

Análisis del comportamiento de cultivares de poroto negro en el noroeste argentino

Clara M. Espeche*, Oscar Nicéforo Vizgarra*, Silvana Y. Mamani Gonzales* y L. Daniel Ploper**

RESUMEN

Los estudios de interacción genotipo x ambiente (G x A) en poroto no son tan abundantes como los realizados en otras especies. En los programas de mejoramiento genético, la interacción G x A es uno de los aspectos más importantes. La detección de este tipo de interacción en ensayos de campo ha llevado al desarrollo de procedimientos que son llamados genéricamente análisis de estabilidad. El objetivo del presente trabajo es evaluar en diferentes ambientes del Noroeste Argentino el comportamiento y estabilidad de los rendimientos de líneas de poroto negro, evaluadas en los Ensayos Comparativos de Rendimiento (ECR) del Programa de Mejoramiento de la Sección Granos de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC). Los ensayos se realizaron durante las campañas 2009, 2010, 2011 y 2012 en tres localidades: San Agustín (Tucumán), Los Altos (Catamarca) y Pozo Hondo (Santiago del Estero). En cada ensayo participaron 12 genotipos. El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las parcelas estuvieron constituidas por cuatro surcos de 6 m de largo, distanciadas a 0,52 m. La cosecha se efectuó en forma manual, al igual que la limpieza de la semilla. Luego se determinó su rendimiento en kg/ha. Se realizó el análisis de la varianza conjunta de la producción de grano (kg/ha) de diferentes variedades analizadas en las tres localidades durante los años 2009 al 2012. Asimismo, se realizó el análisis de la varianza para cada año y localidad. La comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Fisher ($P < 0,05$). Para poder determinar el comportamiento según la estabilidad o adaptabilidad de los genotipos de poroto negro, se realizó un análisis de índice ambiental con ajuste lineal. En este trabajo se consideró como ambiente la combinación de localidad y año, resultando el índice ambiental del rendimiento promedio de los genotipos del ECR obtenidos en cada caso. De 12 genotipos analizados, 7 presentaron un comportamiento estable, sin presentar respuesta ante ambientes favorables; tal fue el caso de D 453, D 652, NAG 12 y Ju 93-1, que fueron estables pero con rendimientos promedio por debajo del promedio general. Por otro lado, D 650, Ju 95-28 y Ju 95-5 fueron también estables, pero sí se destacaron en ambientes de buena calidad. En contraste, Ju 93-20 y TUC 510 se destacaron por sus buenos rendimientos promedio y adaptabilidad, presentando un buen comportamiento en los ambientes favorables.

Palabras clave: interacción genotipo x ambiente, estabilidad, adaptabilidad, poroto negro.

ABSTRACT

Analysis of the behavior of black bean cultivars in Argentine Northwest

Genotype x environment (G x E) interaction studies in black bean research have not been conducted as frequently as with other species. However, evaluating G x E interactions is one of the essential activities sustaining breeding programs. The detection of these interactions has led to the development of procedures which are generically referred to as stability analysis. This work aimed to determine yield response and stability of black bean lines in different environments of Northwestern Argentina. Such lines had all been included in the Comparative Yield Trials (CYT) of the Grain Crops Breeding Program of Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC). These trials were carried out from the 2009 to the 2012 growing seasons, at three different sites: San Agustín (Tucumán province), Los Altos (Catamarca province) and Pozo Hondo (Santiago del Estero province). Each trial included 12 genotypes, and assays were performed in accordance with a randomized complete block design, with three replications. Plots consisted of four six-meter-long rows set 0.52 m apart. Both harvesting and seed cleaning were performed by hand. Subsequently, yields were calculated as kg/ha, and conjoint data of cultivar yields (kg/ha) obtained in the three experimental sites throughout the evaluated years were later subjected to an analysis of variance. This analysis was also performed for each year and location, and means were compared using Fisher's test ($P < 0.05$). In order to assess genotype behavior in terms of stability or adaptability, an analysis of environmental index with linear adjustment was conducted. In this work, environment was treated as a combination of location and year, and environmental index resulted from the average yield of genotypes tested in the CYT, as obtained for each location and year

*Sección Granos, EEAOC, cespeche@eeaoc.org.ar

**Sección Fitopatología, EEAOC.

combination. Out of the 12 evaluated genotypes, seven were classified as stable and did not show better responses in favorable environments. That was the case for D 453, D 652, NAG 12 and Ju 93-1 which, despite being stable, had average yields lower than the general average. On the other hand, D 650, Ju 95-28 and Ju 95-5 were also stable, but had a better performance in good quality environments. Conversely, Ju 93-20 and TUC 510 had remarkably good average yields and showed adaptability, yet performing particularly well in favorable environments.

