

EFFECTO DE BORDES LATERALES EN LA EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE GRANO EN GENOTIPOS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)¹

Lateral border effect in the grain yield evaluation in wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.)

Mario Mellado Z.²

S U M M A R Y

At Quilamapu Research Center of the "Instituto de Investigaciones Agropecuarias" (INIA), Chillán (36°31'S, 71°55'W and 217 m.a.s.l), 532 winter wheat and 595 spring wheats were evaluated in order to determine the border effects on grain yield and possible differences among genotypes.

Results indicated that harvesting the whole plot, grain yield is overestimated, however this situation does not invalidate the selection of genotypes based on this characteristic.

The border effect was less affected by the plant height in winter than spring wheats; average border effect was 13.2% and 8.7% for winter and spring wheats, respectively.

Key words: border effects, *Triticum aestivum* L., winter wheats, spring wheats.

INTRODUCCIÓN

Una de las etapas importantes de un proyecto de mejoramiento genético lo constituye la evaluación de material homocigoto en cuanto a su capacidad de rendimiento de grano. Para tal efecto este material se compara entre sí y con variedades comerciales testigos usando un diseño experimental apropiado. En el Proyecto Fitomejoramiento Trigo Quilamapu, se ha usado por muchos años el diseño de bloques al azar, considerando su sencillez y eficiencia. Respecto a la superficie utilizada en la evaluación del rendimiento, ésta puede considerarse toda la superficie sembrada o una superficie menor, producto de haber eliminado las hileras bordes de la parcela.

Desde el punto de vista práctico y de economía, especialmente cuando se trilla con automotriz, lo más aconsejable es cosechar toda la parcela, aunque el mayor rendimiento de las hileras bordes respecto a las hileras centrales pudiese afectar la determinación real de rendimiento de cada variedad.

En ensayos efectuados en Italia y Alemania, Romani *et al.* (1993), compararon el rendimiento de variedades de trigo y cebada, en parcelas de 8 hileras separadas a 14,5 cm, y encontraron que las dos hileras externas rindieron 40% más que las dos hileras internas, debido principalmente al mayor número de tallos fértiles. Sus datos señalan que las

parcelas con bordes rindieron 5 a 11% más que las parcelas sin bordes. Agregan que, a pesar de este efecto, las variedades explotan similarmente el espacio extra disponible entre los bordes, y que la distancia de 30 cm entre parcelas adyacentes, parece suficiente para diluir la competencia intergenotípica a un nivel que afecta marginalmente el comportamiento varietal.

Por otra parte Austin y Blackwell (1980), en Inglaterra determinaron que en variedades de trigo de invierno, usando parcelas de 7 hileras de 4,2 m, separadas a 16,8 cm, las dos hileras bordes en promedio rindieron 62% más que la hilera del centro, y que la parcela total rindió 16,4% más que la parcela sin las dos hileras bordes. Agregan que en un experimento adicional determinaron que el mayor rendimiento de las hileras bordes estuvo asociado principalmente con más espigas.

Respecto al rol que podría desempeñar la cantidad de raíces en el efecto borde, Thoughton citado por Evans (1975), señala que los cereales de invierno tienden a producir un mayor peso de raíces que los de primavera. Sobre el mismo aspecto, Miller (1938), señala una relación positiva entre altura de planta y profundidad radical.

En el presente trabajo, se evaluó el rendimiento de líneas experimentales y variedades de trigos de invierno y de primavera, con el fin, de determinar la magnitud del efecto bordes y su relación con la altura de planta.

¹Recepción de originales: 1 de julio de 1996.

²Centro Regional de Investigación Quilamapu (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

MATERIALES Y MÉTODOS

En 1992 se evaluaron 166 trigos de invierno y 210 trigos de primavera distribuidos en 13 ensayos, en un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones, y un tamaño de parcela de 5 hileras de 2,5 m separadas a 20 cm (2,5 m²).

En los años 1993 y 1994 se analizaron 366 trigos invernales y 385 de primavera distribuidos en 26 ensayos, en un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones, y un tamaño de parcela de 6 hileras de 2 m separadas a 20 cm (2,4 m²).

En todos los ensayos la distancia entre parcelas adyacentes fue de 40 cm, debido a que se dejó una hilera sin sembrar.

Al momento de la cosecha, las dos hileras bordes se trillaron separadamente de las hileras centrales, con lo cual se obtuvo el rendimiento de dos tipos de parcelas:

R1 = Rendimiento con bordes, considerando todas las hileras de la parcela.

R2 = Rendimiento sin las dos hileras bordes.

Los valores de R1 y R2, y las diferencias R1-R2, o efecto borde, se sometieron a un análisis de variancia.

