

# ESTABILIDAD Y ADAPTACION DE GENOTIPOS DE LENTEJA EN EL SECANO COSTERO DE LA VI REGION DE CHILE<sup>1</sup>

## Stability and adaptation of lentil genotypes in the dry coastal of VI Region, Chile

Francisco Tapia F.<sup>2</sup>, Luis Barrales V.<sup>3</sup> y Gabriel Bascur B.<sup>2</sup>

### S U M M A R Y

Grain yield stability and adaptation of 14 lentil cultivars (11 advanced lines and 3 standard cultivars), grown in the dry coastal range (VI Region, Chile) at four environments (2 localities x 2 years) were studied.

The method proposed by Eberhart and Russell (1966) was used, in which the environmental indexes were obtained by subtracting the mean yield of all cultivars in all environments from the mean yield of all cultivars in each environment. The yield of the cultivars was regressed on these indexes. Linear regression coefficient and deviation from regression were used as stability measure. To describe the adaptation response of individual genotypes, mean yields from each environment were contrasted with the mean yield of each genotype in those environments. The lines 1071 and 3074 showed high stability. They produced above average yields in all seasons at all sites, indicating that they have wide adaptability to the environments in the dry coast of VI Region.

Line 3015 showed low stability, but high yields in improved environments, it was described as adapted to high-yielding environments. The standard cultivar Constitución exhibited the opposite type of adaptation with a relatively better performance in low yielding environments.

Under standard selection procedures, several breeding lines with outstanding stability and wide or specific adaptation could have been discarded.

It is believed that the use of additional parameters as those proposed by Eberhart and Russell (1966) in conjunction with average yield would be of significant benefit in the evaluation and characterization of advanced lentil breeding material.

**Key words:** lentil, stability, adaptation, selection, genotype x environment interaction.

### INTRODUCCION

La selección de genotipos de alto rendimiento se dificulta por la heterogeneidad del suelo utilizado dentro del área experimental, especialmente cuando se evalúa un gran número de genotipos, por la variabilidad del clima dentro de una misma localidad y por la respuesta diferencial de los genotipos frente a los cambios ambientales. Según Becker (1981), los genotipos responden diferencialmente a ambientes específicos, de tal forma que éstos no exhiben las mismas características fenotípicas en

todos los ambientes. Este fenómeno conocido como la interacción genotipo x ambiente (Byth, 1981) dificulta la selección de genotipos superiores, al alterar sus productividades relativas en los diferentes ambientes (Eberhart y Russell, 1966).

Se han propuesto varias metodologías para reducir el efecto distorsionado que tiene la interacción genotipo x ambiente sobre la selección y evaluación de líneas experimentales:

a) Dividir las áreas en que se realizan los ensayos, en pequeñas sub-áreas (Horner y Frey, 1957; Laing, 1978).

b) Estimar la contribución individual de los genotipos a la interacción genotipo x ambiente (Plaisted y Peterson, 1959).

<sup>1</sup>Recepción de originales: 25 de marzo de 1991.

<sup>2</sup>Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

<sup>3</sup>Actualmente Pontificia Universidad Católica de Chile, Departamento de Economía, Casilla 306, Correo 22, Santiago, Chile.

c) Análisis de regresión, entre la productividad de cada genotipo e índices ambientales (Finlay y Wilkinson, 1963; Eberhart y Russel, 1966; Perkins y Jinks, 1968).

d) Estimar el grado de disimilitud entre los genotipos, mediante el uso de una medida adecuada, y la formación de grupos de genotipos basados en respuestas similares en los distintos ambientes (Hanson, 1970).

e) Clasificar los ambientes o genotipos con características similares a través de métodos de taxonomía numérica (About-El-Fittouh, Rawlings y Miller, 1969; Mungomery, Shorter y Byth, 1974; Campbell y Lafever, 1977; Shorter, Byth y Mungomery, 1977; Ghaderi, Everson y Cress, 1980; Brown, Sorrels y Coffman, 1983).

Existen muchas acepciones para el concepto de estabilidad fenotípica, entre ellas la de Finlay y Wilkinson (1963), y Eberhart y Russel (1966). Para los primeros, una variedad estable es aquella cuyo comportamiento no es sensible a los cambios ambientales ( $b = 0$ ). Para los segundos, una variedad estable es sensible a los cambios ambientales ( $b = 1$ ) y la desviación con respecto al modelo de regresión simple lineal ( $S^2_{\alpha}$ ) es cero.

