relación con las variedades MS 7.4 IPRO y DM 6563 IPRO, respectivamente.

De esta manera, a través de los gráficos analizados y aplicando esta metodología es posible observar de forma rápida cuáles GM tuvieron buen desempeño en las distintas localidades ensayadas dentro de cada subregión, en la campaña analizada. Por ejemplo, en el caso de los análisis donde se grafican las variedades, aquellas que forman el polígono y a su vez tienen vectores de ambientes alineados hacia sus marcadores son en su gran mayoría cultivares con tecnología IPRO (7 de 8).

Figura 8

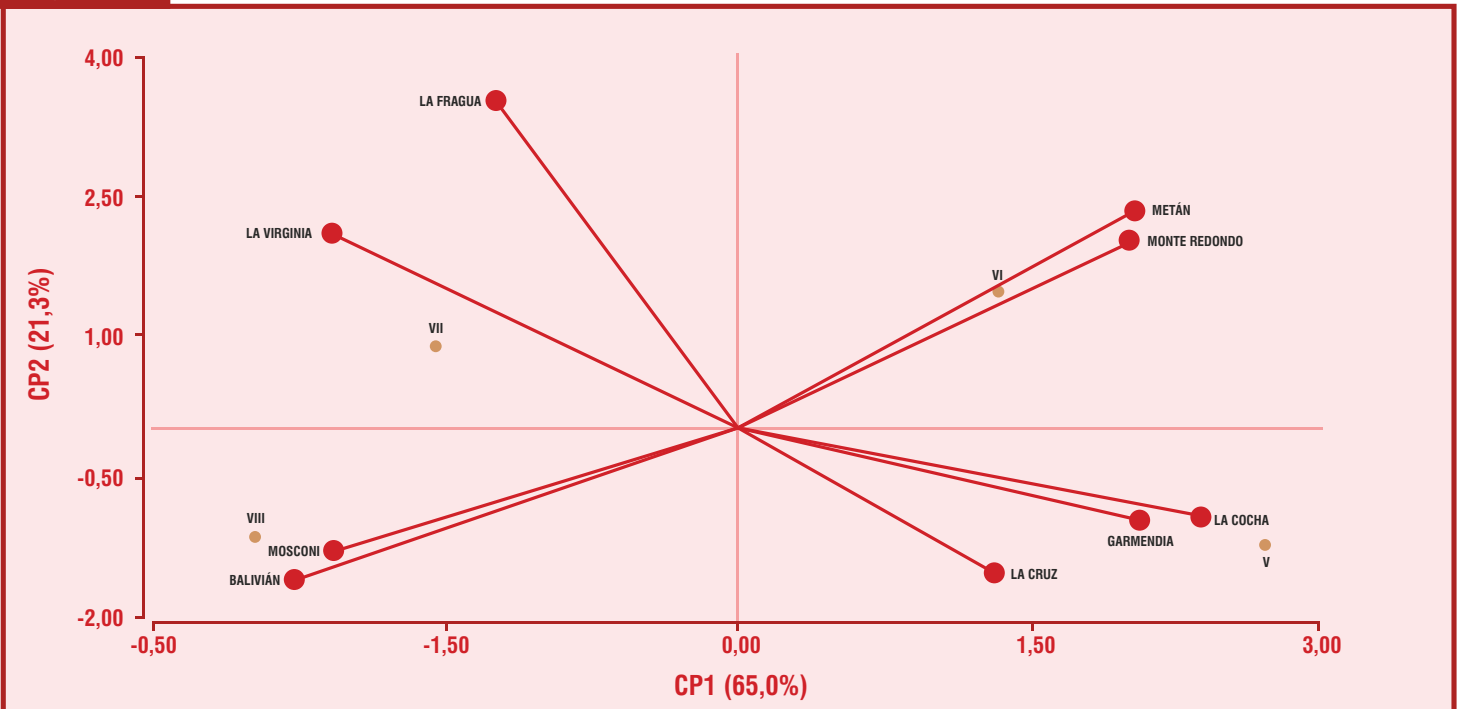


Figura 8. GGE biplot para el desempeño de grupos de madurez en el Noroeste Argentino, evaluados durante la campaña 2014/2015.

Figura 9

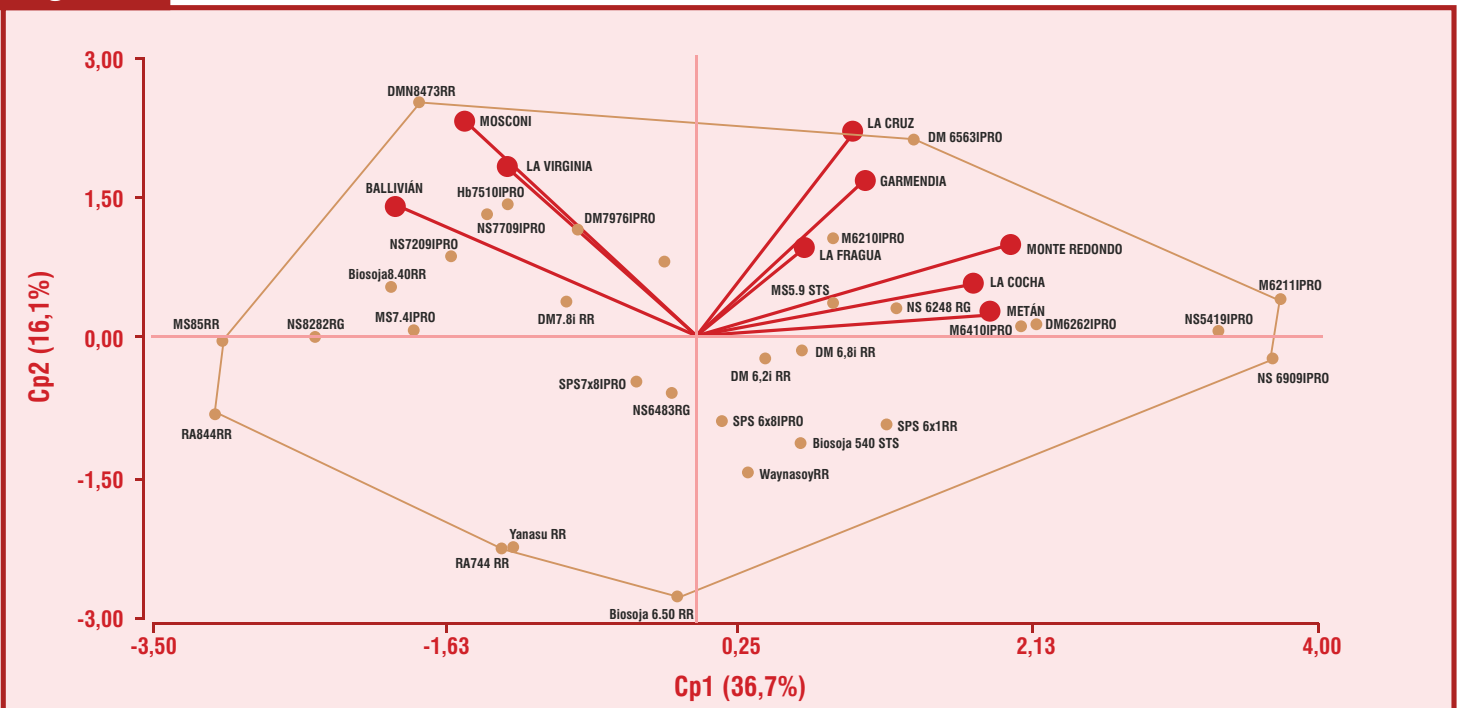


Figura 9. GGE biplot para el desempeño de variedades en el Noroeste Argentino, evaluados durante la campaña 2014/2015.

