

Comunicación

Áreas homogéneas de producción agrícola en el este de la provincia de La Pampa

Agricultural homogeneous areas in the eastern of La Pampa province, Argentine

Recibido: 9/11/98 Aceptado: 18/8/99

Fernández Canigia, M.V. y M. Díaz-Zorita*

Resumen

El objetivo de este trabajo fue delimitar áreas con comportamientos homogéneos en la producción agrícola del este de la provincia de La Pampa (Argentina). Para ello se aplicaron técnicas de análisis multivariado (análisis de agrupamiento y componentes principales) a los rendimientos medios anuales por departamento (1980 a 1997) de maíz, girasol, sorgo y trigo. Se delimitaron seis áreas homogéneas de producción agrícola formadas por los siguientes departamentos: 1) Chapaleufú, Maracó y Quemú Quemú, 2) Conhelo, Rancul, Realicó, y Trenel, 3) Atreucó, Capital y Catriló, 4) Guatraché, Toay y Utracán, 5) Loventué y 6) Hucal. Esta distribución estaría en relación con los suelos, geoformas predominantes y características climáticas. Las regiones de mayor producción se ubicaron hacia el norte y el este del área estudiada, para todos los cultivos considerados.

Palabras Claves: Zonificación agrícola, girasol, maíz, sorgo, trigo.

Summary

The objective of this study was to delimitate areas with homogeneous agricultural production behavior in the eastern of La Pampa province (Argentina). Multivariate analysis (cluster and principal component analysis) was done using sunflower, corn, sorghum and wheat departmental annual yields during the period 1980-1997. Six areas were delimited which were composed by the following departments: 1) Chapaleufú, Maracó and Quemú Quemú, 2) Conhelo, Rancul, Realicó, and Trenel, 3) Atreucó, Capital and Catriló, 4) Guatraché, Toay and Utracán, 5) Loventué and 6) Hucal. This distribution would be related to soils, geoforms and weather conditions. The areas with high productivity, for the considered crops, were located at the North and the East of the studied region.

Key words: Agricultural zoning, sunflower, corn, sorghum, wheat.

¹ Microbiología Agrícola. Fac. de Agronomía. UNLPam. Ruta 35 Km 334, (6300) Santa Rosa, La Pampa, Argentina

¹ EEA INTA General Villegas, C.C. 153. (6230) Gral. Villegas, Buenos Aires, Argentina. e-mail: zorita@inta.gov.ar

Dirección actual: University of Kentucky, N-122 Agr.Sci.Center North, Lexington, KY 40546-0091, USA

* autor para correspondencia.

Introducción

La delimitación de áreas homogéneas de producción es una necesidad en el planteo de actividades de política, de investigación y de extensión agropecuarias involucrando la integración de informaciones provenientes de diversas disciplinas (Dumanski *et al.*, 1998). En la República Argentina la zonificación de las regiones agrícolas se ha estudiado empleando diferentes metodologías, relacionadas fundamentalmente con la aptitud climática según exigencias térmicas, foto-periódicas e hídricas (De Fina, 1992; Pascale, 1969; Sierra y Murphy, 1986; Sierra y Pórfido, 1980). En base a estas técnicas es usual la definición de áreas de máxima extensión donde tanto las condiciones climáticas, edáficas e hidrológicas son suficientemente uniformes como para permitir asegurar el cultivo exitoso de una determinada especie.

En condiciones de ecosistemas inalterados el paisaje ecológico resulta de la distribución de los recursos en el espacio dando lugar a un mosaico de ecosistemas. En los agroecosistemas se presenta tanto como un patrón de usos antrópicos (Phipps *et al.*, 1986) o como también de mosaicos (Duelli, 1997). Siguiendo este concepto, otros autores definen ecorregiones sobre la base de la integración de variables climáticas, topográficas, edáficas, fisiográficas y antrópicas (Entraigas *et al.*, 1995; Gandini *et al.*, 1995).

