

## Áreas homogéneas de producción agrícola en la provincia de Buenos Aires, Argentina

M DÍAZ-ZORITA Y MV FERNÁNDEZ CANIGIA

EEA INTA General Villegas. CC 153, 6230 General Villegas, Argentina

### RESUMEN

Al considerarse los registros históricos de rendimientos de granos de girasol, maíz, trigo y soja, durante el período 1970-1993, se delimitaron 22 áreas homogéneas de producción agrícola en la provincia de Buenos Aires. Los rendimientos de los cultivos de maíz y de trigo fueron los principales contribuyentes en la definición de estas regiones.

La distribución de áreas se vinculó con los grandes grupos de suelos y geoformas predominantes. Las regiones con menor producción de los cultivos se ubicaron hacia el sudoeste y centro-este de la provincia de Buenos Aires. En cambio, las regiones de mayor producción se detectaron hacia el nor-noreste y sudeste, dependiendo de los cultivos considerados.

**Palabras clave:** Zonificación agrícola, girasol, maíz, trigo, soja

### Agricultural homogeneous areas in Buenos Aires province, Argentina

### SUMMARY

Twenty two homogeneous agricultural areas were delimited in the Buenos Aires province (Argentina). They were grouped considering sunflower, corn, soybean and wheat annual production in each district during 1970-1993. The areas were mainly defined according to wheat and corn productivity.

Regions were grouped in relation to the principal groups of soils and geoforms. Low agricultural production regions were located on the South-West and Central east, and, on the other hand, high agricultural production areas were located on the North-North east and South east, according to the crops that were considered.

**Key words:** Agricultural zoning, sunflower, corn, wheat, soybean

Recibido el 2 de mayo de 1995. Aceptado el 30 de octubre de 1996.

## INTRODUCCIÓN

La delimitación de áreas homogéneas de producción es una necesidad en el planteo de actividades de política, investigación y extensión agropecuarias.

Normalmente los biomas se identifican según las plantas que crecen en ellos, estando su crecimiento regulado por varios factores físicos (temperaturas, lluvias, suelos, etc.). En nuestro país existen numerosos antecedentes de zonificación para distintos cultivos empleando diversas metodologías. Entre éstas se encuentran las relacionadas fundamentalmente a la aptitud agroclimática de las áreas en estudio, según exigencias térmicas, fotoperiódicas e hídricas (De Fina, 1992; Pascale, 1969; Sierra y Murphy, 1986; Sierra y Pórfido, 1980). Se definieron así áreas de máxima extensión donde las condiciones climáticas, edáficas e hidrológicas son suficientemente uniformes como para permitir asegurar con éxito, el cultivo de una determinada especie.

El paisaje ecológico es un mosaico de ecosistemas realizado en función de la distribución de los recursos en el espacio, que en los agroecosistemas se presenta como un patrón de usos antrópicos (Phipps *et al.*, 1986). 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 y Gandini *et al.*, 1995).

La población manifiesta su óptimo desarrollo fisiológico o de máxima abundancia en aquel punto del gradiente ambiental en el cual la cantidad o calidad del factor considerado es óptimo para el crecimiento de dicha especie. El número de individuos o su producción primaria han sido reconocidos como indicadores válidos para la delimitación de la distribución de una especie en un gradiente ambiental (Matteucci y Colma, 1982). Por lo tanto, se plantea como hipótesis que la delimitación de regiones agroecológicas homogéneas podría realizarse mediante la consideración únicamente de los rendimientos agrícolas his-

tóricos, los que resumen las interacciones entre propiedades climáticas, edáficas, de paisaje y antrópicas.

El objetivo de este trabajo es la delimitación de zonas agroecológicas homogéneas en la provincia de Buenos Aires sobre la base de los registros históricos de producción agrícola por partido.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se consideraron para este estudio, los rendimientos medios de maíz, girasol, trigo y soja en cada partido de la provincia de Buenos Aires entre los años 1970 y 1993. La información fue recolectada y facilitada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.

Debido a la existencia de partidos sin registros históricos de producción agrícola, se seleccionaron únicamente aquellos en los cuales se disponía de información de rendimientos medios por hectárea de trigo, maíz y girasol durante un período de por lo menos 20 años a partir de 1970. También se consideró el rendimiento medio de soja por hectárea. En este caso, los registros correspondieron a períodos de hasta 11 años a partir de finales de la década de 1970.