Figura 10

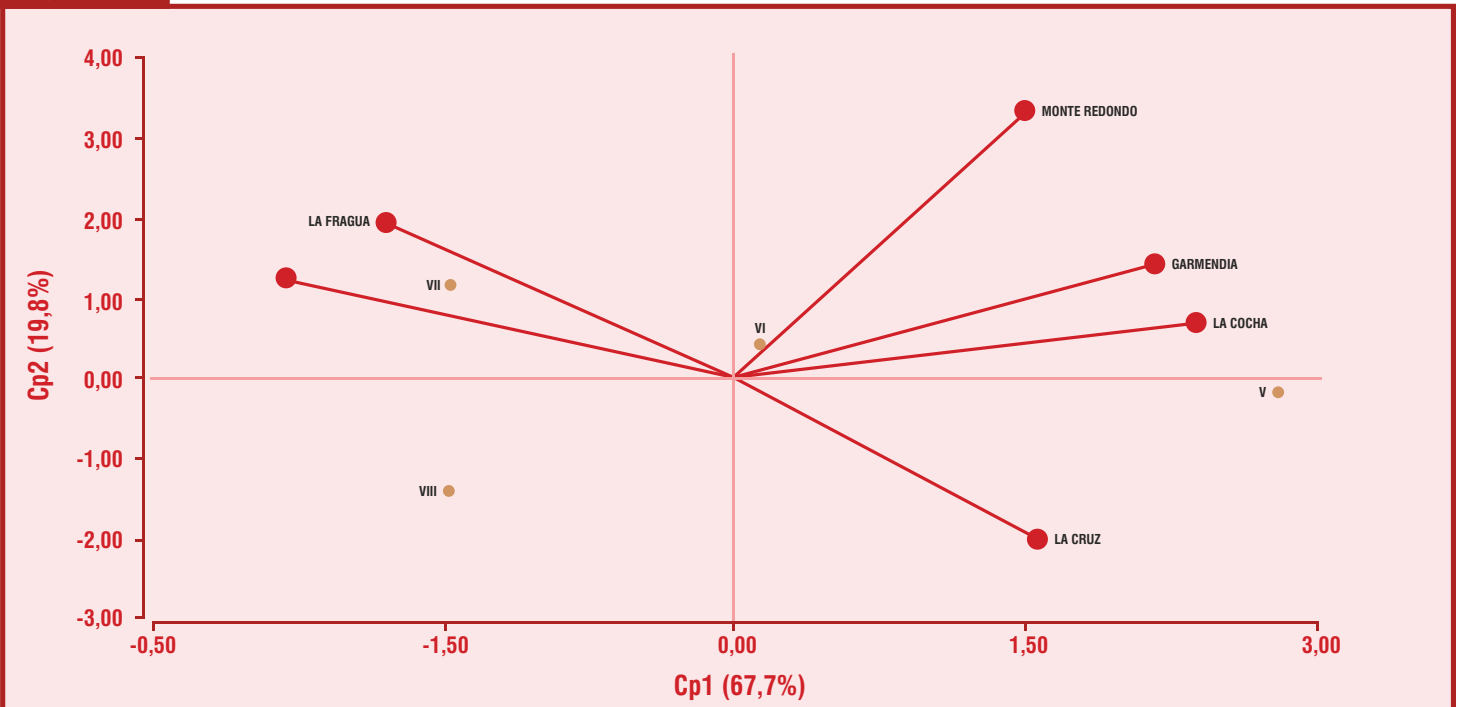


Figura 10. GGE biplot para el desempeño de grupos de madurez en Tucumán y ZI, evaluados durante la campaña 2014/2015.

Figura 11

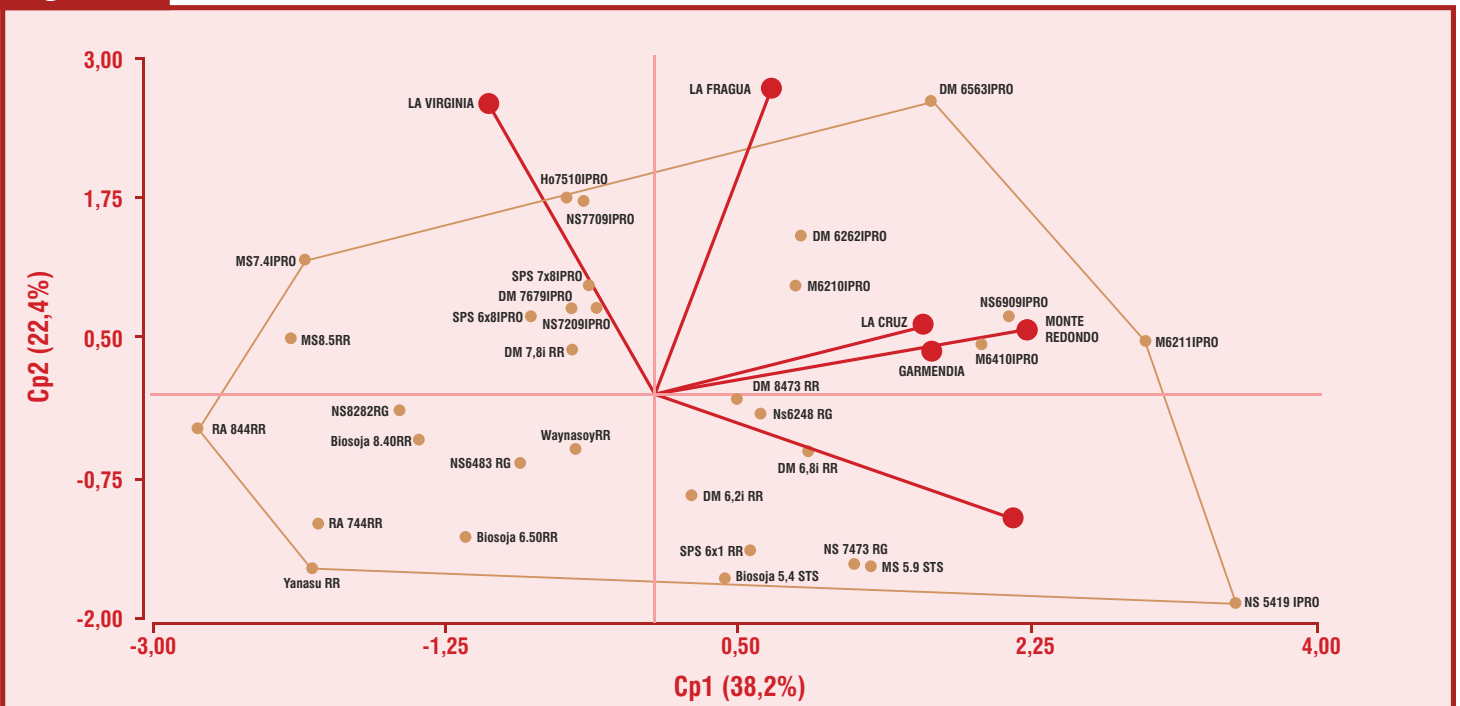


Figura 11. GGE biplot para el desempeño de variedades en Tucumán y ZI, evaluados durante la campaña 2014/2015.