Key words: interaction genotype x environment, stability, adaptability, black bean.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del poroto seco (*Phaseolus vulgaris* L.) ha sido una actividad tradicional en el Noroeste Argentino (NOA) desde comienzos del siglo XX, cuando el poroto blanco tipo Alubia fue introducido por inmigrantes españoles a la zona sur de Salta (departamentos de Rosario de la Frontera y Metán). A partir de la década de 1970, el poroto se convirtió en un cultivo extensivo de gran importancia económica regional, cuyo destino final fue la exportación (Vizgarra, 2004).

Al presente, el 95% de la producción porotera de Argentina proviene de las provincias del NOA, en especial de Salta, este de Tucumán, oeste de Santiago del Estero, sudeste de Jujuy y Catamarca (Vizgarra *et al.*, 2012). Esta región presenta una gran variación de ambientes (edáficos y climáticos) en los cuales se cultiva poroto, lo que suele provocar respuestas diferenciales del comportamiento de los genotipos en los diferentes ambientes como resultado de la interacción genotipo por ambiente (Abbott y Pistorale, 2011).

Los estudios de interacción genotipo x ambiente (GxA) en poroto específicamente no son tan abundantes como los realizados en otras especies tales como maíz, cebada, trigo, etc. (Vizgarra *et al.*, 2012).

En los programas de mejoramiento genético de poroto, los materiales avanzados o líneas introducidas son evaluados en diferentes ambientes para continuar el trabajo de selección con las líneas más destacadas. Existe una fuerte interacción de las líneas con el ambiente, por lo que la interacción G x A es uno de los aspectos más importantes que se debe afrontar en el mejoramiento (Allard and Bradshaw, 1964).

La detección de la interacción G x A en ensayos de campo ha llevado al desarrollo de procedimientos que son llamados genéricamente análisis de estabilidad. Según Cruz *et al.* (2004) los análisis de estabilidad y adaptabilidad posibilitan la identificación de cultivares de comportamiento previsible y que respondan a las variaciones ambientales.

La adaptabilidad general y la estabilidad de las variedades son condiciones importantes a tener en cuenta por los programas que fomentan la producción de poroto. Sin embargo, con frecuencia estos dos términos son confundidos. Coffman *et al.* (1976) los diferenciaron claramente cuando definieron la adaptabilidad general

como la característica que posee un genotipo de producir en forma consistente buenos rendimientos en diferentes localidades; y la estabilidad, como la característica del genotipo que le permite producir buenas cosechas a través del tiempo en una misma localidad (Alfaro y Murillo, 1988).

La adaptabilidad se refiere a la capacidad de los genotipos de aprovechar ventajosamente los estímulos del ambiente, en tanto que la estabilidad se refiere a la capacidad de los genotipos de mostrar un comportamiento altamente previsible en función del estímulo ambiental.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar en diferentes ambientes del NOA el comportamiento y estabilidad de los rendimientos de líneas de poroto negro del Programa de Mejoramiento de la Sección Granos de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes (EEAOC).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron durante las campañas 2009, 2010, 2011 y 2012 en tres localidades:

San Agustín (SA): situada en el departamento Cruz Alta, provincia de Tucumán; zona clasificada como seca subhúmeda y con precipitación media anual de 779 mm; suelos franco- limosos con pH 6,6, estructura granular poco estable y contenido de materia orgánica de 2,3%.

Pozo Hondo (PH): localidad del departamento Jiménez, provincia de Santiago del Estero; zona clasificada como seca, con precipitación media anual de 500 mm.

Los Altos (LA): localidad del departamento Santa Rosa, provincia de Catamarca. Zona clasificada como seca subhúmeda y con precipitación media anual de 860 mm; suelos franco- arenosos.