El óptimo desarrollo de una especie creciendo sola o en sistemas

agrícolas se encuentra en aquel punto del gradiente ambiental en el cual la calidad o cantidad del factor considerado es óptimo para el crecimiento de dicha especie (Matteucci y Colma, 1982). Por otra parte, los sistemas de producción se componen tanto de atributos ambientales (recursos naturales, clima), de tecnologías disponibles, como de la función objetivo o características del empresario (nivel de riesgo, adaptación a los cambios, etc.). Si bien la productividad está dada en principio por las condiciones climáticas, los componentes de los agroecosistemas son inseparables, interactúan dentro del contexto político-ambiental y definen características y niveles de productividad propios. Por lo tanto, en las zonificaciones agrícolas interesan tanto como los valores climáticos o edáficos puros, la posibilidad de realizar determinados cultivos y su productividad evaluada según las poblaciones o su producción primaria.

El empleo de metodologías de análisis multivariable para la regionalización ambiental permite la obtención de áreas relativamente objetivas y repetibles que pueden ser construidas rápidamente con un alto grado de automatización una vez definidos los vectores que caracterizan a los elementos ambientales unitarios (Gallopín, 1982).

Díaz-Zorita y Fernández Canigia (1996) consideraron que los rendimientos agrícolas históricos de los cultivos predominantes resumen las interacciones entre las propiedades climáticas, edáficas, de paisaje y antrópicas. En base a este supuesto,

estos autores evaluaron el grado de asociación entre los rendimientos de cultivos de maíz, girasol, soja y trigo durante aproximadamente 20 campañas consecutivas en la provincia de Buenos Aires (Argentina) e identificaron áreas agrícolas uniformes de producción, las que estarían en relación con los tipos de suelos predominantes. En este trabajo se plantea que en la región agrícola del este de la provincia de La Pampa existen distintas unidades agroecológicas homogéneas, las que son posibles de delimitar considerando únicamente los rendimientos agrícolas históricos de los cultivos anuales de cosecha más difundidos.

Es objetivo de este estudio delimitar dichas áreas en el este de la provincia de La Pampa (Argentina) en base al grado de asociación entre los rendimientos históricos en grano de cultivos de maíz, girasol, sorgo y trigo.

Materiales y métodos

Se seleccionaron 15 departamentos correspondientes al área de producción agrícola de la provincia de La Pampa, en los cuales se disponía de los registros de producción media ha^{-1} de granos de trigo, maíz, sorgo y girasol durante un período de 17 años a partir de 1980. Estos fueron: Atreucó, Capital, Catriló, Chapaleufú, Conhelo, Guatraché, Hucal, Loventué, Maracó, Quemú Quemú, Rancul, Realicó, Toay, Trenel y Utracán. La información fue obtenida electrónicamente desde los registros públicos de la oficina de estimaciones agrícolas de la Secretaría de Agri-

cultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación.

Inicialmente, se procesó la información para cada cultivo por separado mediante cuatro matrices básicas de 17 años por 15 departamentos. Para la identificación de las áreas homogéneas de producción se analizaron los datos de los cultivos de girasol, maíz, sorgo y trigo en forma conjunta. Las variables consideradas fueron la producción anual media ha^{-1} de cada cultivo en cada departamento, generándose así una matriz básica de dimensión 68×15 .

A partir de cada matriz básica de datos se calculó la matriz de distancias, utilizando el índice de distancia euclídea, donde x es la variable producción de grano y los subíndices i y j indican el departamento y la campaña considerada, respectivamente.

A partir de las matrices de distancia así generadas se construyeron los dendrogramas respectivos utilizando ligamiento completo (Sneath y Sokal, 1973). El grado de distorsión del fenograma se midió con respecto a la matriz de distancia por medio del cálculo de los coeficientes de correlación cofenética (CCC) para cada caso investigado (Crisci y López Armengol, 1983). Para definir los grupos homogéneos se consideraron distancias menores o iguales a la cuarta parte de la distancia máxima hallada. Además se empleó el método de Stinebrickner de consenso de dendrogramas de cada uno de los cultivos para corroborar la uniformidad de grupos formados a este nivel (Stinebrickner, 1984). Para probar el supuesto que el

agrupamiento entre las variables se debió a la productividad de los cultivos, y no a una interacción ocasionada por las condiciones ambientales en un período determinado, se empleó la técnica de Componentes Principales mediante la matriz de correlación. Este análisis se aplicó únicamente a la matriz básica conjunta (68 x 15), la que fue previamente centrada. Para realizar todos los análisis multivariados, se utilizó el programa NTSYS-pc (Rohlf, 1993).

La tendencia productiva media de cada área fue estimada considerando la pendiente (b) de la recta de ajuste lineal de los rendimientos medios de cada cultivo (R) en función de los años considerados (x).