Además se hizo una agrupación de las variedades por altura de planta y rendimiento para evaluar la posible influencia de esta característica sobre el efecto borde.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto varietal

En el Cuadro 1 se observa que la mayoría de los valores de F del análisis de varianza para rendimiento de grano fueron significativos, en los ensayos cosechados con bordes (R1) y sin bordes (R2). Esto demostraría que el efecto borde, si bien influye en el rendimiento, no impide detectar las diferencias de producción de grano entre las distintas variedades, aunque es posible alguna alteración en el orden de rendimiento de estas variedades. Por lo tanto, al cosechar la parcela completa, las comparaciones entre variedades se harán a un nivel de rendimiento más alto pero manteniendo, en general, las diferencias entre ellas.

CUADRO 1. Significación de los valores de F para rendimiento de grano evaluado en parcelas con bordes (R1) y sin bordes (R2). Años 1992, 1993 y 1994

TABLE 1. F values significance for grain yield evaluated in plot with (R1) and without (R2) border. Years 1992, 1993 and 1994

Ensayos	Número variedades por ensayo			Significación de F					
				1992		1993		1994	
	1992	1993	1994	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Invierno									
I1	30	25	25	**	**	**	**	**	**
I2	30	25	25	**	**	**	**	**	**
I3	30	26	30	**	**	**	**	**	**
I4	26	30	30	**	**	**	**	**	**
I5	25	30	30	**	**	**	**	**	**
I6	25	30	30	**	**	**	**	**	**
I7	-	30	-	-	-	**	-	-	-
Primavera									
P1	30	30	30	**	**	**	**	**	**
P2	30	30	30	**	**	N.S.	N.S.	**	**
P3	30	30	30	**	**	*	**	**	**
P4	30	30	30	**	**	**	**	**	**
P5	30	30	30	**	**	**	**	**	**
P6	30	30	30	**	**	N.S.	N.S.	**	**
P7	30	25	-	**	**	**	**	-	-

*Significativo al 5%.

**Significativo al 1%.

N.S: No significativo; (-) no hubo ensayo.

En sólo dos de los ensayos analizados, el valor de F no fue significativo; sin embargo, como ello ocurrió en las parcelas con y sin bordes de los mismos ensayos, también avala el hecho que las comparaciones entre variedades para rendimiento de grano se pueden hacer en parcelas con y sin bordes.

El Cuadro 2 señala el error posicional o ubicación de las variedades según el rendimiento, al utilizar el test de Duncan, y comparar el rendimiento de las parcelas con y sin bordes. Observando las cifras, se puede afirmar que sobre el 80% de las variedades no difieren en más de 5 unidades de posición, lo cual es una diferencia mínima. En efecto, de acuerdo a los valores y escala del test de Duncan de todos los ensayos analizados, estas 5 unidades posicionales siempre corresponden a variedades que no presentan diferencias estadísticas significativas.

CUADRO 2. Error posicional de las variedades de trigo según el test de Duncan al comparar el rendimiento de las parcelas con bordes (R1) y sin bordes (R2)

TABLE 2. Positional error of the wheat varieties according to Duncan Test, checking grain yield in plots with (R1) and without (R2) border

Error posicional	Trigos de Invierno			Trigos de Primavera		
	1992	1993	1994	1992	1993	1994
0*	38**	57**	35**	41**	31**	31**
1	35	55	41	47	65	59
2	26	39	40	36	36	31
3	20	19	18	33	27	27
4	13	9	12	15	18	8
5	11	5	10	12	11	9
6	5	8	8	8	11	6
7	7	2	2	6	2	3
8	4	0	2	3	2	2
9	3	1	1	3	0	1
10	2	0	1	3	2	2
11	1	0	0	2	0	0
12	0	1	0	0	0	1
13	1	0	0	1	0	0
Total variedades	166	196	170	210	205	180

*Ejemplo: 0 significa que la variedad ocupó el mismo lugar en rendimiento en las parcelas con y sin bordes; 13 significa que la variedad difirió en 13 lugares en la escala de rendimiento al considerar las parcelas con y sin bordes.

**N° de variedades que ocuparon la misma posición.

En cuanto al rendimiento de grano, en los Cuadros 3 y 4 se observa que los valores promedio para cada ensayo, siempre fueron más altos cuando se consideraron los bordes. El efecto bordes se expresa en qqm/ha y en porcentaje, pudiendo observar que las cifras dentro del año son relativamente similares. Las excepciones son dos ensayos de invierno en 1993 y 1994, y tres ensayos de primavera en 1992 y 1993.