En cada ensayo participaron entre 15 y 17 genotipos, pero para el análisis de este trabajo se consideraron solo 12, por ser los que se evaluaron en todos los años y localidades. El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las parcelas estuvieron constituidas por cuatro surcos de 6 m de largo distanciadas a 0,52 m. La siembra fue semi-mecánica, ya que la apertura de los surcos se realizó con una sembradora, mientras que la siembra propiamente dicha y el tapado de los surcos fue manual. La densidad de siembra fue de 18 semillas por metro lineal.

La cosecha se efectuó en forma manual, al igual que la trilla y limpieza de la semilla. Luego se procedió a pesar los granos de cada parcela y determinar su rendimiento en kg/ha.

Se realizó el análisis de la varianza conjunta de la producción de grano (kg/ha) de diferentes variedades (V) analizadas en las tres localidades (L) (SA, LA y PH) durante los años (A) 2009 al 2012. Asimismo, se realizó el análisis de la varianza para cada año y localidad. La comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Fisher ($P < 0,05$).

Para poder determinar el comportamiento según la estabilidad o adaptabilidad de los genotipos de poroto negro se realizó un análisis de índice ambiental con ajuste lineal. En este trabajo se consideró como ambiente la combinación de localidad/año; el índice ambiental resultó del rendimiento promedio de los genotipos del ECR obtenidos en cada caso. En la Figura 1 se representa en el eje de las abscisas los índices ambientales 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 caso. Por lo que para cada ambiente se obtuvo una nube de puntos, la cual sirvió de base para poder realizar el ajuste lineal de cada variedad. La pendiente de la recta obtenida indicó el comportamiento del genotipo, pudiendo con esta información determinarse la estabilidad (pendiente similar o menor a la unidad) y adaptabilidad (valor de la pendiente superior a uno).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de la varianza de los datos de rendimientos en grano (kg/ha) de los cultivares estudiados se muestra en la Tabla 1.

En la Tabla 1 se observa que los datos arrojados por el análisis de la varianza muestran diferencias significativas para las variables Localidad y Año y para sus

Tabla 1. Producción promedio anual en grano (kg/ha) de los 12 cultivares de poroto negro (campañas 2009- 2012). Análisis de la varianza y diferencias significativas detectadas.

Causa de Variación	gl	CM	F	p-valor
Modelo	143	912625,4	7,37	<0,0001
Variedad	11	171749,0	1,39	0,1784
Localidad	2	5106332,0	41,22	<0,0001
Año	3	22378798,0	180,65	<0,0001
Variedad*Localidad	22	134317,3	1,08	0,363
Variedad*Año	33	166608,0	1,34	0,1054
Localidad*Año	6	5052046,0	40,78	<0,0001
Variedad*Localidad*Año	66	189421,5	1,53	0,0098
Error	288	123881,3		
Total	431			

interacciones, no así para la variable Variedad y las interacciones VxL, VxA y VxAxL. Esto sugiere que el comportamiento de los genotipos analizados presenta algún grado de estabilidad.

Las Tablas 2 y 3 surgen del análisis de los rendimientos dentro de cada localidad y cada año.

Tabla 2. Rendimiento promedio de grano (expresado en kilogramos por hectárea) de las localidades considerando todas las variedades y años.

Localidad	Promedio	
Los Altos	1772	A
Pozo Hondo	1468	B
San Agustín	1427	B
DMS (0,05)	81 kg/ha	

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Tabla 3. Rendimiento promedio de grano (expresado en kilogramos por hectárea) de cada uno de los años considerando todas las variedades y localidades.

Año	Promedio	
2011	2169	A
2010	1585	B
2009	1372	C
2012	1096	D
DMS (0,05)	94 kg/ha	

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Se observa que el mejor rendimiento promedio correspondió a la localidad de LA, diferenciándose estadísticamente de las localidades de PH y SA. En el caso de los años, cada uno se diferenció estadísticamente del resto, resultando el 2011 con el promedio más alto, mientras que el 2009 y 2012 presentaron un rendimiento

inferior al promedio general (1555 kg/ha) y a los promedios por localidad.