Se calcularon los rendimientos medios, en el período 1980-1997, para los cultivos en cada departamento y la comparación entre áreas se realizó considerando a cada departamento como una repetición. No se incluyeron en este análisis las áreas formadas únicamente por un departamento. Se emplearon ANOVA y prueba de diferencias de medias de Tukey (Analytical Software, 1996).

Resultados

Los 15 departamentos de la provincia de La Pampa fueron agrupados en 6 áreas con comportamientos agrícolas homogéneos, según la producción media de grano de maíz, trigo, girasol y sorgo durante el período 1980 - 1997 (Fig. 1 y 2).

La proyección de los rendimientos de cada cultivo en los 17 años considerados (matriz de individuos o campañas estudiadas) en el plano de las dos primeras componentes principales (90,7 % de recuperación de la variabilidad) mostró un agrupamiento de las producciones medias de los cultivos de sorgo y de maíz en contraposición con la de girasol y la de trigo (Fig. 3). No se distinguieron asociaciones entre campañas.

Los rendimientos medios anuales por departamento de los cultivos de maíz variaron entre 0,0 y 4,5 tn ha⁻¹, los de girasol entre 0,6 y 2,4 tn ha⁻¹, los de sorgo entre 0,0 y 4,8 tn ha⁻¹ y los de trigo entre 0,6 y 2,7 tn ha⁻¹. En las áreas agrícolas 1 y 2 los rendimientos medios de girasol y de trigo mostraron tendencias productivas crecientes en el período analizado. El mismo comportamiento es descrito para los cuatro cultivos en la zona agrícola 3 y sólo para girasol en la zona 4. La información disponible muestra que no hubo un incremento anual significativo en los rendimientos de los cuatro cultivos en las áreas agrícolas 5 y 6 y en los rendimientos de maíz y de sorgo en las áreas 1, 2 y 3 (Tabla 1).

Al comparar los rendimientos medios de los cultivos en cada una de las cuatro zonas integradas con al menos dos departamentos, se observa que estos se ordenan en forma decreciente en la medida que las zonas se ubican hacia el sur y el oeste del área estudiada. Las menores diferencias entre zonas correspondieron a los rendimientos medios de girasol, presentándose una distribu-

ción similar en el resto de los cultivos (Tabla 2).

Discusión

En la región pampeana, se han registrado en los últimos 20 años, alternancias de períodos con condiciones ambientales favorables y desfavorables para el desarrollo de los cultivos (Forte Lay *et al.*, 1992; Hoffman, 1989). Sin embargo, estas variaciones climáticas entre campañas no definieron los agrupamientos de los diferentes departamentos agrícolas en condiciones de producción de secano en el este de la provincia de La Pampa. Esto coincide con lo observado en la provincia de Buenos Aires, donde las áreas de producción homogénea tampoco se asociaron a dichos cambios (Díaz-Zorita y Fernández Canigia, 1996).

Se observaron tendencias productivas crecientes en los 17 años considerados para los rendimientos medios de los cultivos de girasol, maíz, sorgo y trigo en el área agrícola 3 que respondería a la expansión de la frontera agrícola hacia el oeste de la región junto con la adopción de nuevas tecnologías de producción. En las áreas 5 y 6, la producción de grano de los cultivos estudiados se mantuvo sin variaciones. Sin embargo, estos comportamientos no afectaron la formación de grupos al no observarse secuencias temporales en el análisis de componentes principales (Fig. 3). El comportamiento opuesto entre las tendencias productivas de girasol y trigo con respecto a las de maíz y sorgo en el sector norte (áreas agrícolas 1 y 2) del este de la provincia de La Pampa

podría asociarse a factores de mercado que promovieron una mayor adopción de nuevas tecnologías para la producción de trigo y de cultivos oleaginosos. Se requieren estudios específicos que incluyan indicadores de características climáticas, edáficas, de manejo de los sistemas de producción y socio-económicos para la determinación de los motivos de este comportamiento diferencial.