Se trabajó un total de 101 partidos con trigo, girasol y maíz y 89 con soja (Tabla 1).

Inicialmente se procesó la información para cada cultivo por separado mediante 3 matrices básicas de 101 partidos por 24 años (variables) para maíz, girasol y trigo, y una matriz de 89 partidos por 11 años para soja.

Para la elaboración final de las áreas homogéneas de producción, se analizaron los datos de maíz, girasol y trigo en forma conjunta, generándose así una matriz básica de dimensión 101 x 72. No se incorporaron los datos de soja por carecerse de información en 12 partidos y por existir muchos datos faltantes en los 89 partidos considerados.

A cada matriz básica de datos se le calculó la matriz de distancia utilizando el índice

de distancia euclídea (1), donde  $x$  es la variable producción de grano y los subíndices indican el partido y la campaña considerada.

$$E_{ij} = \sqrt{\sum_k (x_{ki} - x_{kj})^2} \quad (1)$$

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 para cada caso investigado (Crisci y Lopez Armengol, 1983), seleccionándose así los dendrogramas con menor distorsión.

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 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 (101 x 72) la cual 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) (2). El programa utilizado fue el SAS (1991). Además, se calcularon los rendimientos medios, en el período 1970-1993, para los cultivos en cada región determinada.

$$R = a + bx \quad (2)$$

Los cuartiles de máxima y mínima producción surgieron de considerar las 6 áreas (25% del total) con mayores y menores rendimientos medios en cada uno de los cultivos, respectivamente.

## RESULTADOS

El fenograma obtenido a partir de los rendimientos de maíz, trigo y girasol durante el período 1970 - 1993, detectó 22 grupos con alta afinidad (Fig. 1, Tabla 1). De esta mane-

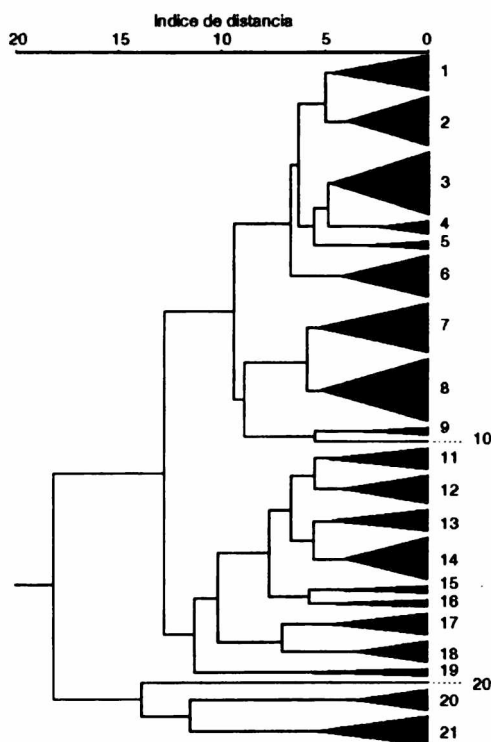


Figura 1. Dendrograma de 101 partidos de la provincia de Buenos Aires elaborado a partir de los rendimientos de girasol, maíz y trigo (1970 - 1993), basado en la distancia Euclídea y agrupado mediante ligamiento completo (CCC= 0.65). Los números indican las áreas de producción homogénea formadas.

Dendrogram of the 101 districts of Buenos Aires province, made from the yields of sunflower, corn and wheat (1970 - 1993), based on Euclidean distance and grouped by the Complete-link method (CCC= 0.65). The numbers indicate the formed homogeneous agricultural areas.

**Tabla 1.** Partidos de la provincia de Buenos Aires agrupados en 22 áreas de producción homogénea de girasol, maíz y trigo.*Districts of Buenos Aires province grouped in 22 homogeneous sunflower, corn and wheat productivity areas.*

