

Instituto de Ciencias del Seguro

**DETERMINACIÓN DE ZONAS  
HOMOGÉNEAS DE RIESGO  
PARA CEREALES Y OLEAGINOSAS  
EN ARGENTINA**

**Sandra Occhiuzzi  
Adriana Basualdo**

**FUNDACIÓN MAPFRE**

FUNDACIÓN MAPFRE no se hace responsable del contenido de esta obra, ni el hecho de publicarla implica conformidad o identificación con la opinión del autor o autores.

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra sin el permiso escrito del autor o del editor.

© 2013, FUNDACIÓN MAPFRE  
Paseo de Recoletos 23  
28004 Madrid (España)

[www.fundacionmapfre.org/cienciasdelseguro](http://www.fundacionmapfre.org/cienciasdelseguro)

ISBN: 978-84-9844-415-5  
Depósito Legal: M-19243-2013

## PRESENTACIÓN

Desde 1975, FUNDACIÓN MAPFRE desarrolla actividades de interés general para la sociedad en distintos ámbitos profesionales y culturales, así como acciones destinadas a la mejora de las condiciones económicas y sociales de las personas y sectores menos favorecidos de la sociedad. En este marco, el Instituto de Ciencias del Seguro de FUNDACIÓN MAPFRE promueve y desarrolla actividades educativas y de investigación en los campos del seguro y de la gerencia de riesgos.

En el área educativa, su actuación abarca la formación académica de postgrado y especialización, desarrollada en colaboración con la Universidad Pontificia de Salamanca, así como cursos y seminarios para profesionales, impartidos en España e Iberoamérica. Estas tareas se extienden hacia otros ámbitos geográficos mediante la colaboración con instituciones españolas e internacionales, así como a través de un programa de formación en Internet.

El Instituto promueve ayudas a la investigación en las áreas científicas del riesgo y del seguro y mantiene un Centro de Documentación especializado en seguros y gerencia de riesgos, que da soporte a sus actividades.

Asimismo, el Instituto promueve y elabora informes periódicos y publica libros sobre el seguro y la gerencia de riesgos, con objeto de contribuir a un mejor conocimiento de dichas materias. En algunos casos estas obras sirven como referencia para quienes se inician en el estudio o la práctica del seguro, y en otros, como fuentes de información para profundizar en materias específicas.

Dentro de estas actividades se encuadra la publicación de este libro, resultado de la «Ayuda a la investigación Riesgo y Seguro» que FUNDACIÓN MAPFRE concedió a sus autoras en la convocatoria de 2011. El trabajo fue tutorizado por Pablo Marcovecchio de MAPFRE ARGENTINA.

Desde hace unos años, Internet es el medio por el que se desarrollan mayoritariamente nuestras actividades, ofreciendo a los usuarios de todo el mundo la posibilidad de acceder a las mismas de una manera rápida y eficaz mediante soportes Web de última generación a través de:

[www.fundacionmapfre.org/cienciasdelseguro](http://www.fundacionmapfre.org/cienciasdelseguro)

### **Sandra Estela Occhiuzzi**

Sandra Occhiuzzi es Ingeniera Agrónoma, egresada de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, en la cual también realizó cursos de posgrado en Economía Agraria. Como Coordinadora General de la Oficina de Riesgo Agropecuario del MAGyP, asesora a las autoridades del MAGyP en evaluación y gestión de riesgos que afectan al sector agropecuario y trabaja en formulación de programas piloto de seguros con participación pública-privada y seguimiento de la ejecución de los mismos. Asimismo diseña y coordina la implementación de actividades del área técnica-metodológica de evaluación de riesgos climáticos y las actividades de capacitación y asistencia técnica a instituciones públicas y privadas en lo referente a la gestión de riesgos y seguros agropecuarios.