ANÁLISIS DE ÍNDICE AMBIENTAL CON AJUSTE LINEAL

José R. Sánchez*, Fernando Ledesma*, Emanuel Mulet*, Rossana Espejo*, Facundo Valdéz Quiroga* y Mario R. Devani*

Bajo condiciones ambientales favorables (climáticas y de manejo), existen variedades que aumentan su rendimiento en forma pronunciada, mientras otras lo hacen en forma más suave o lo mantienen casi constante. El análisis de índice ambiental ofrece la posibilidad de observar, a través de gráficos, cómo se comportan los distintos materiales a medida que varían las condiciones ambientales.

Los índices ambientales (promedio de los rendimientos de las variedades en cada localidad) se ubican en el eje de las abscisas, ordenados de menor a mayor, y sobre ellos se localizan en el gráfico los puntos de los valores de rendimiento logrados por esas variedades en cada ambiente. Estos rendimientos se ubican en el eje de las ordenadas, también dispuestos de manera creciente. Así, para cada localidad-ambiente obtendremos una nube de puntos, que a su vez servirán de base para poder realizar el ajuste lineal de los materiales. La pendiente de la recta obtenida nos indica el comportamiento del genotipo, información que permite determinar la “**estabilidad**” (pendiente similar o menor a la unidad) y la “**adaptabilidad**” (valor de pendiente superior a 1) de cada material, en función de la variación en su rendimiento por cada unidad de variación en el potencial productivo del ambiente (pendiente de la relación lineal entre rendimiento y nivel de producción de cada ambiente probado) (Uhart y Correa, 2001). Nuevamente, es conveniente recordar los conceptos de estabilidad y adaptabilidad: **estabilidad** es la capacidad de homeostasis (autorregulación de los organismos vivos a nuevas condiciones, sin sufrir cambios profundos) de un genotipo frente a modificaciones del ambiente, mientras que **adaptabilidad** es la capacidad de un genotipo de dar mayores respuestas a condiciones de mayor calidad ambiental.

A modo de ejemplo, un genotipo con un valor de $b=0,8$ –por ende, clasificado como estable- tiene un rendimiento que varía $0,8$ kg/ha cuando el ambiente cambia 1 kg/ha (genotipo A, en **Figura 1**). En cambio, los materiales adaptables son aquellos que presentan una pendiente mayor a 1 (genotipo B, en **Figura 1**), como por ejemplo $b=1,2$: el genotipo varía su rendimiento en $1,2$ kg/ha cuando el ambiente cambia en 1 kg/ha (Ermacor, 2006).


Se debe aclarar que el análisis efectuado pertenece únicamente a la particular situación ambiental de la campaña 2014/2015, por lo cual tiene que ser considerado como un análisis adicional que complementa a los anteriores. Para lograr mayor precisión cuando se exprese estabilidad y adaptabilidad de materiales, se requiere información de una mayor cantidad de años y de datos que provengan de evaluar los mismos materiales en todos los ambientes.

A continuación se presentan los gráficos del análisis, discriminando cada grupo de madurez (GM) en siete gráficos (GM V, GM VI-a,b,c-, GM VII-a,b- y GM VIII), donde además se muestra la ecuación de la recta de regresión y el R^2 para cada variedad. Se agrega también en cada gráfico una línea (a rayas, tipo flecha, de color negro) de pendiente igual a 1 , la que sirve como referencia en la determinación de estabilidad / adaptabilidad, y a su vez nos marca si líneas de tendencia de las variedades indican buenos rindes. Al observar los gráficos, se puede deducir lo siguiente:

GM V (Figura 2): este grupo solo estuvo conformado por tres materiales, comportándose todos como adaptables. Las líneas de tendencia de LDC 5.9 RR y NS 5419 IPRO se elevan en los mejores ambientes, lo que indica mejores rendimientos en estos casos.

GM VI (Figura 3a, 3b y 3c): este conjunto fue separado en dos según las pendientes de sus líneas de tendencia. Por un lado se dispuso los materiales que se comportaron de manera estable (**Figura 3a**), destacándose por sus buenos rindes -tanto en ambientes de baja como de alta calidad- la variedad NS 6262 IPRO. Se observa además el buen desempeño de los materiales M6211 IPRO, NS 6909 IPRO y NS 6248 RG en ambientes desfavorables. En cuanto a las de comportamiento adaptable (**Figura 3b**), se destaca DM 6563 IPRO y, en segundo plano, M6410 IPRO por sus rendimientos superiores. En el último gráfico del GM VI (**Figura 3c**) se comparan los mejores materiales tanto adaptables como estables, observándose que la línea del cultivar adaptable DM 6563 IPRO se posiciona en general por arriba de la de sus pares, y siempre por encima de la línea de pendiente 1 , indicando buenos rindes en todo tipo de ambientes. Luego, se desprende también del gráfico que en la mayoría de los casos, los cultivares estables logran una mejor performance que los adaptables en ambientes desfavorables; mientras que cuando las situaciones mejoran, ocurre lo contrario.

* Sección Granos, Cultivos Industriales y Forrajeras, EEAOC.
E-mail: soja@eeaoc.org.ar



GM VII: al igual que en el GM VI, la cantidad de variedades participantes precisó desglosar el gráfico en estables y adaptables. En las primeras (**Figura 4a**) observamos que la gran mayoría presenta un buen comportamiento en ambos tipos de ambientes, dado que sus rectas se ubican por encima de la línea 1:1. En el caso de las variedades de comportamiento adaptable de este grupo (**Figura 4b**) se destacan MS 7.4 IPRO como NS 7209 IPRO, ya que sus líneas permanecen por encima de la línea de pendiente 1, mientras que a su vez se distingue el material NS 7473 RG en los ambientes de mejor calidad.