La distribución de las áreas agrícolas homogéneas identificadas en este estudio es similar a la de las unidades geomorfológicas definidas en el este de la provincia de La Pampa (Quiroga y Ormeño, 1997). Las áreas homogéneas de producción agrícola 1 y 3 corresponden aproximadamente a las unidades geomorfológicas de la planicie medana-nosa norte y sur, respectivamente. En las unidades geomorfológicas de la planicie con tosca norte y sur se extienden las áreas homogéneas de producción agrícola 2 y 4, respectivamente. Las unidades geomorfológicas se diferencian tanto por aspectos climáticos (temperatura y precipitaciones) como por algunos parámetros edáficos. Además, los resultados coinciden con evaluaciones similares realizadas en base a registros históricos de rendimientos de cultivos de trigo y de maíz anteriores a 1980 (Díaz-Zorita, 1992; Díaz-Zorita *et al.*, 1993). Paralelamente, en la provincia de Buenos Aires también existieron asociaciones similares entre los grandes grupos de suelos predominantes y las áreas homogéneas de producción agrícola según los rendimientos de maíz, girasol, soja y trigo (Díaz-Zorita y Fernández Canigia, 1996).

Estas observaciones se fundamentan en que los sistemas agropecuarios de producción, al simplificar estructuras naturales, son reconocidos como inestables (Margalef, 1980) y la distribución de biomas en ambientes inestables se relaciona estrechamente con el tipo de suelo presente (Cabrera y Willink, 1973).

Los mayores rendimientos medios descriptos para la zona 1, coincidente con la región de la Planicie Medana Norte, se atribuyen fundamentalmente a la presencia de suelos profundos y la ocurrencia de mayores precipitaciones que en el resto de las zonas (INTA *et al.*, 1980). El predominio de suelos con espesor limitado por la presencia de tosca y la ocurrencia de menores precipitaciones explicaría la menor producción media de los cuatro cultivos considerados en la zona 4.

Las principales diferencias halladas entre la distribución de suelos y las zonas con comportamientos agrícolas homogéneos se asocian fundamentalmente a los orígenes de la información utilizada para la elaboración de las zonificaciones. En el caso de las áreas con comportamientos homogéneos de producción agrícola, la información disponible de producción de grano sólo permite detectar diferencias entre los departamentos de la provincia de La Pampa. Por lo tanto estos límites agroecológicos deberían ser ajustados, dentro de cada área, de acuerdo a registros provenientes de sectores más localizados.

Bibliografía

Analytical Software. 1996. Statistix for Windows. User's Manual. 333 p.

- Cabrera A.L. y A. Willink. 1973. Biogeografía de América Latina. (E. Chasneau ed.). Monografía N°13 (serie Biología) OEA Washington, DC (USA). 120 p.
- Crisci J.V. y MF López Armengol. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. (E. Chasneau ed.). Monografía N°26 (Serie Biología) OEA, Washington, DC (USA). 132 p.
- De Fina A.L. 1992. Aptitud agroclimática de la República Argentina. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria, Buenos Aires (Argentina). 428 p.
- Díaz-Zorita M., D.E. Buschiazzi y N. Peinemann. 1993. Propiedades edáficas y productividad de trigo en la región semiárida pampeana. Actas del XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Mendoza (Argentina), pp. 249-250.
- Díaz-Zorita M., M.V. y Fernández Canigia. 1996. Áreas homogéneas de producción agrícola en la provincia de Buenos Aires, Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 101: 143-150.
- Díaz-Zorita M. 1992. Identificación de zonas homogéneas de rendimientos históricos de maíz en la provincia de La Pampa (Comunicación). Actas del V Congreso Nacional de Maíz, Pergamino (Argentina), pp. 189-194.
- Duell P. 1997. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: An approach at two different scales. Agriculture, Ecosystems and Environment 62: 81-91.
- Dumanski J., W. Pettapiece and R.J. McGregor. 1998. Relevance of scale dependent approaches for integrating biophysical and socio-economic information and development of agroecological indicators. Nutrient cycling in Agroecosystems 50: 13-22.