CUADRO 3. Rendimiento de grano (qqm/ha) de trigos invernales en las parcelas con bordes (R1) y sin bordes (R2). Años 1992, 1993 y 1994

TABLE 3. Grain yield (qqm/ha) of winter wheats considering plots with (R1) and without (R2) border. Years 1992, 1993 and 1994

Ensayos	Nº de variedades	Rendimiento (qqm/ha)		Efecto bordes	
		R1	R2	qqm/ha	%
1992					
11	30	89,7	76,2	13,5	15,0
12	30	92,6	78,6	14,0	15,1
13	30	94,0	80,5	13,5	14,4
14	26	94,8	80,8	14,0	14,8
15	25	91,0	78,1	12,9	14,1
16	25	90,9	76,8	14,1	15,5
1993					
11	25	90,5	84,6	5,9	6,5
12	25	93,0	85,0	8,0	8,6
13	26	62,8	50,4	12,4	19,7
14	30	95,1	86,3	8,8	9,2
15	30	79,4	72,8	6,6	8,3
16	30	83,1	76,2	6,9	8,3
17	30	82,9	75,8	7,1	8,6
1994					
11	25	81,9	73,3	8,6	10,5
12	25	86,8	79,1	7,7	8,9
13	30	80,2	71,1	9,1	11,3
14	30	85,2	76,1	9,1	10,7
15	30	81,9	73,1	8,8	10,7
16	30	85,5	74,9	10,6	12,4

R1 - R2 = Efecto bordes.

CUADRO 4. Rendimiento de grano (qqm/ha) de trigos primaverales en las parcelas con bordes (R1) y sin bordes (R2). Años 1992-1993 y 1994

TABLE 4. Grain yield (qqm/ha) of spring wheats considering plots with (R1) and without (R2) border. Years 1992, 1993 and 1994

Ensayos	Nº de variedades	Rendimiento (qqm/ha)		Efecto bordes	
		R1	R2	qqm/ha	%
1992					
P1	30	79,5	70,8	8,7	10,9
P2	30	91,4	81,9	9,5	10,4
P3	30	90,7	80,2	10,5	11,6
P4	30	77,8	69,3	8,5	10,9
P5	30	84,2	74,7	9,5	11,3
P6	30	77,2	69,1	8,1	10,5
P7	30	83,2	72,8	10,4	12,5
1993					
P1	30	92,3	82,3	10,0	10,8
P2	30	79,6	72,5	7,1	8,9
P3	30	76,1	69,1	7,0	9,2
P4	30	74,7	68,0	6,7	9,0
P5	30	82,2	76,1	6,1	7,4
P6	30	69,6	65,4	4,2	6,0
P7	25	80,5	74,7	5,8	7,2
1994					
P1	30	84,1	77,5	6,6	7,8
P2	30	88,3	81,6	6,7	7,6
P3	30	90,8	83,2	7,6	8,4
P4	30	88,8	81,2	7,6	8,5
P5	30	86,9	80,7	6,2	7,1
P6	30	81,0	74,5	6,5	8,0

R1 - R2 = Efecto bordes.

Efecto de la altura de planta

Las causales de las diferencias genotípicas para el efecto de bordes pueden ser varias, entre ellas, la altura de planta, extensión del sistema radical, disposición de las hojas, capacidad de macollaje, etc. En este trabajo se midió la altura de planta de todas las variedades y se agruparon en cuatro clases: 80-89; 90-99; 100-109 y 110-119 cm. A los trigos de cada clase se les asoció su rendimiento respectivo.

En el Cuadro 5 se observa que para los trigos de invierno, la altura de planta no explica las variaciones en el efecto de bordes, ya que en promedio de los tres años los efectos fueron 13,4% para los trigos más bajos; 11,5% para aquellos de 90 a 99 cm; 14,7% para los ubicados entre 100-109 cm y 10,3% para los trigos más altos. Es posible que en este tipo de trigos que se caracterizan por su largo período vegetativo, las variedades de menor altura posean algún mecanismo que se expresa mejor en las hileras bordes, como podría ser la cantidad de macollas fértiles, que según Romani *et al.* (1993) y Austin y Blackwell (1980), están asociadas con el mayor rendimiento de las hileras bordes.

CUADRO 5. Influencia de la altura de planta sobre el efecto bordes de trigos invierno durante los años 1992, 1993 y 1994

TABLE 5. Plant height influence on border effects in winter wheats during 1992, 1993 and 1994 years

Rango de altura (cm)	Nº de genotipos	Rendimiento (qqm/ha)		Efecto bordes (%)
		Con bordes	Sin bordes	
1992				
80-89	15	86,9	75,1	13,6
90-99	28	89,9	77,3	14,0
100-109	72	92,4	78,5	15,0
110-119	51	94,8	80,8	14,7
	166	91,0	77,9	14,3
1993				
80-89	4	81,3	66,7	17,9
90-99	41	77,6	69,9	9,9
100-109	112	85,5	69,8	18,3
110-119	39	91,9	83,2	9,4
	196	84,1	72,4	13,9
1994				
80-89	5	72,0	65,6	8,9
90-99	36	81,6	72,9	10,6
100-109	103	85,0	75,7	10,9
110-119	26	82,0	76,3	6,9
	170	80,2	72,6	9,2

En los trigos de primavera que tienen un ciclo de crecimiento más corto que los trigos invernales, el efecto borde aparece más asociado con la altura de planta; en promedio de los tres años el efecto bordes

fue 7,8% para los trigos más bajos; 8,7% para los ubicados entre 90 y 99 cm; 9,7% para los situados entre 100 y 109 cm y 12,1% para los más altos (Cuadro 6).