### **Adriana B. Basualdo**

Adriana Basualdo es Licenciada en Ciencias de la Atmósfera de la Universidad de Buenos Aires, con especialización en Agrometeorología. En los últimos años se ha dedicado al desarrollo de metodologías para la cuantificación del Riesgo Agroclimático en Argentina. Las mismas fueron utilizadas para la elaboración de los Mapas de Riesgo Agroclimático de la República Argentina (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca - MAGyP). Ha diseñado y puesto en ejecución el Sistema de Monitoreo y Alerta Temprana de condiciones climáticas adversas para los cultivos del MAGyP. También se desempeña en la actividad independiente como consultora en temas climáticos de empresas agroexportadoras, compañías de seguro agropecuario y reaseguro, pools de siembra y productores agropecuarios.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. El mercado del seguro agrícola en Argentina.....	3
1.2. La producción de cereales y oleaginosas en Argentina .....	5
1.3. El sistema de estimaciones de producción: alcances y limitantes para la evaluación de riesgos de producción .....	9
1.4. Caracterización climática de las principales zonas productivas de cereales y oleaginosas .....	10
1.5. Base cartográfica para el análisis de riesgos en la región pampeana.....	14
1.6. Mapas de riesgo de estrés y excesos hídricos para los cultivos de secano .....	15
2. METODOLOGÍA .....	19
2.1. Obtención de apartamientos porcentuales .....	19
2.2. Aplicación del método K-means .....	20
2.3. Obtención de clústers .....	23
2.4. Objetivo de la obtención de parámetros por clúster .....	24
3. RESULTADOS.....	25
3.1. Obtención de apartamientos porcentuales de rendimientos .....	25
3.2. Resultados de la aplicación del método de agrupación .....	27
3.3. Caracterización de los clústers hallados .....	35
CONCLUSIONES.....	49
BIBLIOGRAFÍA.....	53
ANEXO I.....	55
ANEXO II.....	59
ANEXO III.....	63
“Cuadernos de la Fundación” (“Foundation Workbooks”) Collection Institute of Insurance Science.....	69



## OBJETIVO

El objetivo del trabajo es determinar áreas homogéneas de riesgo, dentro de las cuales las condiciones climáticas y de manejo productivo habitual, promueven rendimientos que se ubican simultáneamente por debajo de los niveles esperados.

Esto es, se desea conocer para cada uno de los cultivos principales, qué áreas geográficas se identifican como **cúmulos de riesgo con respecto a bajos rendimientos**, apuntando al gerenciamiento de los seguros multirriesgo y al posible desarrollo de seguros índice basados en rendimientos por área.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. EL MERCADO DE SEGUROS AGRÍCOLAS EN ARGENTINA

De acuerdo a la información suministrada por la Encuesta Censal de Seguros Agropecuarios que releva la Superintendencia de Seguros de la Nación (SSN), la situación del mercado asegurador en Argentina a junio de 2011 revela que existen 29 compañías de seguros operando que cubren seguros agrícolas. Para la campaña 2010-2011, las cifras que explican el mercado son:

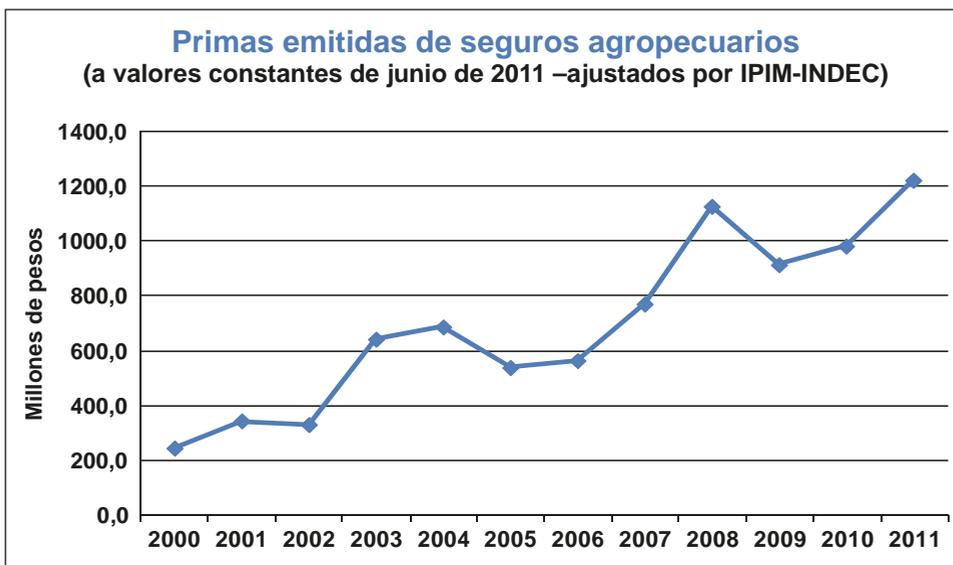
- Primas: \$ 1.147 millones
- Hectáreas Aseguradas (ha) 21 millones
- Capital Asegurado: \$ 33.738 millones
- Pólizas Emitidas: 158.434

Con respecto a los cultivos cubiertos, el 95% corresponde a cultivos anuales (cereales y oleaginosas) y el 4,6% restante a cultivos perennes, básicamente frutas de pepita y carozo, vid, olivos y cítricos. En relación a la superficie implantada con cereales y oleaginosos en Argentina, la superficie asegurada representa aproximadamente el 60%.