Considerando que la interacción LxA fue significativa y teniendo en cuenta que un ambiente se define por características que se mantienen constantes a través de los años -como ser el suelo- y otras que son variables -como el tiempo atmosférico-, se consideró la combinación L-A como un ambiente diferente. A consecuencia de esta combinación surgieron 12 ambientes, los cuales se muestran en el Tabla 4.

De acuerdo a los rendimientos obtenidos se diferenciaron ambientes favorables y desfavorables (Tabla 4). Es así que Los Altos 2011 y Pozo Hondo 2011 se diferenciaron estadísticamente del resto con los mejores promedios; y coinciden por ser los ambientes que tuvieron precipitaciones más altas durante el ciclo del cultivo (siembra- cosecha), registrándose en el primer caso 600 mm y en el segundo, 400 mm. Caso contrario fueron Pozo Hondo 2009 y 2012, y Los Altos 2009 y 2012, que se diferenciaron estadísticamente del resto y entre sí, constituyendo los ambientes menos favorables para el cultivo. Una característica que puede mencionarse es que las precipitaciones fueron escasas durante todo el ciclo del cultivo, y en el caso del año 2012 las temperaturas medias máximas y mínimas fueron superiores a los respectivos valores promedio para esa localidad.

En la Tabla 5 se presentan los rendimientos promedio de las 12 variedades consideradas en este trabajo.

En la Tabla 5 se observa que Ju 93-20 presentó el rendimiento promedio más alto entre todos los genotipos,

Tabla 4. Rendimientos promedios para cada ambiente (Localidad-Año) considerando los 12 genotipos del ensayo.

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=163,28397
Error: 123881,3160 gl: 288

Ambiente (L-A)	Promedio	n	
Los Altos 2011	2408,11	36	A
Pozo Hondo 2011	2361,79	36	A
Los Altos 2009	1945,83	36	B
Pozo Hondo 2010	1832,67	36	BC
San Agustín 2011	1736,14	36	C
San Agustín 2010	1546,11	36	D
Los Altos 2010	1377,58	36	E
Los Altos 2012	1355,39	36	E
San Agustín 2009	1244,64	36	EF
San Agustín 2012	1181,53	36	F
Pozo Hondo 2009	925,75	36	G
Pozo Hondo 2012	751,22	36	H

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

pero sin diferenciarse estadísticamente de los siguientes; solo se diferenció de NAG 12, TUC 300, Ju 93-1 y TUC 500.

En la Figura 1a se observa que hay tres genotipos que presentaron un comportamiento adaptable. Ellos fueron: TUC 500, TUC 510 y Ju 93-20, de los cuales este último presentó los mejores rendimientos en la mayoría de los ambientes evaluados. Los genotipos NAG 12, D 652 y Ju 93-1 presentaron un comportamiento más estable, mostrando un mejor comportamiento en ambientes que no fueron tan favorables como PH 2009, PH 2010 y SA 2012.

En la Figura 1b se observa que los genotipos D 650, Ju 95-5, Ju 95-28 y D 453 presentaron un comportamiento estable, mientras que D 642 y TUC 300 tuvieron un comportamiento adaptable, siendo muy favorecidos por las buenas condiciones de humedad. De allí que se destacaron en los mejores ambientes, en tanto que en los ambientes menos favorables no sobresalieron en el ranking de rendimiento.

CONCLUSIONES

De 12 genotipos analizados, 7 presentaron un comportamiento estable, no presentando respuesta ante ambientes favorables.

D 453, D 652, NAG 12 y Ju 93-1 según la pendiente de la recta son estables, pero con rendimientos promedios por debajo del promedio general.

D 650, Ju 95-28, Ju 95-5 son estables y se destacan en ambientes de buena calidad.

Tabla 5. Rendimientos anuales promedio por cultivar.