CUADRO 6. Influencia de la altura de planta sobre el efecto bordes de trigos de primavera, durante los años 1992, 1993 y 1994

TABLE 6. Plant height influence on border effects in spring wheats during 1992, 1993 y 1994 years

Rango de altura (cm)	Nº de genotipos	Rendimiento (qcm/ha)		Efecto bordes (%)
		Con bordes	Sin bordes	
1992				
80-89	21	80,4	73,1	9,0
90-99	102	81,7	72,9	10,7
100-109	78	85,7	78,5	11,6
110-119	9	86,5	75,8	14,5
	210	83,5	75,1	11,45
1993				
80-89	26	75,1	69,5	7,4
90-99	118	77,6	71,6	7,7
100-109	40	86,5	78,9	8,8
110-119	21	86,8	78,2	9,9
	205	81,5	74,6	8,5
1994				
80-89	40	82,0	76,1	7,2
90-99	88	87,2	80,5	7,7
100-109	52	89,3	81,3	8,9
110-119	0	-	-	-
	180	86,2	79,3	7,9

El efecto borde, promedio de los tres años de ensayos, fue 13,2% para los trigos de invierno y 8,7% para los de primavera, valores que confirman lo señalado por Arny y Hayes (1918), en el sentido que los trigos invernales parecen tener más efecto borde que los de primavera. Los porcentajes anteriores significan que para conocer el rendimiento, sin el efecto de bordes laterales, de un trigo de invierno o uno de primavera, en una parcela de 1 a 1,2 m de ancho por 2 a 2,5 m de largo, el rendimiento de la parcela total, se debe multiplicar por 0,868 en los trigos de invierno y por 0,913 en los trigos de primavera.

CONCLUSIONES

Aunque es posible que el efecto bordes esté influido por el tamaño y forma de la parcela, el presente trabajo señala claramente que al cosechar el área total de la parcela sembrada se está sobreestimando la capacidad de rendimiento de las variedades, sin embargo, ello no invalida la selección de genotipos basada en esta característica.

Los trigos invernales presentaron más efecto bordes que los primaverales, lo que es coincidente con lo expresado por Arny y Hayes (1918).

El promedio ponderado del efecto bordes fue 13,2% en los trigos invernales y 8,7% en los trigos primaverales, valores que se ubican entre los rangos señalados por Romani *et al.* (1980) y Austin y Blackwell (1980).

La magnitud del efecto bordes fue menos influenciada por la altura de planta en los trigos invernales que en los primaverales.

RESUMEN

En el Centro Regional Quilamapu del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) (36°31'S, 71°55'W y 217 m.s.n.m), se evaluaron 532 trigos de invierno y 595 de primavera para determinar el efecto bordes y posibles diferencias entre genotipos.

Los resultados permiten establecer que al cosechar el área total de la parcela sembrada, se está sobre estimando el rendimiento de las variables, pero que ello no invalida la selección de genotipos basada en el rendimiento de grano.

El efecto bordes, fue menos influenciado por la altura de planta en los trigos invernales que en los primaverales; en promedio el efecto bordes fue 13,2% y 8,7% en los trigos invernales y primaverales respectivamente.

Palabras claves: efecto bordes, *Triticum aestivum* L., trigos invernales, trigos primaverales.

LITERATURA CITADA

ARNY, A.C. and HAYES, H.K. 1918. Experiments in field technic in plot tests. *Journal Agricultural Research* 15: 251-262.

AUSTIN, R.B. and BLACKWELL, R.D. 1980. Edge and neighbour effects in cereals yields trials. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 94: 731-734.

EVANS, T.L. 1975. *Crop physiology*. England, Cambridge University Press. p.: 105.

MILLER, C.E. 1938. *Plant physiology*. Second edition. New York and London. McGraw-Hill Book Company, Inc. p.: 143.

ROMANI, M.; BORGHI, B.; ALBERICI, R.; DELOGU, G.; HESSELBACH, J.; and SALAMINI, F. 1993. Intergenicotypic competition and border effect in bread wheat and barley. *Euphytica* 69: 19-31.