En cuanto a los riesgos cubiertos, la mayor parte corresponde a seguros de granizo y granizo con adicionales (53% y 42 % de las primas respectivamente), mientras que las coberturas multirriesgo representan el 5% del volumen del mercado.

A pesar del crecimiento sostenido del mercado de seguros agrícolas, el porcentaje de seguros multirriesgo en relación al total de primas nunca ha superado el 5%. Varias son las causas que determinan el escaso desarrollo de este tipo de coberturas.

- En primer lugar, en Argentina, a diferencia de otros países de Latinoamérica como Brasil o Chile, el Estado no otorga subsidios a la prima del seguro agrícola multirriesgo, a excepción de algunos Programas Piloto que se desarrollaron en las provincias de Buenos Aires y Chaco. Por esta razón, el coste de las primas para esta cobertura es elevado para el agricultor en relación a la cobertura tradicional de granizo.



**Figura 1. Evolución del mercado de seguro agrícola en Argentina.**

- Los riesgos de pérdidas sistémicas, especialmente la sequía provocada por los eventos «La Niña» han determinado altos índices de siniestralidad para las compañías aseguradoras que operan seguro multirriesgo para cereales y oleaginosas en la región pampeana.
- No se dispone de información suficiente para la correcta tarificación de multirriesgo. Con lo cual toda incertidumbre pasa a encarecer las primas.

Las empresas de seguros que ofrecen coberturas multirriesgo utilizan los datos de rendimiento oficiales que publica el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) para establecer los rendimientos gatillo o trigger para la cobertura multirriesgo. Generalmente la cobertura alcanza el 70% del rendimiento promedio de un departamento.

A pesar de la escasa superficie cubierta con seguros de rendimiento, los índices de siniestralidad han sido elevados, por lo que las empresas limitan la oferta de este tipo de seguros a empresas agropecuarias de gran tamaño, que operan en miles de hectáreas en las distintas zonas de la región pampeana, procurando de esta forma diversificar el riesgo.

Especialmente en los últimos años se han difundido las pólizas de seguro «multirriesgo global», en las cuales una empresa agropecuaria asegura todo el portfolio de cultivos que realiza, ya sea en uno o más establecimientos, cubriendo con la suma asegurada un determinado porcentaje de los costos de inversión (labores e insumos) de todos los cultivos que realizan.

La identificación de áreas homogéneas de riesgo permitiría a las empresas aseguradoras administrar mejor la suscripción de pólizas, evitando cúmulos

de riesgo y disminuyendo los índices de siniestralidad. Además, facilitaría la tarificación al tomar a toda la zona como una unidad única, disminuyendo el volumen de información a tratar y definiendo áreas con iguales condiciones de aseguramiento.

## 1.2. LA PRODUCCIÓN DE CEREALES Y OLEAGINOSAS EN ARGENTINA

La producción argentina de soja, maíz, trigo y girasol supera actualmente las 90 millones de toneladas. Si bien la superficie cultivada de los mismos alcanza las 30 millones de hectáreas distribuidas en las provincias del centro y norte del país, el 77% de la producción se concentra en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba (ver Figura 2, mapa de provincias argentinas).



Figura 2. Provincias de la República Argentina.