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=163,28397
Error: 123881,3160 gl: 288

Variedad	Promedio	
Ju 93-20	1670	A
TUC 510	1634	AB
D 650	1605	AB
D 642	1590	AB
Ju 95-28	1586	ABC
Ju 95-5	1572	ABC
Promedio	1555	
D 453	1554	ABC
D 652	1548	ABC
NAG 12	1498	BC
TUC 300	1495	BC
Ju 93-1	1489	BC
TUC 500	1426	C
DMS (0,05)	133 kg/ha	

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

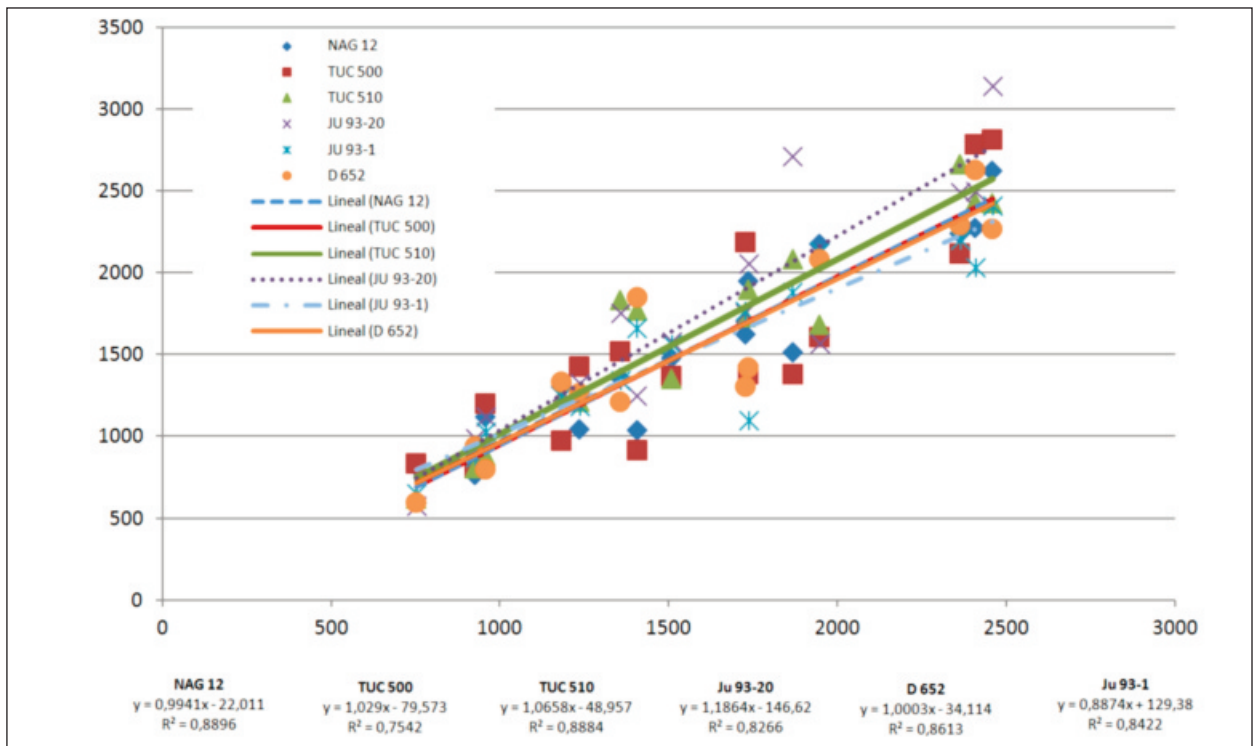


Figura 1a: NAG12, TUC 500, TUC 510, Ju 93-20, D 652 y Ju 93-1.