GM VIII (Figura 5): De los seis materiales que componen este grupo, cuatro se comportaron como adaptables, destacándose la variedad DM 8473 RR sobre todo en ambientes de calidad, ubicándose la mayor parte de su recta por encima de la línea 1:1. De los cultivares estables, solo se podría hacer mención a LDC 8,5 RR, la cual logra buenos rindes en ambientes desfavorables. A modo de resumen, en la **Figura 6** se ubican las 32 variedades según su rendimiento promedio en todas las localidades (eje X) y su pendiente (eje Y), la cual nos da una idea de la estabilidad o adaptabilidad de los genotipos. El gráfico fue separado por una línea vertical que cruza al eje X en el valor de 3169 kg/ha (promedio de todas las variedades participantes en todas las localidades incluidas en el análisis). Así se distinguen como variedades adaptables -y a su vez de alto potencial de rendimiento (valores por encima del promedio general)- DM 6563 IPRO, DM 8473 RR, M6410 RR, MS 7.4 IPRO y NS 7473 RG. Por último, entre aquellos materiales con valores de pendiente cercana o menor a la unidad (estables), que a su vez lograron rindes superiores al promedio, se destacan M6210 IPRO, DM 6262 IPRO, Ho 7510 IPRO y NS 6909.

El mismo gráfico de la **Figura 6** se modificó para observar el posicionamiento de las variedades según sean RR1 o IPRO, diferenciando sus marcadores (**Figura 7**). Claramente se observa que los puntos que se ubican por delante de la línea del promedio general (3169 kg/ha) son en su mayoría pertenecientes a variedades IPRO, lo que demuestra una performance superior de los mismos, tanto en cultivares con pendiente por encima o por debajo de la unidad (adaptables y estables, respectivamente).

Bibliografía citada

Ermacora, M. 2006. Cómo elegir un híbrido de maíz. Revista CREA 36 (309): 56-64.

Uhart, S. A. y R. O. Correa. 2001. Criterios para la elección del híbrido (primera parte). AgroDecisiones 6 (31): 16-19.

Figura 1

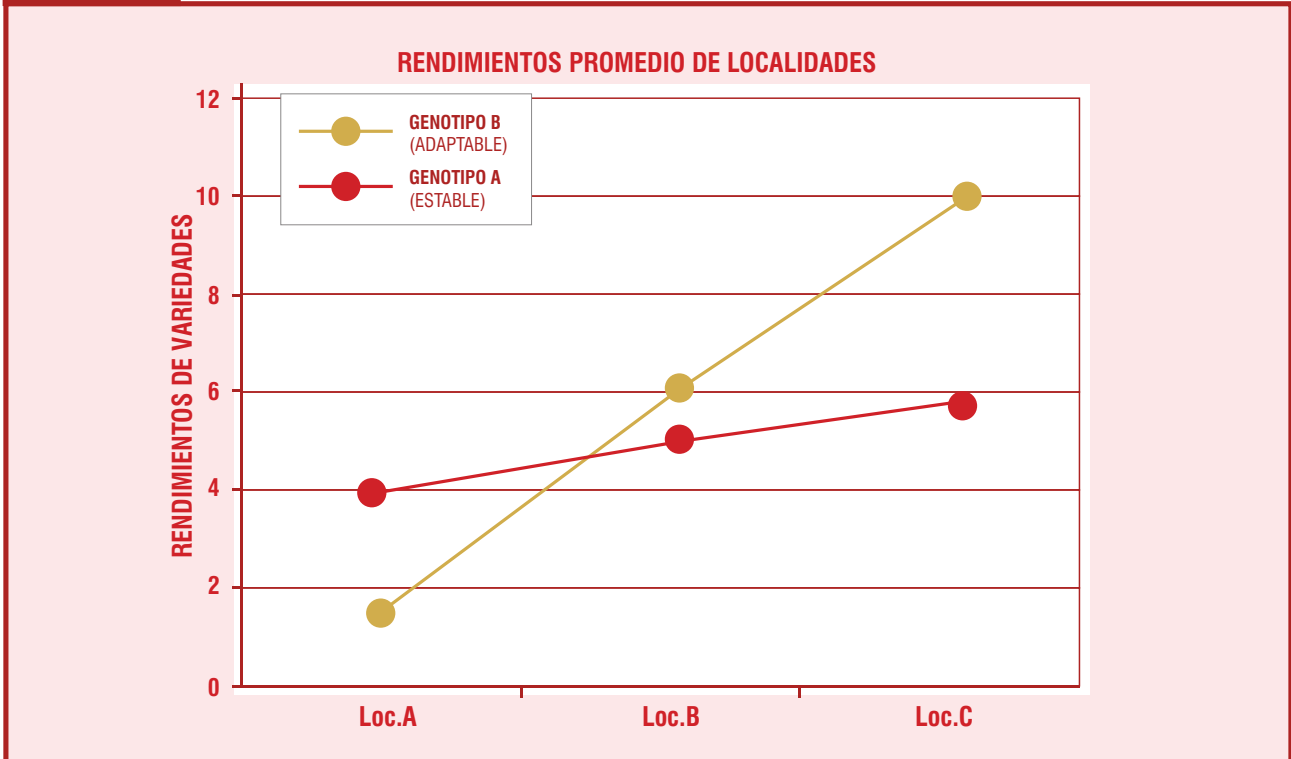


Figura 1. Ejemplificación gráfica del ajuste lineal de un genotipo adaptable y de uno estable.