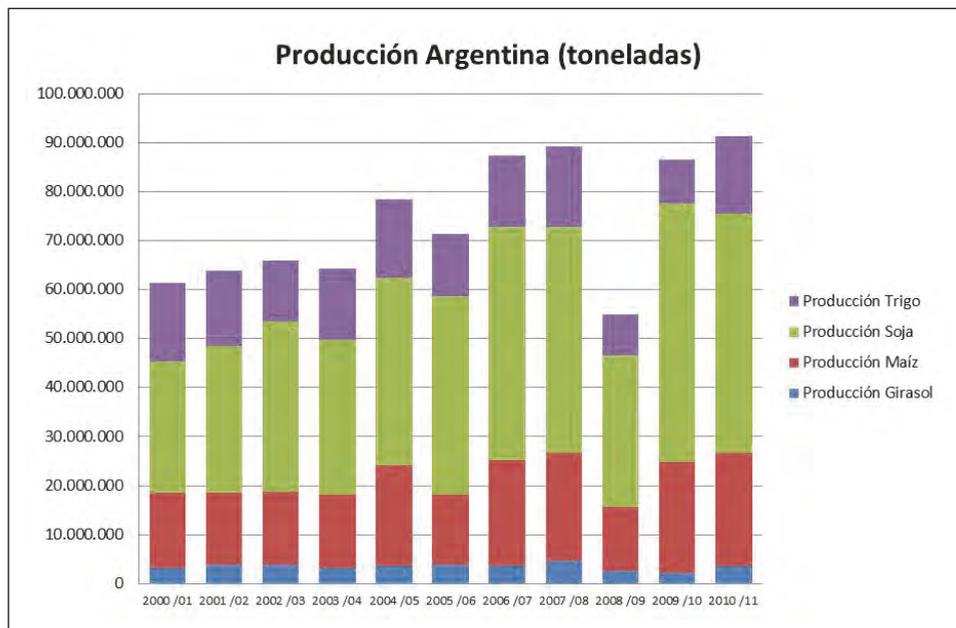
El área de mayor concentración de área agrícola es la región pampeana, que abarca las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos y La Pampa. La soja es el principal cultivo del país, ocupando más de la mitad de

la superficie cultivada (aproximadamente 19 millones de hectáreas en la campaña 2010/2011). Esta actividad tiene una gran relevancia para la economía argentina, generando anualmente unos 20.000 millones de dólares por exportaciones del complejo oleaginoso, lo cual representa el 25% del total de exportaciones del país.

Argentina es el tercer exportador de grano de soja, luego de Estados Unidos y Brasil, pero es el primer exportador mundial de productos procesados: aceites –tanto crudo como envasado– y harinas proteicas en un nivel de oferta muy superior al de Brasil que es el segundo exportador mundial.

La «soja de primera» es un cultivo que se siembra en primavera y compite en el uso del suelo con el maíz, el girasol y el sorgo. También se cultiva «soja de segunda», que se refiere al cultivo de soja sembrado a partir de diciembre, generalmente luego de que se cosecha algún cultivo de invierno, como el trigo o la avena. La soja de segunda permite una «doble rotación», es decir, presenta la ventaja de permitir obtener dos cultivos en un mismo ciclo productivo, no obstante su rendimiento medio es menor que el de la soja de primera siembra.

En la última década, la superficie implantada con soja se ha incrementado en un 70%, mientras que la superficie de maíz creció sólo un 30%, manteniéndose prácticamente estable o en disminución, según la zona, para el girasol y el sorgo (ver Figura 3). La mayor parte de la expansión agrícola de la última década tuvo lugar sobre áreas tradicionalmente ganaderas.



**Figura 3. Evolución de la producción argentina de los principales cultivos extensivos (Fuente: MAGyP).**

La mayor parte de la producción de cereales y oleaginosas en Argentina se concentra en la región pampeana, dadas sus condiciones de suelo y clima. Como se dijo, se denomina región pampeana al área conformada por las provincias de Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos, La Pampa y Buenos Aires. En el Cuadro 1 se puede ver la distribución provincial de la superficie sembrada de los principales cultivos extensivos, correspondiente a la campaña 2010/2011 (Fuente: MAGyP). El cuadro también contiene la producción provincial y el rendimiento medio.