Area	Partidos	Area	Partidos	Area	Partidos
1	25 de Mayo* Roque Pérez Saladillo General Belgrano* Monte Lobos	7	9 de Julio Alberti Chivilcoy Bragado General Viamonte Carlos Casares Lincoln Leandro N. Alem	14	Castelli* Dolores* General Lavalle* Tordillo* Pila Rauch San Vicente
2	Brandsen Chascomús General Paz Magdalena Marcos Paz Esteban Echeverría* La Plata Cañuelas	8	Carmen de Areco Capitán Sarmiento San Antonio de Areco Chacabuco Junín Salto Colón Rojas General Arenales Pergamino	15	Coronel Suárez General Lamadrid
3	Campana Escobar General Rodríguez Exaltación de la Cruz Pilar General Las Heras Navarro Lujan Zárate San Andrés de Giles	9	Baradero Bartolomé Mitre	16	Daireaux Olavarría
4	Ramallo San Pedro San Nicolás	10	Bolívar	17	General Alvear General Pueyrredón Lobería Tandil
5	Mercedes Suipacha	11	Tres Arroyos San Cayetano Necochea Benito Juárez	18	General Guido* Maipú* Mar Chiquita* General Madariaga*
6	Carlos Tejedor Rivadavia Trenque Lauquen Hipólito Yrigoyen Pehuajó General Pinto General Villegas	12	Adolfo Alsina Saavedra Guaminí Pellegrini Salliqueló	19	Ayacucho Balcarce
		13	General Alvear Tapalqué* Las Flores	20	Azul
				21	Coronel Dorrego Coronel Pringles Gonzales Chaves Laprida
				22	Bahía Blanca Coronel Rosales Patagones Puan Tomquist Villarino

\* Partidos sin registros de rendimiento de soja

ra, la provincia de Buenos Aires, quedó dividida en 22 áreas con comportamientos agrícolas homogéneos (Fig. 2).

En la Figura 3 se representan los rendimientos de cada cultivo en los 24 años considerados en este estudio (variables o autovectores del análisis de componentes principales). Se observó una definición de grupos en función del cultivo, maíz y trigo en contrap-

sición con girasol. No se distinguieron asociaciones entre los rendimientos en períodos determinados, ni ordenamientos secuenciales según las campañas en cada grupo. Esto es explicado a partir de la reconstrucción del 56,4 % de la variabilidad total de los casos estudiados, con un aporte del 30,9 % por la primera componente principal y el resto por la segunda.

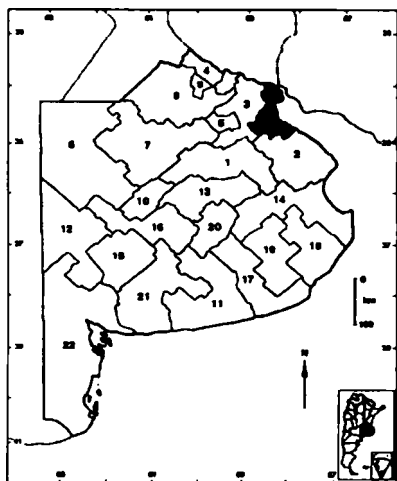


Figura 2. Áreas agrícolas homogéneas de la provincia de Buenos Aires, según los rendimientos de girasol, maíz y trigo (1970 - 1993) formadas a partir del análisis de agrupamiento.

Agricultural homogeneous areas in Buenos Aires province according to yields of sunflower, corn and wheat (1970 - 1993) formed from the cluster analysis.

Los rendimientos medios de girasol, maíz, soja y trigo de cada una de las áreas delimitadas durante los períodos evaluados, mostraron tendencias crecientes, tal lo demostrado por la pendiente de la recta de ajuste de rendimientos en función de las campañas evaluadas (Tabla 2).

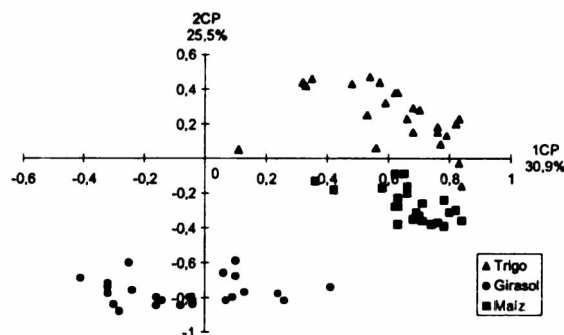


Figura 3. Representación de todas las variables (rendimientos de girasol, maíz y trigo entre los años 1970 y 1993) en el plano de las dos primeras componentes principales.