Figura 2

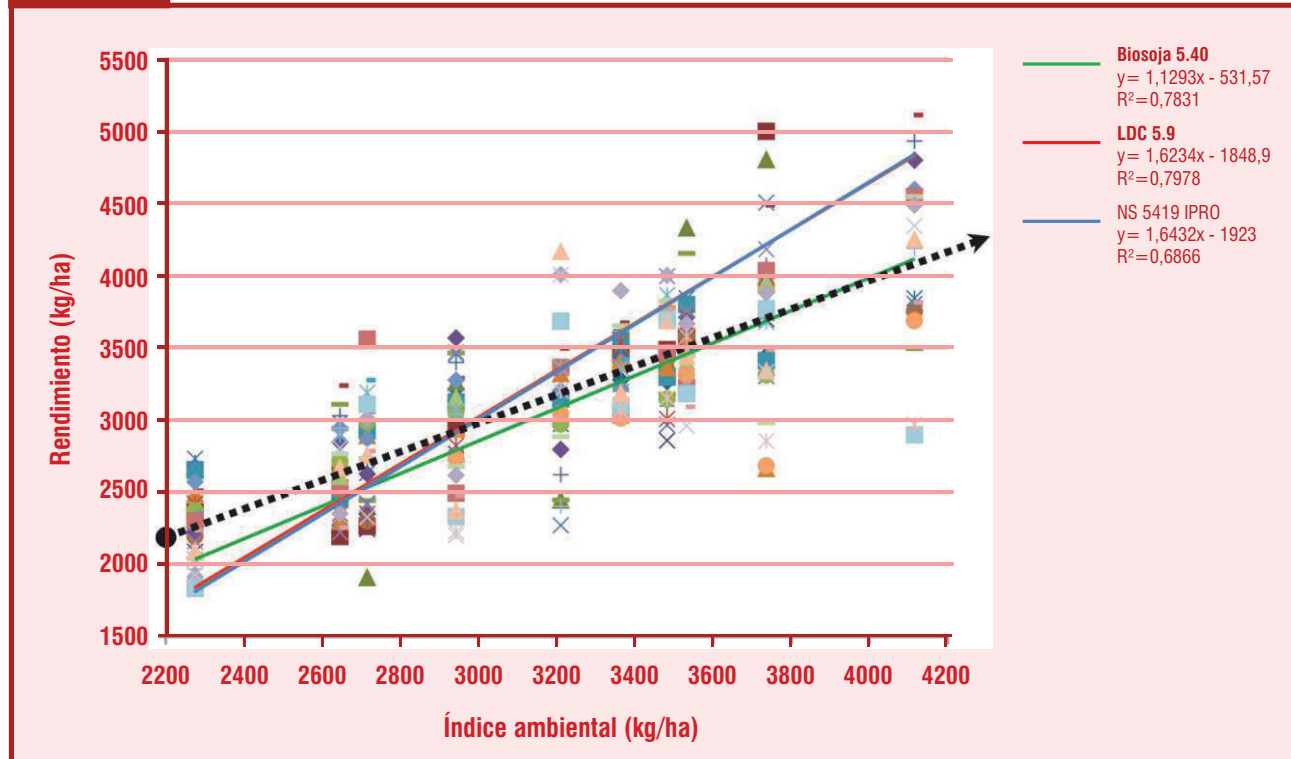


Figura 2. Rendimiento (kg/ha) de variedades y ajuste lineal de materiales de GM V según índice ambiental en el Noroeste Argentino (NOA), durante la campaña 2014/2015.

Figura 3a

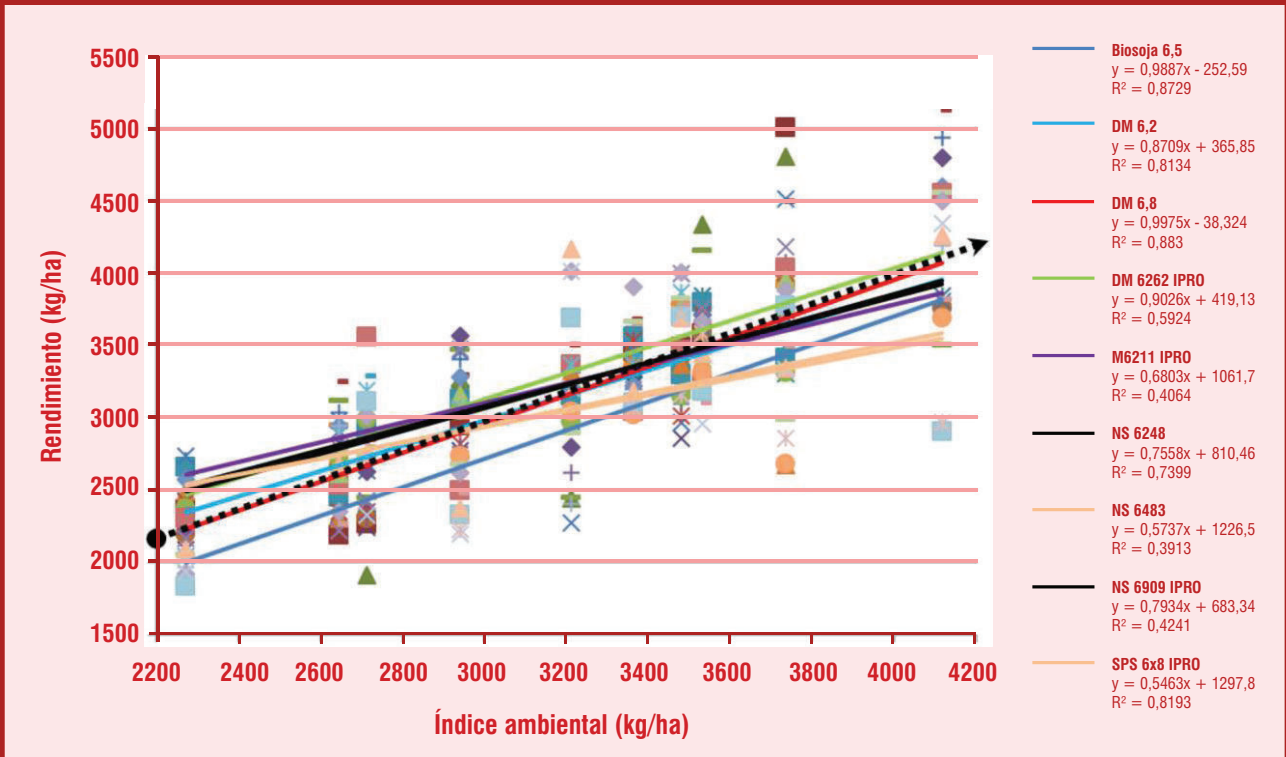


Figura 3a. Rendimiento (kg/ha) de variedades y ajuste lineal de materiales de GM VI según índice ambiental en el Noroeste Argentino (NOA), durante la campaña 2014/2015. a) variedades estables