El objetivo de este estudio fue caracterizar el comportamiento de los genotipos de lenteja, en cuanto a rendimiento en grano, en función de los parámetros propuestos por Eberhart y Russell (1966), en su análisis de estabilidad. Así, el conocimiento de la interacción genotipo x ambiente es de utilidad para los programas de mejoramiento, ya que evita la posibilidad de eliminar genotipos promisorios para ambientes estresados.

## MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se realizó utilizando parte de la información generada de las evaluaciones de líneas experimentales de lenteja, que efectuó el Programa de Mejoramiento de Leguminosas de Grano de la Estación Experimental La Platina, dependiente del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), entre 1979 y 1985, en el secano costero de la IV Región. Los objetivos del Programa han sido la creación de cultivares, caracterizados como: de buen potencial de rendimiento, de amplia adaptación, resistencia/tolerancia a las principales enfermedades y de buen tamaño/calibre de grano.

En este estudio, se consideró el comportamiento de 14 genotipos de lenteja que fueron evaluados consistentemente, en 1980 y 1981, en las localidades de Paredones y Pichilemu.

Con esta finalidad, se definió "ambiente", a la combinación localidad x año, correspondiendo éstos a:

	Localidad	Año
Ambiente 1:	Paredones	1980
Ambiente 2:	Pichilemu	1980
Ambiente 3:	Paredones	1981
Ambiente 4:	Pichilemu	1981

Los genotipos evaluados fueron sometidos durante todos los años de estudio al mismo manejo agronómico. El rendimiento de ellos se presenta en el Cuadro 1. Dentro de éstos se consideraron tres variedades comerciales como testigo: Tekoa, Araucanania y Constitución.

El conjunto de datos se sometió a análisis de estabilidad, según la metodología propuesta por Eberhart y Russell (1966), que se compone de un análisis de variancia y de la estimación de los rendimientos promedio, los coeficientes de regresión ( $b$ ) y los desvíos de regresión ( $S^2_{\alpha}$ ) como estimadores de estabilidad. Como índice ambiental se usó la media de todas las variedades en cada ambiente, menos la media general:

$$I_j = \sum_i y_{ij}/v - \sum_{ij} y_{ij}/vn; \sum_j I_j = 0$$

donde:

- $I_j$  = Índice ambiental.
- $Y_{ij}$  = Media de la  $i$ -ésima variedad en el ambiente  $j$ -ésimo.
- $v$  = Número de variedades.
- $n$  = Número de ambientes.

Así, cada variedad se clasificó de acuerdo al valor estimado del coeficiente de regresión ( $b$ ), como sigue:

- Variedades estables ( $b = 1$ ;  $S^2_{\alpha} = 0$ ) y de amplia adaptabilidad (rendimientos estimados consistentemente superiores a los estimados para cada ambiente).
- Variedades estables ( $b = 1$ ;  $S^2_{\alpha} = 0$ ) y de baja adaptación en todos los ambientes (rendimientos estimados consistentemente inferiores a los estimados para cada ambiente).
- Variedades de baja estabilidad ( $b > 1$ ) y sensibles a los cambios ambientales y adaptadas específicamente a ambientes de condiciones favorables.

- Variedades de baja estabilidad ( $b < 1$ ), adaptadas a ambientes con limitaciones.
- Variedades estables ( $b = 1$ ;  $S^2_{\sigma} = 0$ ) y de adaptabilidad media (con rendimientos estimados que no difieren de los promedios estimados para los ambientes).

Para probar la hipótesis que los  $b_i$  son individualmente iguales a 1, se efectuó una Prueba de "t" a una probabilidad del 1%. El mismo procedimiento se utilizó para probar la hipótesis que los rendimientos, promedio, de las variedades individuales, son iguales al promedio general.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El rendimiento promedio de los 14 genotipos en cada ambiente (Cuadro 1), ilustra la importancia de la variabilidad estacional en la productividad de los ambientes. Las localidades Paredones y Pichilemu rindieron más del doble en 1980, en comparación con los rendimientos alcanzados en estas localidades en 1981. Así, diferencias, debidas a factores edáficos entre las dos localidades, tendrían relativamente menor importancia en la productividad del

ambiente, comparado con la fluctuación climática, tal como se observa en el Cuadro 2, donde las precipitaciones en 1980 superan en 19,3 y 42,2% a las de 1981, en las localidades de Paredones y Pichilemu, respectivamente.