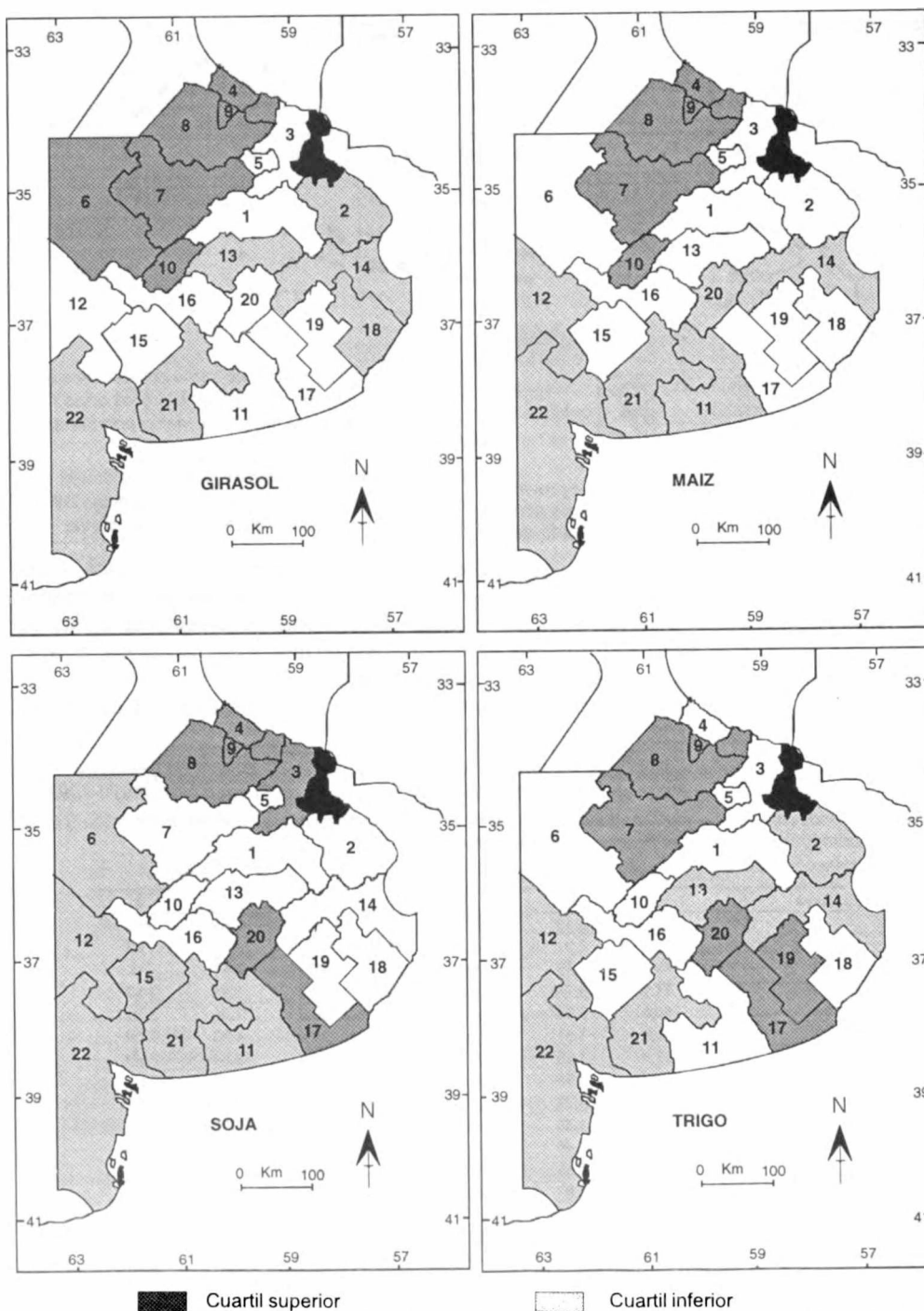
Representation of all variables (yields of sunflower, corn and wheat between 1970 and 1993) in the plane defined by the first and the second principal components.

El ordenamiento en cuartiles con áreas

Tabla 2. Tendencia productiva media (b, kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>) y rendimientos medios (R, tn.ha<sup>-1</sup>) de granos de girasol, maíz, soja y trigo en 22 áreas agrícolas homogéneas de la provincia de Buenos Aires (1970-1993).

Productivity trends (b, kg.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>) and sunflower, corn, soybean and wheat average yields (R, tn.ha<sup>-1</sup>) in 22 agricultural homogeneous areas in Buenos Aires province (1970-1993).