### Cuadro 1.

Superficie sembrada, producción y rendimientos de cereales y oleaginosas por provincias-Campaña 2010/2011 (Fuente: MAGyP)

Cultivo	Superficie sembrada (HA)	Producción (TON)	Rendimiento (Kg/HA)
<b>SOJA</b>			
BUENOS AIRES	5.935.442	15.465.223	2.647
CORDOBA	5.054.390	12.252.266	2.431
SANTA FE	3.107.737	9.741.349	3.148
ENTRE RIOS	1.468.000	3.597.310	2.456
CHACO	700.800	1.655.117	2.369
SALTA	599.515	1.775.489	2.962
LA PAMPA	402.300	599.900	1.525
OTRAS PROVINCIAS	1.618.450	3.799.049	
<b>TOTAL DEL PAIS</b>	<b>18.886.634</b>	<b>48.885.703</b>	<b>2.607</b>
<b>MAIZ</b>			
BUENOS AIRES	1.428.106	8.226.780	6.819
CORDOBA	1.142.900	5.724.860	5.954
SANTA FE	567.423	3.533.090	7.237
LA PAMPA	374.700	503.100	4.231
ENTRE RIOS	191.300	905.920	5.153
SALTA	148.185	728.990	5.353
CHACO	132.800	466.230	4.084
OTRAS PROVINCIAS	574.380	2.915.830	
<b>TOTAL DEL PAIS</b>	<b>4.559.794</b>	<b>23.004.800</b>	<b>6.139</b>
<b>TRIGO</b>			
BUENOS AIRES	2.296.230	9.233.513	4.044
CORDOBA	545.550	1.788.740	3.405
SANTA FE	444.280	1.826.500	4.163
ENTRE RIOS	279.400	1.129.756	4.044
SALTA	193.260	241.200	1.274
CHACO	157.700	317.970	2.028
LA PAMPA	105.800	208.576	1.981
OTRAS PROVINCIAS	554.860	1.120.830	
<b>TOTAL DEL PAIS</b>	<b>4.577.080</b>	<b>15.867.085</b>	<b>3.505</b>
<b>GIRASOL</b>			
BUENOS AIRES	954.150	2.220.315	2.332
LA PAMPA	318.600	558.130	1.805
CHACO	181.200	366.010	2.033
SANTA FE	173.875	293.815	1.719
CORDOBA	43.200	85.180	1.972
ENTRE RIOS	17.500	33.505	1.915
OTRAS PROVINCIAS	68.400	112.210	
<b>TOTAL DEL PAIS</b>	<b>1.756.925</b>	<b>3.669.165</b>	<b>2.107</b>

Como se puede apreciar, la provincia de Buenos Aires es la que mayor superficie sembrada concentra, en los cuatro cultivos. La superficie de la provincia de Buenos Aires es el 60% de la de España. La provincia de Córdoba tiene una producción comparable a la de Buenos Aires para los cultivos soja y maíz. Las provincias de Buenos Aires y Córdoba unidad poseen un área similar a la de España y en ella se siembran unos 11 millones de hectáreas de soja, 2.5 millones de hectáreas de maíz y casi 3 millones de hectáreas de trigo.

El porcentaje de área sembrada de cada uno de estos cultivos no es homogénea en las distintas provincias pampeanas, y tampoco dentro de las provincias. Esto se debe a la gran extensión del área agrícola argentina, que incluye diversidad de suelos y clima. La distancia a los puertos también favorece a algunos cultivos sobre otros, ya que se trata en algunos casos de grandes distancias y el valor del transporte es significativo.

Para poder ubicar geográficamente las áreas donde se concentra el núcleo de la producción de cada cultivo, se muestran en el **ANEXO I** los mapas de rendimientos promedio de las últimas 5 campañas de los cultivos considerados, para todos los departamentos con datos disponibles. En blanco se muestran los departamentos en los que no se produce el cultivo correspondiente o no se dispuso de datos suficientes de superficie sembrada para calcular el promedio.

El área maicera se concentra en el noroeste de Buenos Aires, noreste de La Pampa, centro y sur de Córdoba y sur de Santa Fe. Los mayores rendimientos se obtienen en la región comprendida por el norte de Buenos Aires, sur de Santa Fe, denominada «zona núcleo maicera». Si bien es el segundo cultivo en cuanto a la superficie sembrada, la producción en las últimas campañas presenta una mayor variabilidad ocasionada por eventos de sequía que afectaron las principales áreas productivas. Las exportaciones del complejo maicero representan un 5,5% del total de las exportaciones argentinas.

La producción de trigo se concentra fuertemente en la provincia de Buenos Aires, siendo el sudeste (núcleo triguero sur) y norte (núcleo triguero norte) las principales zonas productivas y las que presentan mayores rendimientos. Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos son otras provincias productoras.