Figura 3b

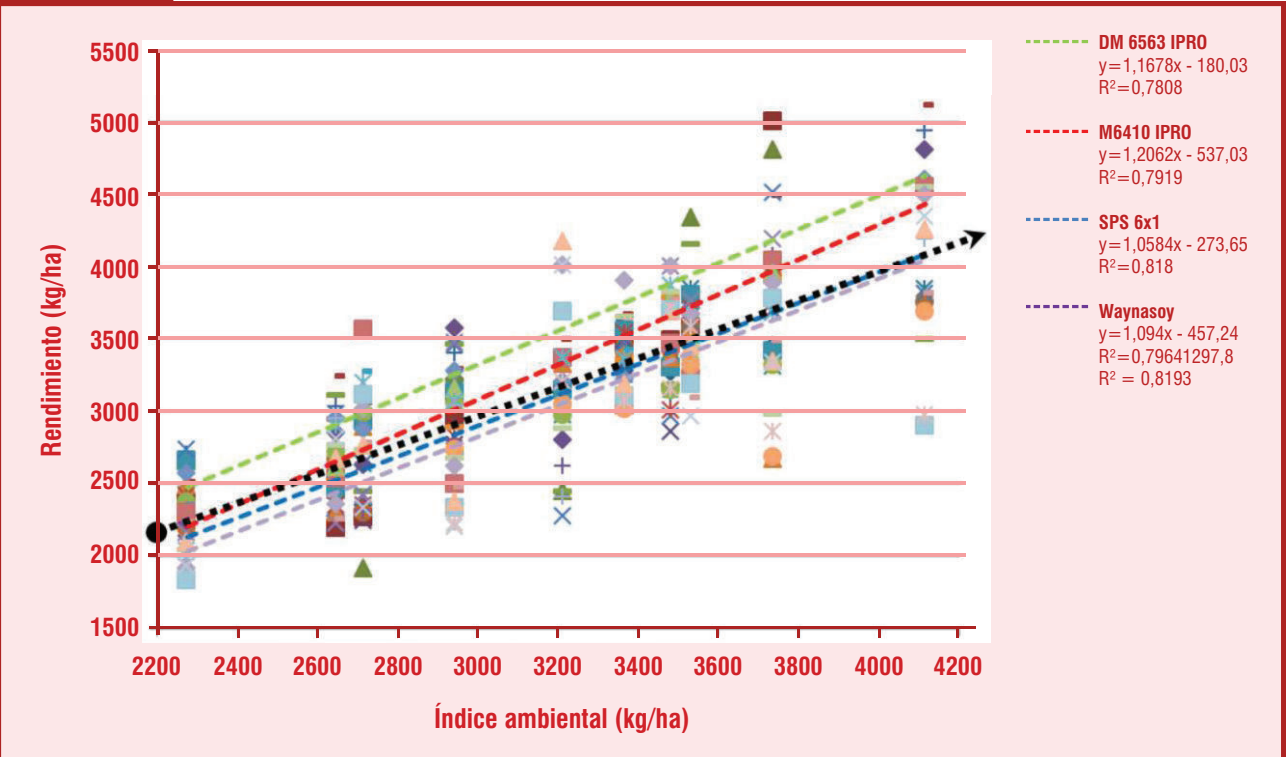


Figura 3b. Rendimiento (kg/ha) de variedades y ajuste lineal de materiales de GM VI según índice ambiental en el Noroeste Argentino (NOA), durante la campaña 2014/2015. b) variedades adaptables

Figura 3c

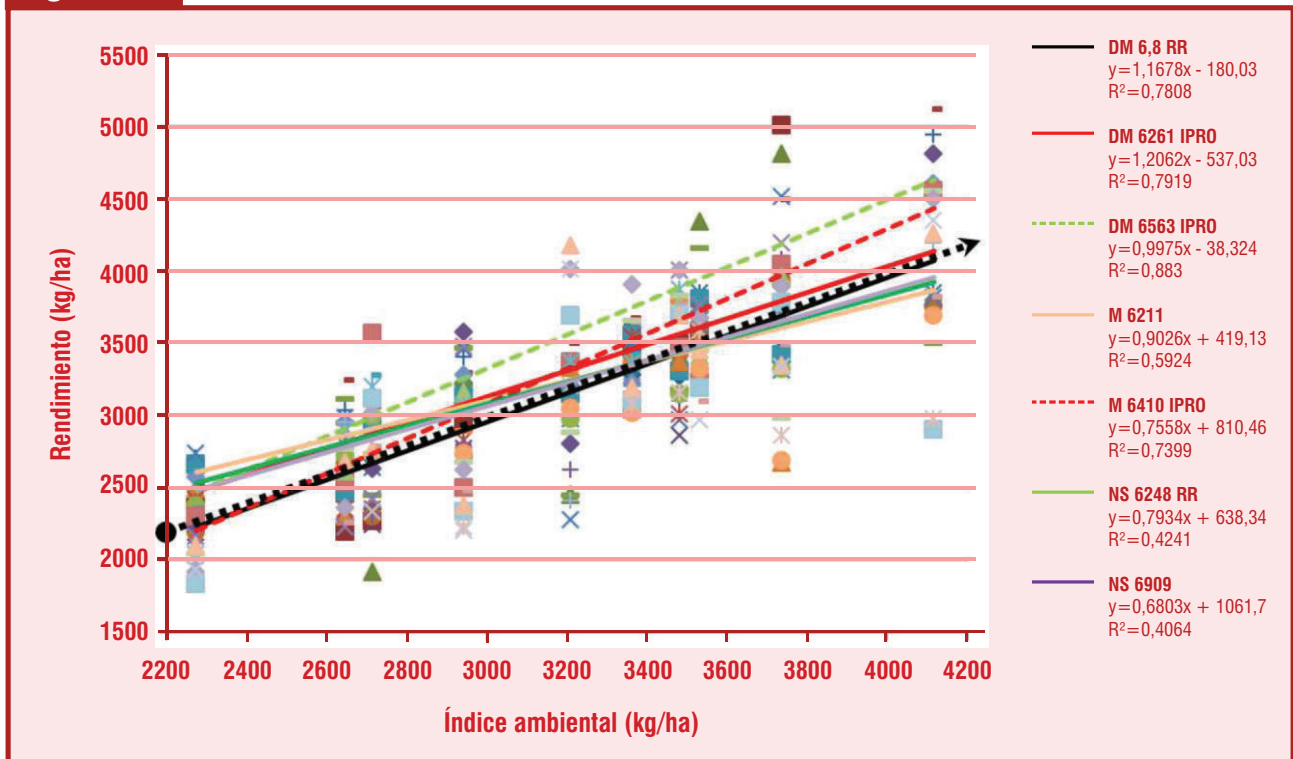


Figura 3c. Rendimiento (kg/ha) de variedades y ajuste lineal de materiales de GM VI según índice ambiental en el Noroeste Argentino (NOA), durante la campaña 2014/2015. c) variedades destacadas.