- Entraigas I., M. Gandini, E. Usunoff y M. Varni. 1995. Delimitación de regiones homogéneas. 1. Aspectos metodológicos de la regionalización. Actas de la XVII Reunión Argentina de Ecología. p 221.
- Forte Lay J.A., R.M. Quintela y O.E. Scarpati. 1992. Variación de las características hidrometeorológicas de la llanura pampeana argentina. Memoria Encuentro Meteo 92. España. II: 142-146
- Gallopin G.C. 1982. Una metodología multivariable para la regionalización ambiental - I. Bases metodológicas. Ecología Argentina 7: 161-176
- Gandini M., I. Entraigas, E. Usunoff y A. Cañibano. 1995. Delimitación de regiones homogéneas. 2. Regionalización agroecológica del partido de Azul. Actas de la XVII Reunión Argentina de Ecología. pp 222.
- Hoffman J. 1989. El deterioro del ambiente en la Argentina. Servicio Meteorológico Nacional. Fuerza Aérea Argentina. Divulgación N° 15. pp 15.
- INTA, Provincia de La Pampa, Universidad Nacional de La Pampa. 1980. Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa. Buenos Aires. 493 pp.
- Margalef R. 1980. Perspectivas de la teoría ecológica. Ed. Blume. Barcelona (España), 110 p.
- Matteucci S.D. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. E. Chasneau (Ed.). Monografía N°22 (Serie Biología)
- OEA, Washington, DC (USA). 168 p.
- Pascale A.J. 1969. Tipos agroclimáticos para el cultivo de soja en la Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía y Veterinaria 17: 31-48.
- Phipps M., J. Baudry et F. Burel. 1986. Ordre topo-écologique dans un paysage rural: les niches paysagiques. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris. Serie 3 - Sciences de la Vie. 302: 691-696.
- Quiroga A.R. y O. Ormeño. 1997. Efectos del manejo sobre los contenidos de materia orgánica, fósforo y nitrógeno en suelos de la región semiárida pampeana. Actas IX Congreso CREA Zona Oeste Arenoso, Mar del Plata (Argentina). s/p.
- Rohlf J. 1993. NTSYS-pc: Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. Version 1.80.
- Sierra E.M. y G.M. Murphy. 1986. Agroclimas del cultivo de girasol en la Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía, UBA 7: 25-44.
- Sierra E.M. y O.D. Pórfido. 1980. Factores que afectan los rendimientos en la región maicera argentina. Revista de la Facultad de Agronomía, UBA 1: 49-64.
- Sneath P.H.A. and R.R. Sokal. 1973. Numerical taxonomy. Freeman. San Francisco 573 p.
- Stinebrickner R. 1984. s-Consensus trees and indices. Bulletin of Mathematical Biology 46: 923-935

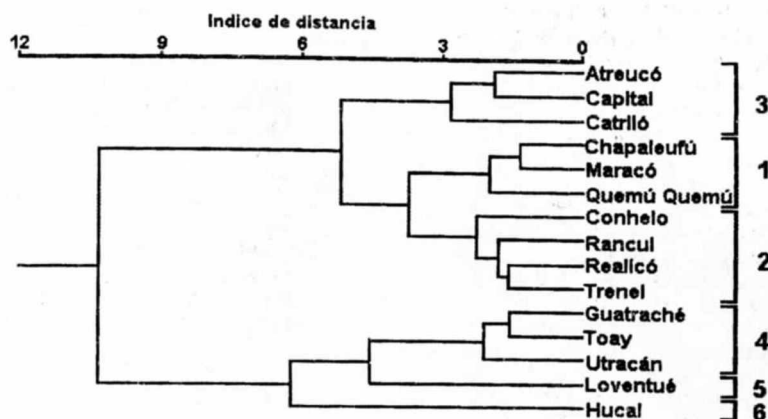


Figura 1: Dendrograma de 15 departamentos del este la provincia de La Pampa elaborado a partir de los rendimientos medios ha^{-1} de girasol, maíz, sorgo y trigo (1980-1997), basado en la distancia Euclídea y agrupado mediante ligamiento completo (CCC = 0.72).