El análisis de estabilidad aplicado, consideró sólo cuatro ambientes, lo que podría ser cuestionable. Sin embargo, de acuerdo a lo señalado por Eberhart y Russell (1966), pueden lograrse buenas estimaciones de los coeficientes de regresión, aunque los ambientes sean pocos, siempre que ellos cubran el rango esperado de rendimientos.

El análisis de variancia, según el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966), revela la existencia de diferencias significativas ( $\alpha = 0,01$ ) entre los rendimientos promedio de los genotipos (Cuadro 3). La prueba de hipótesis relacionada con la homogeneidad de la respuesta lineal de los genotipos a los ambientes ( $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_v$ ), indicó que estas respuestas no son significativamente distintas. La prueba aproximada de los desvíos de regresión para cada genotipo, mostró que ninguno de éstos fue significativamente distinto de la variabilidad que se esperaría por azar.

CUADRO 1. Rendimiento (qqm/ha) de 14 genotipos de lenteja, en cuatro ambientes del secano costero de la VI Región, entre 1980 y 1981

TABLE 1. Mean grain yield (qqm/ha) in 14 genotypes of lentil evaluated at four environments in the dry coast of the VI Región in 1980 and 1981

Genotipo	Ambientes				Promedio
	1 Paredones 1980	2 Pichilemu 1980	3 Paredones 1981	4 Pichilemu 1981	
1. Tekoa	10,14	15,25	3,51	3,35	8,06
2. Constitución	9,68	14,14	3,95	6,82	8,65
3. Araucana-INIA	9,92	15,48	2,57	7,37	8,84
4. 1015	11,33	13,89	2,99	4,62	8,21
5. 1071	13,23	16,73	4,99	12,64	11,90
6. 1121	11,16	14,34	3,77	8,53	9,45
7. 1128	8,72	13,26	1,60	3,93	6,88
8. 3010	9,61	15,70	4,95	6,28	9,14
9. 3015	10,59	17,36	3,62	6,91	9,62
10. 3074	9,87	17,82	4,22	8,56	10,12
11. 4009	11,35	14,73	6,55	5,95	9,65
12. 5020	7,62	12,72	1,85	5,26	6,86
13. 5049	6,38	10,45	2,88	6,63	6,59
14. 6085	8,36	13,28	2,25	4,78	7,17
Promedio	9,85	14,65	3,55	6,54	8,65

Rendimiento promedio general: 8,65 qqm/ha.

**CUADRO 2. Precipitación (mm), en cuatro ambientes del seco costero de la VI Región, entre 1980 y 1981**

**TABLE 2. Rainfall (mm), at four environments in the dry coast of the VI Región in 1980 and 1981**

	Ambientes			
	1	2	3	4
	Paredones 1980	Pichilemu 1980	Paredones 1981	Pichilemu 1981
Precipitación (mm)	582,3	739,7	470,0	427,4

La caracterización de los genotipos de lenteja, sobre la base de los parámetros de estabilidad, propuesta por Eberhart y Russell (1966), indica que los genotipos: 1071, 3074, 4009, 1121 y 3015, presentaron los mayores rendimientos promedio, y significativamente diferentes, al promedio general (8,64 qqm/ha). Por otra parte, los genotipos: 6085, 1128, 5020 y 5049 mostraron rendimientos promedio significativamente inferiores al promedio general. Las líneas experimentales 3010 y 1015 y los cultivares Constitución, Araucana-INIA y Tekoa, presentaron rendimientos promedio no significativamente diferentes al promedio general.