Figura 4a

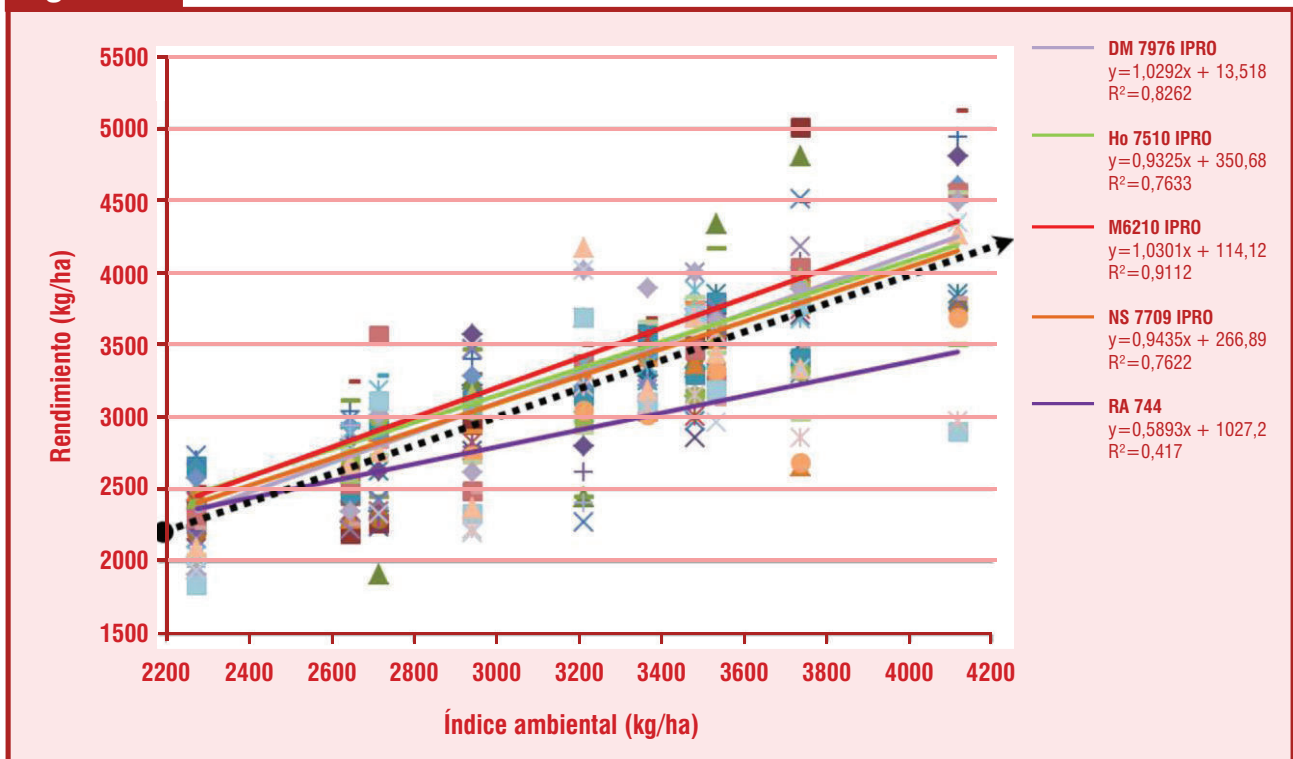


Figura 4a. Rendimiento (kg/ha) de variedades y ajuste lineal de materiales de GM VII según índice ambiental en el Noroeste Argentino (NOA), durante la campaña 2014/2015. a) variedades estables

Figura 4b

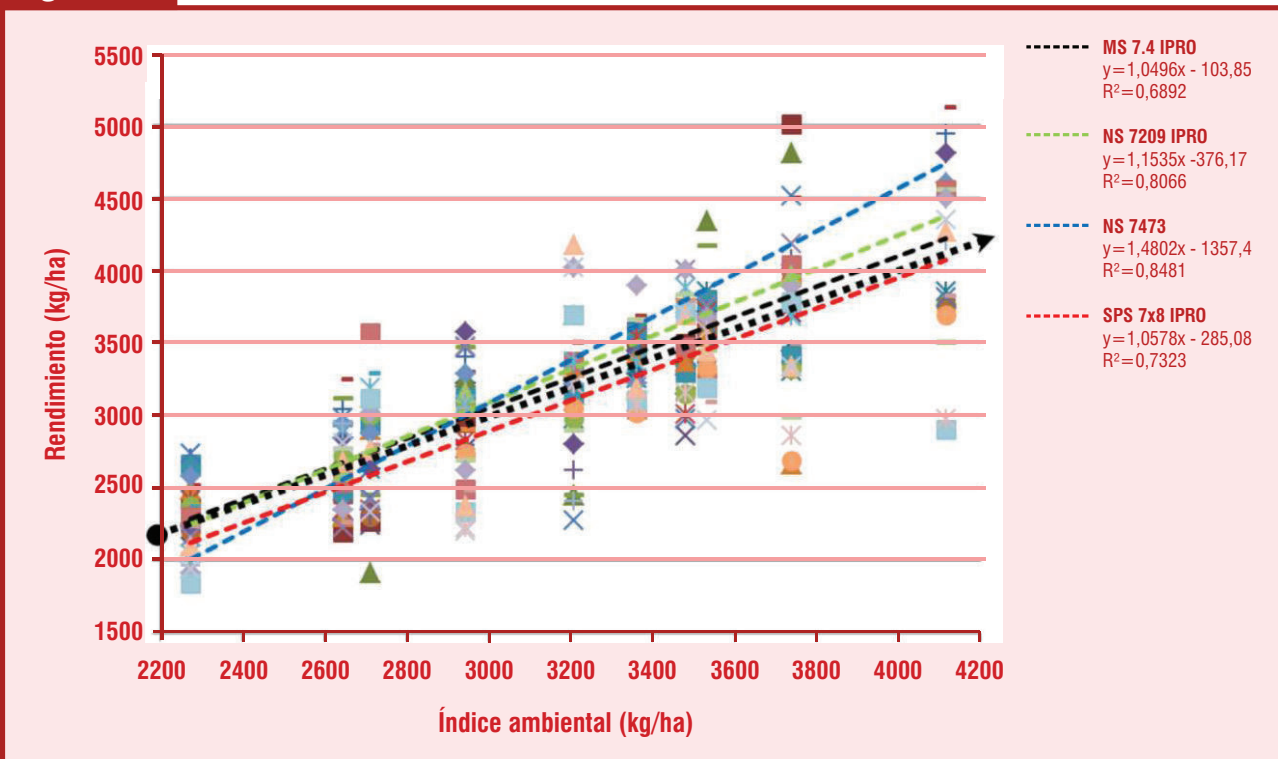


Figura 4b. Rendimiento (kg/ha) de variedades y ajuste lineal de materiales de GM VII según índice ambiental en el Noroeste Argentino (NOA), durante la campaña 2014/2015. b) variedades adaptables.