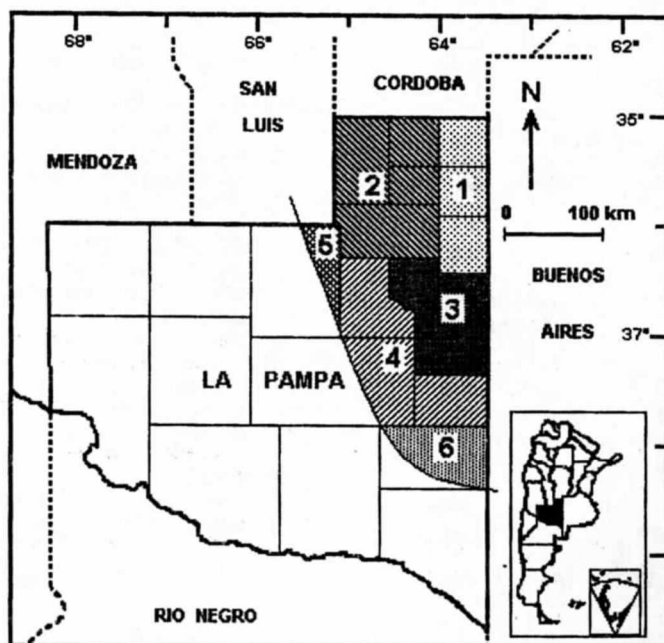


Figura 2: Areas homogéneas de producción agrícola en el este de la provincia de La Pampa, según los rendimientos medios por ha^{-1} de girasol, maíz, sorgo y trigo (1980-1997) formadas a partir del análisis de agrupamiento.

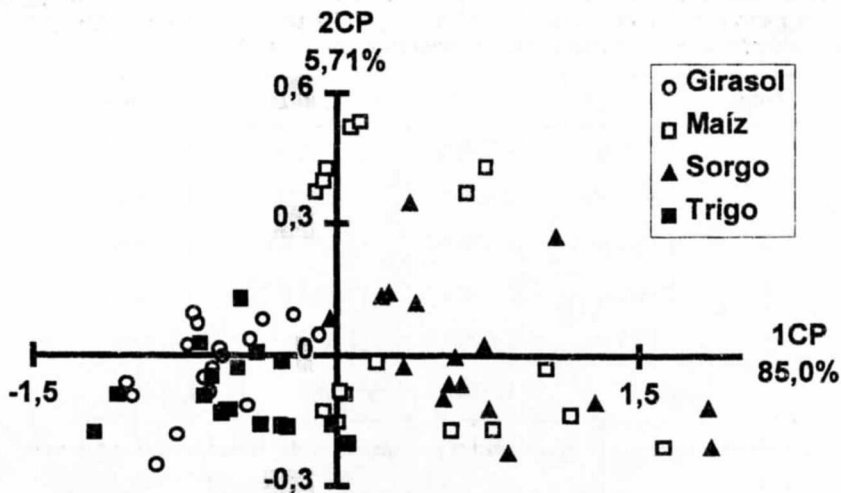


Figura 3: Representación de los rendimientos medios ha^{-1} de girasol, maíz, sorgo y trigo entre los años 1980 y 1997 en el plano de las dos primeras componentes principales (1CP y 2CP). Los porcentajes indican el nivel de recuperación de la variabilidad en cada dimensión.

Tabla 1: Tendencia productiva media (b en $\text{tn ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$) de granos de maíz, girasol, sorgo y trigo en seis áreas homogéneas de producción agrícola del este de la provincia de La Pampa (1980-1997). Referencias: r^2 = coeficiente de determinación; ns = no significativo; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$.

Area	Girasol		Maíz		Sorgo		Trigo	
	b	r^2	b	r^2	b	r^2	b	r^2
1	0,046	0,427**	0,041	0,138 ns	0,026	0,046 ns	0,040	0,243 *
2	0,040	0,468**	0,029	0,067 ns	0,021	0,023 ns	0,039	0,212 *
3	0,058	0,726**	0,075	0,497**	0,053	0,439**	0,038	0,332**
4	0,038	0,552**	0,052	0,211 ns	0,042	0,161 ns	0,022	0,086 ns
5	0,018	0,105 ns	-0,060	0,105 ns	-0,006	0,001 ns	0,011	0,028 ns
6	0,019	0,229 ns	-0,033	0,020 ns	0,035	0,042 ns	0,010	0,014 ns

Tabla 2: Rendimientos medios (tn.ha⁻¹) de girasol, maíz, sorgo y trigo en las zonas agrícolas del este de la provincia de La Pampa. Letras diferentes indican diferencias en los rendimientos medios de cada cultivo entre zonas (p<0,01).

Zona	Girasol	Maíz	Sorgo	Trigo
1	1,549 a	2,740 a	3,065 a	1,613 a
2	1,317 ab	2,399 b	2,891 a	1,528 b
3	1,352 ab	2,389 b	2,545 b	1,479 bc
4	0,720 b	2,004 c	2,134 c	1,309 c
5*	1,135	1,898	2,552	1,268
6*	0,881	1,236	1,883	1,252

* Areas no comparadas estadísticamente por estar formadas por un solo departamento