Area	GIRASOL		MAIZ		SOJA		TRIGO	
	R	b	R	b	R	b	R	b
1	1,08	36,0	3,48	77,2	1,65	26,7	1,68	30,3
2	0,92	29,2	2,91	33,2	1,63	42,2	1,61	17,5
3	1,18	40,0	3,35	33,9	1,73	58,2	1,81	7,8
4	1,27	43,1	3,76	36,2	1,96	48,0	1,98	20,7
5	1,23	54,6	3,72	60,1	1,71	30,0	1,96	30,1
6	1,27	54,8	3,51	123,3	1,60	25,8	1,83	27,9
7	1,24	57,9	4,10	73,6	1,70	28,4	2,04	36,9
8	1,31	52,7	4,35	60,1	2,04	32,0	2,07	31,8
9	1,28	46,3	3,93	51,7	2,07	43,0	2,03	20,1
10	1,23	44,0	3,56	81,1	1,61	37,3	1,78	18,6
11	1,06	30,8	2,49	94,0	1,40	30,7	2,02	39,8
12	1,06	42,9	2,56	110,6	1,39	50,1	1,57	23,7
13	0,92	29,0	2,87	97,9	1,69	-14,8	1,44	24,4
14	0,87	19,8	2,68	62,9	1,61	39,1	1,41	47,8
15	1,08	40,4	2,87	124,9	1,58	58,5	1,83	24,7
16	1,11	38,8	3,21	141,0	1,69	61,1	1,82	33,8
17	1,12	31,2	3,56	98,8	1,79	14,0	2,29	30,3
18	0,92	27,4	2,86	93,4	s/d	s/d	1,94	36,6
19	1,00	31,3	3,36	109,5	1,64	-29,0	2,10	27,5
20	0,96	34,6	1,86	74,1	1,87	54,7	2,05	33,8
21	0,87	24,9	1,99	85,8	1,41	-20,7	1,65	28,4
22	0,92	9,4	1,82	94,6	1,28	0,2	1,29	22,5



**Figura 4.** Áreas homogéneas de producción agrícola que componen los cuartiles superior e inferior de rendimiento medio (1970-1993) de girasol, maíz, soja y trigo en la provincia de Buenos Aires.

High and low agricultural homogeneous areas in the Buenos Aires province according to sunflower, corn, soybean and wheat average yields (1970-1993).

de máxima y mínima producción media permitió identificar zonas con diferente aptitud productiva según los cultivos considerados. En la Figura 4 se observa que las zonas homogéneas del cuartil inferior de producción de todos los cultivos se concentró hacia las regiones sudoeste y centro-este bonaerenses. En cambio, las zonas homogéneas de producción agrícola correspondientes al cuartil superior se ubicaron hacia el nor-noreste y sudeste bonaerense, dependiendo de los cultivos.

## DISCUSIÓN

En los últimos 20 años, en la región pampeana se ha registrado una alternancia de periodos con condiciones ambientales favorables y desfavorables para el normal desarrollo de cultivos (Forte Lay *et al.*, 1992; Hoffman, 1989). Sin embargo, estos cambios en las condiciones ambientales entre campañas no determinaron el agrupamiento de partidos para la formación de las zonas homogéneas. Esta afirmación está basada en el análisis de componentes principales, en el cual no se produjeron grupos definidos por algún período en particular, sino que estos representaron los rendimientos globales de cada cultivo, separándolos entre sí (Fig. 3).

Estos resultados coinciden con las observaciones de Díaz-Zorita *et al.* (1993) quienes consideraron que la correspondencia entre las áreas homogéneas de producción de maíz con las de trigo en la provincia de La Pampa se debería fundamentalmente a diferencias en la aptitud productiva de los suelos más que a diferencias climáticas. No obstante, el clima es un factor formador de los suelos y condiciona el tipo de vegetación, por lo que también está implícito en la delimitación de áreas con aptitudes productivas diferentes.

En todas las áreas agroecológicas se observaron tendencias crecientes de los rendimientos de girasol, maíz y trigo, durante el

período 1970 - 1993 (Tabla 2). Este comportamiento, por sí solo, no afectó diferencialmente la formación de grupos de partidos bonaerenses con comportamientos históricos similares al no observarse secuencias temporales en el análisis de componentes principales (Fig. 3). 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.). Por lo tanto, estos componentes son inseparables, e interactúan dentro del contexto político-ambiental, definiendo así características y niveles de productividad propios (García, com. pers.).