Figura 5

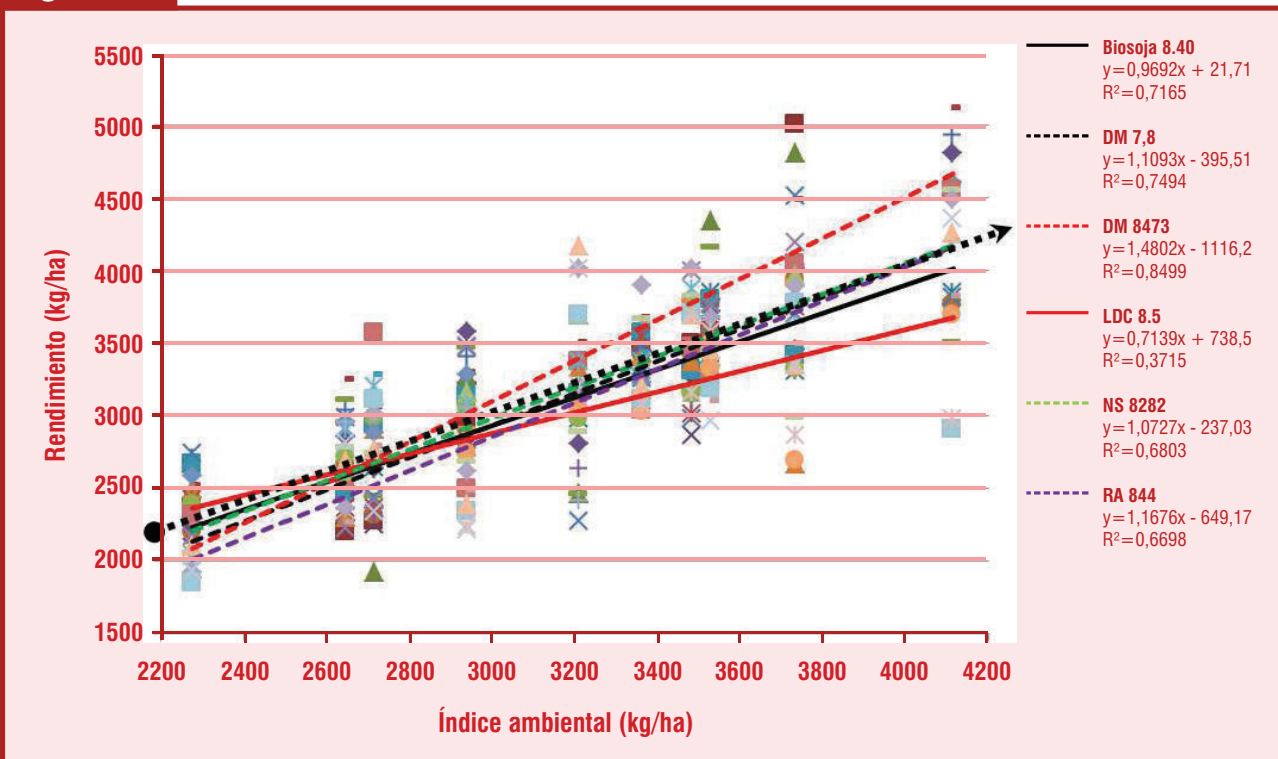


Figura 5. Rendimiento (kg/ha) de variedades y ajuste lineal de materiales de GM VIII según índice ambiental en el Noroeste Argentino (NOA), durante la campaña 2014/2015.

Figura 6

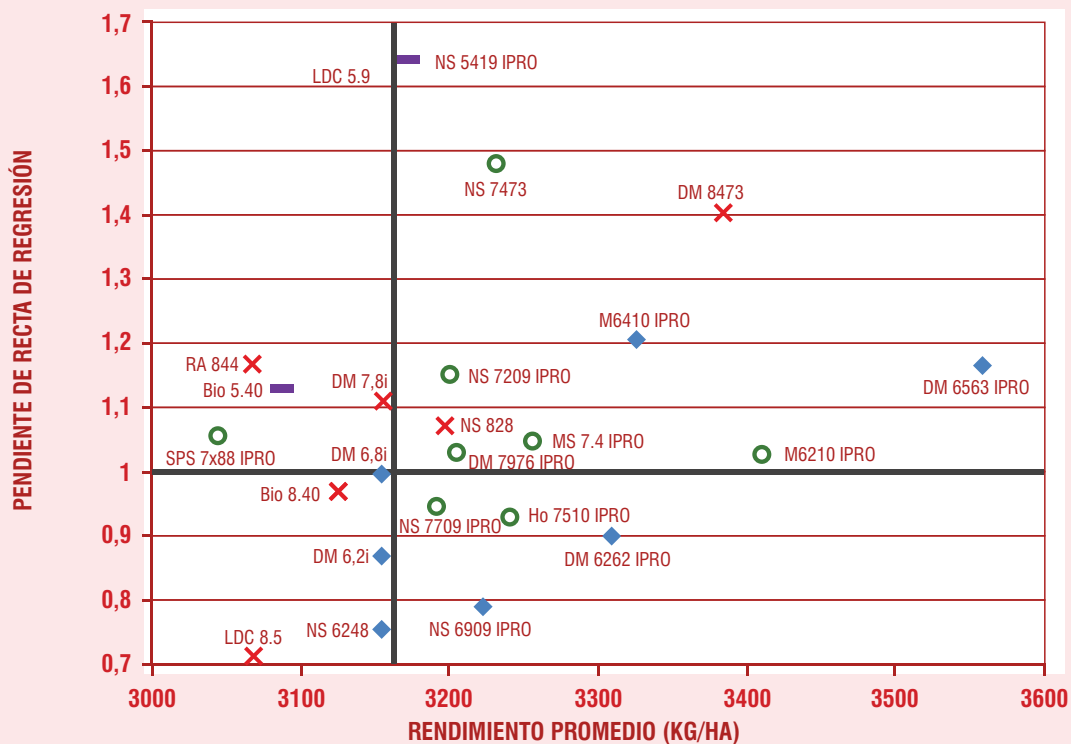


Figura 6. Rendimientos promedio de 32 variedades en 10 localidades de la Red de Macroparcelas en el NOA, en la campaña 2014/2015, y pendiente de la recta de regresión obtenida del ajuste lineal de las variedades.

Figura 7

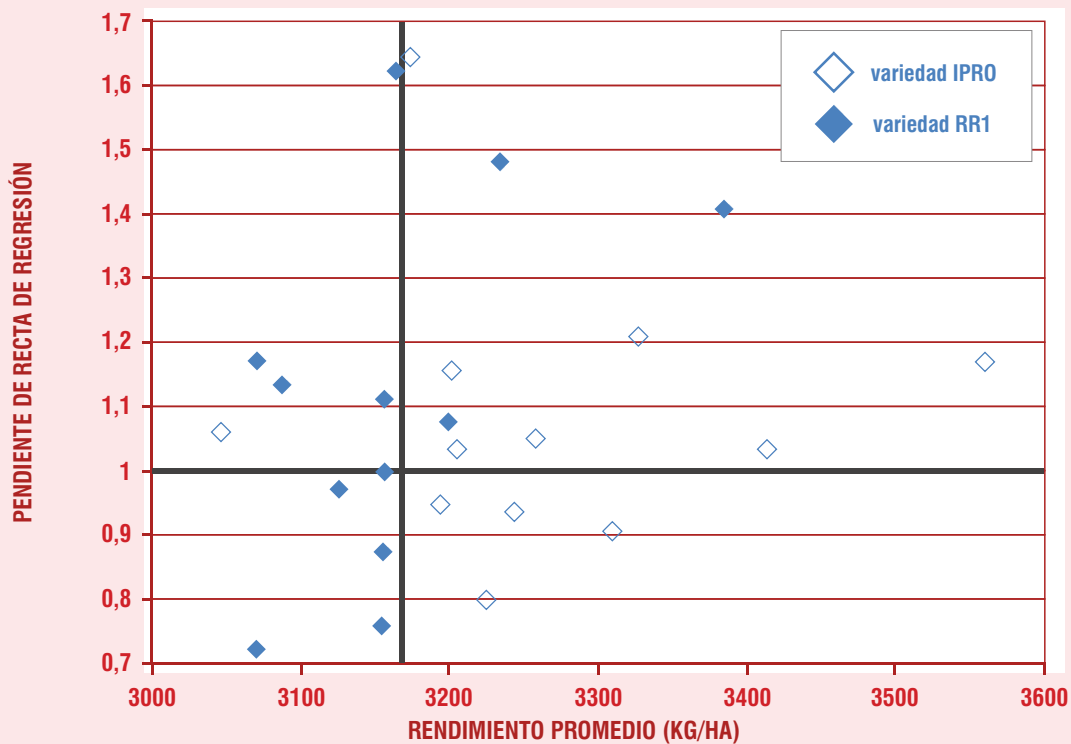


Figura 7. Rendimientos promedio de 32 variedades en 10 localidades de la Red de Macroparcelas en el NOA, en la campaña 2014/2015, y pendiente de la recta de regresión obtenida del ajuste lineal de las variedades, discriminadas según tecnología RR1 e IPRO.