De los genotipos con rendimiento por sobre el promedio general, sólo la línea 3015, con un rendimiento de 9,62 qqm/ha (superior en 13 y 11,2% al

**CUADRO 3. Análisis de variancia para 14 genotipos de lenteja, evaluados en dos localidades en 1980 y 1981, en el seco costero de la VI Región**

**TABLE 3. Analysis of variance for grain yield, of 14 lentil genotypes grown at two localities in the dry coast of the VI Región in 1980 and 1981**

Fuente de variación	GL	SC	CM	Valor F
Genotipos	13	115,52	8,89	5,36**
Ambiente+genotipo x ambiente	42	1.020,16	24,89	
Ambiente (lineal)	1	951,01	951,01	
Genotipo x ambiente (lineal)	13	22,63	1,74	1,05 N.S.
Desviación acumulada	28	46,52	1,66	
Tekoa	2	7,53	3,76	N.S.
Constitución	2	0,01	0,01	N.S.
Araucana-INIA	2	1,18	0,59	N.S.
1015	2	5,76	2,88	N.S.
1071	2	12,57	6,28	N.S.
1121	2	2,78	1,39	N.S.
1128	2	0,80	0,40	N.S.
3050	2	2,24	1,12	N.S.
3015	2	0,47	0,24	N.S.
3074	2	4,04	2,02	N.S.
4009	2	5,62	2,81	N.S.
5020	2	0,36	0,17	N.S.
5049	2	3,02	1,51	N.S.
6085	2	0,12	0,06	N.S.
Error experimental	112	416,09	3,72	
Total	167			

\*\*Diferencia significativas al 1% de probabilidad.

N.S.: No existen diferencias significativas.

GL: grados de libertad.

SC: suma de cuadros.

CM: cuadro medio.

promedio de los testigos y al promedio general, respectivamente), fue la que presentó un coeficiente de regresión lineal mayor de uno ( $b > 1$ ), lo que indica que este genotipo es altamente sensible a los cambios ambientales. El resto de las líneas, con rendimientos superiores al promedio general, presentaron coeficientes de regresión lineal igual a 1 ( $b = 1$ ). De estos genotipos, se destaca la línea 1071 con 11,9 qqm/ha, superior en 40% al promedio de los testigos, y en 37,6% al promedio general.

Del conjunto de genotipos con rendimiento inferiores al promedio general, sólo la línea 5049 presentó un coeficiente significativamente distinto de 1 ( $b < 1$ ), lo que indica que ésta es una línea poco sensible a los cambios del ambiente. Esta característica, también es propia del cultivar Constitución, con la diferencia que el rendimiento promedio de éste no es diferente del promedio general.

El análisis conjunto de la información del Cuadro 4 y de los rendimientos estimados de cada genotipo en cada uno de los ambientes (Cuadro 5), permitió identificar los siguientes genotipos:

**CUADRO 4. Coeficiente de regresión ( $b_i$ ), desvío de regresión ( $S^2_{di}$ ) y rendimiento ( $y$ ) de 14 genotipos de lenteja. VI Región 1980 y 1981**

**TABLE 4. Regression response indexes, residual from regression and mean yield of 14 genotypes of lentil grown of the VI Región in 1980 and 1981**

Genotipo	Coeficiente regresión <sup>1</sup> $b_i$	Desvío regresión $S^2_{di}$	Rendimiento promedio <sup>2</sup> (qqm/ha)
1. Tekoa	1,16	2,52	8,06
2. Constitución	0,91**	-1,23	8,65
3. Araucana-INIA	1,12	0,65	8,84
4. 1015	1,06	1,64	8,21
5. 1071	0,95	5,04	11,90**
6. 1121	0,92	0,15	9,45**
7. 1128	1,08	-0,84	6,88**
8. 3010	0,99	-0,12	9,14
9. 3015	1,24**	-1,00	9,62**
10. 3074	1,17	0,78	10,12**
11. 4009	0,83	1,57	9,65**
12. 5020	0,97	-1,07	6,86**
13. 5049	0,61**	0,27	6,59**
14. 6085	1,00	-1,18	7,17**

Rendimiento promedio general: 8,65 qqm/ha.

<sup>1</sup>Las cifras destacadas con asterisco son significativamente diferentes de 1, al nivel de probabilidad del 1%.

<sup>2</sup>Las cifras destacadas con asterisco son significativamente diferentes del promedio general, al nivel de probabilidad del 5%.