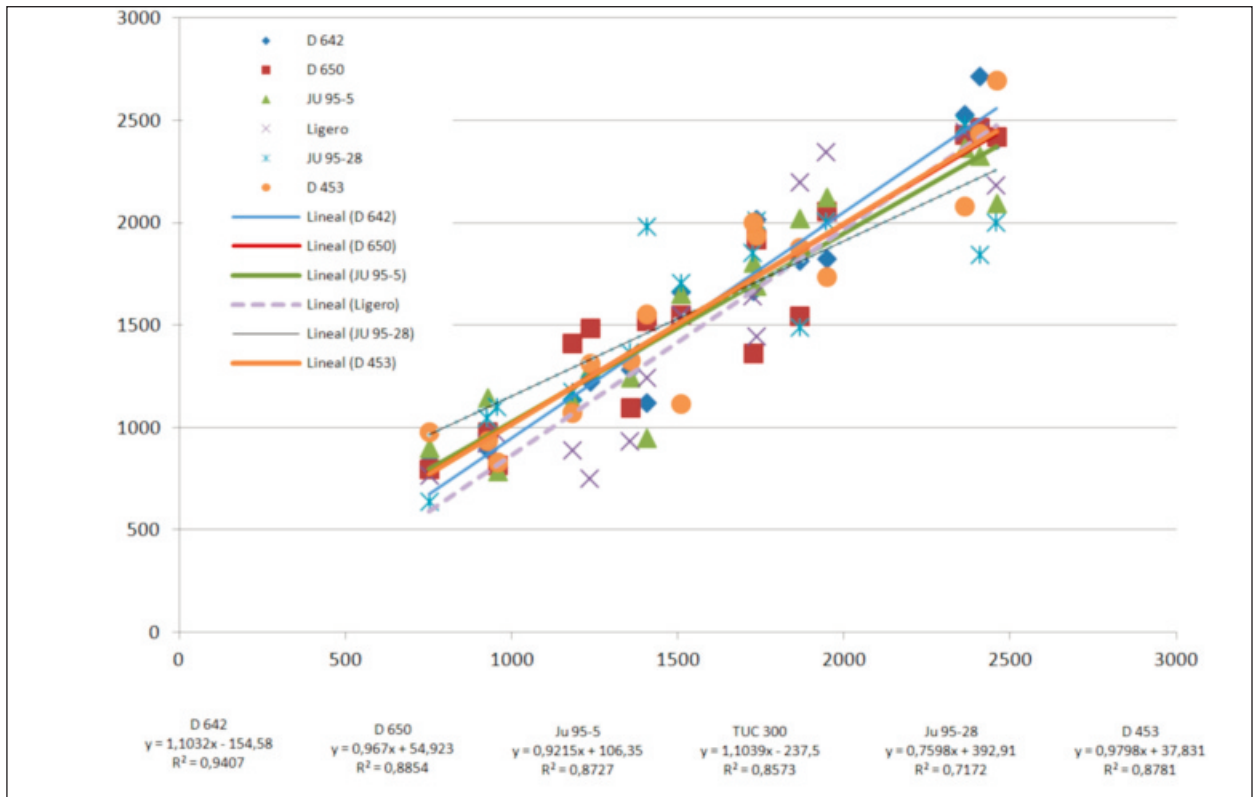


Figura 1b: D 642, D 650, Ju 95-5, TUC 300, Ju 95-28 y D 453.

Figura 1. Rendimiento (kg/ha) de los genotipos de poroto negro y ajuste lineal según índice ambiental.

Ju 93-20 y TUC 510 se destacaron por sus buenos rendimientos promedio y adaptabilidad, presentando buen comportamiento en los ambientes favorables.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Abbott, L. y S. Pistorale. 2011.** Análisis de la estabilidad y adaptabilidad de caracteres de interés agronómico en genotipos selectos de cebadilla criolla (*Bromus catharticus*). Agriscientia, 2011, VOL. XXVIII (2): 109-117.
- Alfaro, R. y G. Murillo. 1988.** Adaptabilidad y estabilidad de cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Centro América. Agronomía Costarricense 12 (2): 245-250.
- Allard, R. W. and A. D. Bradshaw. 1964.** Implications of genotype environmental interaction in applied plant breeding. Crop. Sci. 4: 503-508.
- Coffman, W. R.; R. E. Everson; R. W. Herat; H. E. Kaffman and J. C. O'Toole. 1976.** Risk and uncertainty as factors in crop improvement research. In: Conference on Risk and Uncertainty. México. CIMMYT.
- Cruz, C. D.; A. D. Regazzi e P. C. S. Carneiro. 2004.** Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Universidade Federal de Vicosa. Brasil, pp. 480.
- Vizgarra, O. N. 2004.** Análisis retrospectivo de las respuestas de los genotipos de porotos (*Phaseolus vulgaris* L.) a los ambientes de producción del noroeste argentino. Tesis de doctorado inédita. Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, R. Argentina.
- Vizgarra, O. N.; S. Beebe; F. J. Morales; C. H. Bellone y L. D. Ploper. 2012** Interacción genotipo por ambiente en cultivares de poroto para el Noroeste. Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán [on line] 89 (2): 25-36.