En este estudio se observa que la distribución de las áreas homogéneas de producción agrícola resulta similar a la que presentan los grandes grupos de suelos predominantes en la provincia de Buenos Aires descritos por SAGyP e INTA (1989), Esto coincide con lo propuesto por Cabrera y Willink (1973) quienes consideran que la distribución de biomas en ambientes inestables se relaciona estrechamente con los tipos de suelos presentes. Los sistemas de producción agropecuarios, al simplificar las estructuras naturales, pueden ser reconocidos como ecosistemas inestables (Margalef, 1980).

Las áreas correspondientes al cuartil superior de producción coinciden con regiones con predominio de Argiudoles típicos y vérticos, suelos reconocidos por no presentar limitaciones naturales severas para el normal desarrollo de los cultivos de cosecha. En estas zonas se registran las mayores precipitaciones medias anuales de toda la provincia de Buenos Aires.

En cambio, hacia el sudoeste de la provincia de Buenos Aires se detectan suelos con limitaciones naturales para la implantación y producción de cultivos de cosecha (Hapiustoles énticos, Ustipsammentes, etc). En el área centro-este también se identifican suelos con limitada aptitud productiva de cultivos de cosecha (Argiaiboles ácuicos y Hapludoles tha-

toárgicos), correspondiendo a la región de la depresión del río Salado.

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 rendimiento de grano sólo permite detectar diferencias entre partidos de la provincia de Buenos Aires. Por lo tanto estos límites políticos deberían ser ajustados, dentro de cada área, de acuerdo a registros provenientes de sectores más localizados.

## CONCLUSIONES

Los partidos de la provincia de Buenos Aires se agrupan en 22 zonas agroecológicas homogéneas según su rendimiento de grano.

Los grandes grupos de suelos y geofor-mas presentes constituyen uno de los principales determinantes de la delimitación de estas áreas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cabrera AL y A Willink** (1973) Biogeografía de América Latina. E Chasneau (Ed.). Monografía N°13 (Serie Biología) OEA Washington, DC (USA). 120 pp.
- Crisol JV 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 pp.
- De Fina AL** (1992) Aptitud agroclimática de la República Argentina. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria, Buenos Aires (Argentina). 428 pp.
- Díaz-Zorita M, DE Buschiazzo y N Peinemann** (1993) Propiedades edáficas y productividad de trigo en la región semiárida pampeana. Actas XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Mendoza, Argentina. pp. 249-250.
- 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 JA, RM Quintela y OE Scarpatl** (1992) Variación de las características hidrometeorológicas de la llanura pampeana argentina. Memoria Encuentro Meteo 92. España. II: 142-146.
- 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. p. 222.
- Hoffman J** (1989) El deterioro del ambiente en la Argentina. Servicio Meteorológico Nacional, Fuerza aérea Argentina. Divulgación N°15, p15.
- Margalef R** (1980) Perspectivas de la teoría ecológica. Ed. Blume. Barcelona, España. 110 pp.
- Matteucci SD y A Colma** (1982) Metodología para el estudio de la vegetación. E Chasneau (Ed.). Monografía N°22 (Serie Biología) OEA, Washington, DC. 168 pp.
- Pascual AJ** (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 topographique dans un paysage rural: les niches paysagiques. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris. Serie 3 - Sciences de La Vie 302: 691-696.
- Rolf FJ** (1993) NTSYS-pc: Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. Version 1.80.
- SAGyP- INTA** (1989) Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires. Buenos Aires, 532 pp.
- SAS Institute** (1991) SAS User's guide: Statistics. SAS Institute, Cary, NC (USA). 1028 pp.
- Sierra EM y GM Murphy** (1986) Agroclimas del cultivo de girasol en la Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía, UBA 7: 25-44.
- Sierra EM y OD Pórfido** (1980) Factores que afectan los rendimientos en la región maicera argentina. Revista de la Facultad de Agronomía, UBA 1: 49-64.
- Sneath PHA and RR Sokal** (1973) Numerical taxonomy. Freeman. San Francisco. 573 pp.
- Stinebrickner R** (1984) En Rolf FJ (1993) NTSYS-pc: Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. Version 1.80. Cap. 8: 1-8.