**CUADRO 5. Rendimiento estimado (qqm/ha) de 14 genotipos de lenteja, en cuatro ambientes del secano costero de la VI Región, entre 1980 y 1981**

**TABLE 5. Estimated mean grain yield (qqm/ha) for 14 genotypes of lentil evaluated in four environments in the dry coast of the VI Región in 1980 and 1981**

Genotipo	Ambientes			
	1 Paredones 1980	2 Pichilemu 1980	3 Paredones 1981	4 Pichilemu 1981
1. Tekoa	9,45	15,02	2,14	5,82
2. Constitución	9,74	14,13	3,99	6,73
3. Araucana-INIA	10,18	15,57	3,10	6,47
4. 1015	9,48	14,57	2,79	5,98
5. 1071	13,23	16,73	4,99	12,64
6. 1121	10,55	14,96	4,76	7,52
7. 1128	8,18	13,38	1,34	4,60
8. 3010	10,32	15,08	4,07	7,05
9. 3015	11,10	17,04	3,31	7,02
10. 3074	11,52	17,12	4,16	7,66
11. 4009	10,63	14,60	5,42	7,91
12. 5020	8,01	12,61	1,98	4,85
13. 5049	7,32	10,27	3,44	5,29
14. 6085	8,37	13,19	2,04	5,05

- Estables ( $b = 1$  y  $S^2_{di} = 0$ ) y de amplia adaptabilidad a todos los ambientes, esto es, con rendimientos consistentemente superiores a los rendimientos promedio de los ambientes. Los genotipos con estas características fueron: 1071, 3074, 4009, 1121 y 3010. De éstos, los dos primeros se manifiestan como muy interesantes para el secano de la VI Región, desde el punto de vista de su potencialidad de rendimiento.

- Estables ( $b = 1$  y  $S^2_{di} = 0$ ), pero de baja adaptación a todos los ambientes, con rendimientos consistentemente inferiores a los rendimientos promedio de los ambientes. Dentro de este grupo se ubicaron los genotipos: 6085, 1128 y 5020.

- De baja estabilidad ( $b > 1$ ) y adaptado específicamente a ambientes favorables. En tal situación se encuentra la línea 3015 con rendimientos superiores en 12,8 y 16,4% a los rendimientos promedio de los ambientes favorables 1 y 2, respectivamente.

- De baja estabilidad ( $b < 1$ ) con un comportamiento relativamente mejor en ambientes menos favorables. Los genotipos con estas características fueron Constitución y 5049, destacándose el primero de ellos, por no diferir su rendimiento del promedio general.

- Estables ( $b = 1$  y  $S^2_d = 0$ ) y de adaptabilidad media. Dentro de esta categoría se ubicó a los cultivares Tekoa y Araucana-INIA y la línea experimental 1015.

### CONCLUSIONES

El método propuesto por Eberhart y Russell (1966), permitió caracterizar, en forma dinámica, la respuesta de los genotipos a los variados ambientes en cuanto a rendimiento, y de acuerdo a esto clasificarlos en diversas categorías. Así fue posible identificar líneas estables adaptadas a todos los ambientes, entre las que destacaron, por su potencialidad de rendimiento para el secano de la IV Región, las líneas 1071 y 3074.

La línea Constitución (descontinuada), se destacó por su mejor comportamiento relativo a ambientes menos favorables, como lo fueron las localidades de Paredones y Pichilemu, en 1980.

Bajo el procedimiento estándar de selección que realiza el Programa de Leguminosas de Grano de la Estación Experimental La Platina, algunas de las

líneas con buena estabilidad y adaptabilidad en todos los ambientes, o en ambientes específicos, podrían haber sido eliminadas. Por ejemplo, la línea experimental 3015 no fue detectada como promisoría por su comportamiento relativamente mejor en ambientes favorables; es probable, que ella haya sido eliminada por no cumplir con otras características deseables, como son resistencia a enfermedades y tamaño del grano. Sin embargo, ella podría haber sido utilizada en cruzamientos, para producir variedades con los caracteres deseados.

Los resultados de este trabajo justifican la necesidad de implementar este tipo de análisis en forma rutinaria dentro de un programa de mejoramiento, evitando, de esta forma, eliminar líneas promisorias para ambientes específicos, o cuando el objetivo principal lo constituye la estabilidad en el rendimiento.

Los resultados obtenidos en ambientes de baja productividad, como por ejemplo los obtenidos en años de baja pluviometría, deben ser utilizados por los mejoradores, para seleccionar genotipos de buen comportamiento en condiciones ambientales adversas.

### RESUMEN

Se estudió la estabilidad de rendimiento y la adaptación de 14 cultivares de lenteja (11 líneas avanzadas y 3 variedades estándar), en experimentos realizados en el secano costero de la VI Región, en cuatro ambientes (2 localidades x 2 años).

El método utilizado fue el propuesto por Eberhart y Russell (1966), así, los índices ambientales se obtuvieron al sustraer desde el rendimiento promedio de los cultivares, en cada ambiente, el rendimiento promedio de los cultivares en todos los ambientes. Se efectuó un análisis de regresión entre el rendimiento de cada cultivar y los índices ambientales. El coeficiente de regresión y el desvío de regresión fueron utilizados como medida de la estabilidad de cada cultivar. La comparación del rendimiento de los cultivares en cada ambiente, con respecto al promedio del ambiente, fue utilizado como criterio de adaptabilidad.

El resultado del análisis de estabilidad mostró que las líneas 1071 y 3074 presentaron una amplia estabilidad y adaptación a todos los ambientes, por lo tanto, adecuados para ser cultivados en el secano de la VI Región. La línea 3015 presentó una adaptación específica a ambientes favorables. El testigo, Constitución, destacó por su mejor comportamiento relativo a ambientes menos favorables.

Bajo el procedimiento de selección estándar varias de las líneas con sobresaliente estabilidad y adaptabilidad amplia o específica a ambientes determinados, podrían haber sido eliminadas.

El uso de parámetros adicionales, en conjunto con el rendimiento promedio, sería beneficioso en la evaluación y caracterización de líneas avanzadas.

**Palabras claves:** lenteja, estabilidad, adaptación, selección, interacción genotipo x ambiente.

### LITERATURA CITADA

ABOU-EL-FITTOUH, H.A., RAWLINGS, J.O. and MILLER, P.A. 1969. Classification of environments to control genotype by environment interaction with application to cotton. *Crop Science* 9: 135-140.

BECKER, H.C. 1981. Correlations among some statistical measures or phenotypic stability. *Euphytica* 30: 835-840.

- BROWN, K.D., SORRELLS, M.E. and COFFMAN, W.R. 1983. A method for classification and evaluation of testing Environments. *Crop Science* 23: 889-893.
- BYTH, D.E. 1981. A conceptual basis of genotypic x environment interactions for plant improvement. In: Byth, D.E. and Mungomery, V.E. (ed). *Interpretation to Agricultural*. Brisbane Queensland. Queensland Branch Australian Institute of Agricultural Science. p.: 254-256.
- CAMPBELL, L.G. and LAFAVER, H.N. 1977. Cultivar x environments interactions in soft red winter wheat yield test. *Crop Science* 17: 604-608.
- EBERHART, S.A. and RUSSELL, W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science* 6: 36-40.
- FINLAY, K.W. and WILKINSON, G.N. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Australian J. Agric. Res.* 14: 742-754.
- GHADERI, A., EVERSON, E.H. and CRESS, C.E. 1980. Classification of environments and genotypes in wheat. *Crop Science* 20: 707-710.
- HANSON, W.D. 1970. Genotypic stability. *Theoret. Appl. Genetics* 40: 226-231.
- HORNER, T.W. and FREY, K.J. 1957. Methods for determining natural areas for varietal recommendations. *Agron. J.* 49: 313-315.
- LAING, D.R. 1978. Adaptabilidad en el comportamiento de plantas de frijol común. En: CIAT. Reunión de discusión sobre viveros internacionales de rendimiento y adaptación de frijol. Cali, Colombia. 24 p.
- MUNGOMERY, V.E., SHORTER, R. and BYTH, D.E. 1974. Genotype x environmental adaptation. I. Pattern analysis applications to soybean population. *Aust. J. Agric. Res.* 25: 59-72.
- PERKINS, J.M. and JINKS, J. 1968. Environmental and genotype environmental components of variability. *Heredity* 23: 339-359.
- PLAISTED, R.L. and PETERSON, L.C. 1959. A technique for evaluating the ability selections to yield consistently over locations. *Amer. Potato Jour.* 37: 116-172.
- SHORTER, R., BYTH, D.E. and MUNGOMERY, V.E. 1977. Genotype x environment interactions and environmental, adaptation. II. Assessment of environmental contributions. *Aust. Agric. Res.* 28: 233-235.