La producción de girasol se concentra también en la provincia de Buenos Aires, si bien pierde relevancia en el conjunto de granos antes mencionados, lo cual se manifiesta en una superficie sembrada que se estancó en la última década en valores muy bajos en comparación con décadas anteriores. La mayor concentración de este cultivo se da en áreas que resultan marginales para los antes mencionados.

### 1.3. EL SISTEMA DE ESTIMACIONES DE PRODUCCIÓN: ALCANCES Y LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS DE PRODUCCIÓN

El sistema de estimación de la producción agropecuaria en Argentina, a nivel oficial, consiste en un relevamiento de la superficie sembrada que realizan 32 delegaciones del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca en las diversas regiones de producción a través de consultas a una red de informantes calificados (productores, acopiadores y otros operadores del sector agropecuario) que analizan la evolución de los cultivos en relación a las condiciones climáticas en cada zona, estimándose de manera subjetiva los rendimientos por hectárea de los diferentes cultivos y luego se calcula la producción total de cada uno de los mismos.

En los últimos años, la Dirección de Información Agropecuaria y Forestal ha desarrollado e implementado un método objetivo, denominado de Segmentos Aleatorios, para la estimación de la superficie sembrada de cultivos extensivos en las diferentes zonas agropecuarias del país. Este método contempla la utilización de técnicas de teledetección basadas en imágenes satelitales de alta y mediana resolución, integradas en un sistema de información geográfica (GIS), el control e interpretación de los resultados obtenidos a través de operativos a campo y el procesamiento y difusión de la información generada por la aplicación de esta metodología.

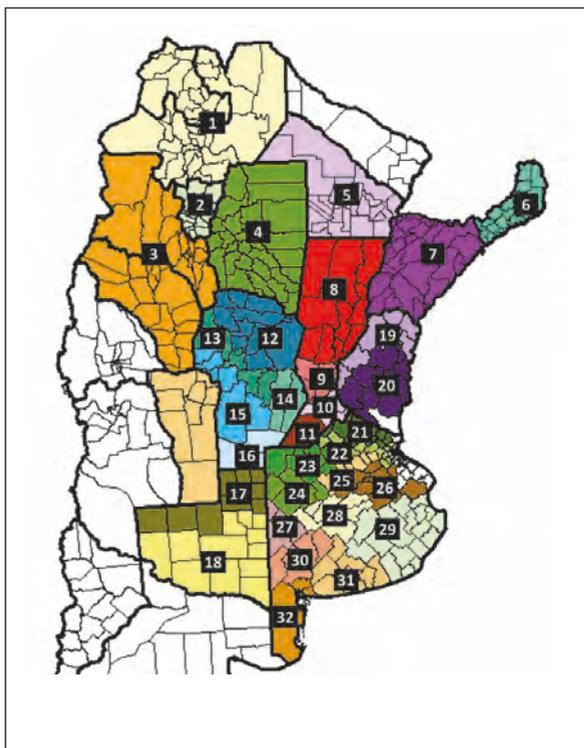
A nivel privado, existen consultoras agronómicas, empresas de estudio de mercado o asociaciones de productores que realizan sus estimaciones de producción a nivel provincial o nacional, nunca con el nivel de desagregación a nivel de departamento.

Por otra parte, pocos son los productores que conservan registros propios de producción. Generalmente corresponden a grandes empresas agropecuarias que, en los últimos años utilizan máquinas cosechadoras con geo-monitoreo de rendimientos.

Las estadísticas de superficie sembrada, cosechada, producción y rendimiento por hectárea de los principales granos y oleaginosas cultivadas en Argentina, desde la campaña 1970 hasta la actualidad, están disponibles en la web del MAGYP (<http://www.siiia.gob.ar/>). La mínima desagregación geográfica de estos datos es a nivel de departamento (división política similar a un condado) en cada una de las provincias productoras. Los departamentos poseen muy diferente extensión: en la provincia de Buenos Aires, por ejemplo, los departamentos son más pequeños, con un área departamental promedio de 2264 km<sup>2</sup>, mientras que en Córdoba la misma es de 6333 km<sup>2</sup>. Cada una de las 32 Delegaciones tiene un responsable que informa al Ministerio semanalmente sobre los avances de siembra y/o cosecha de todos los departamentos que integran su jurisdicción (ver Figura 4).

#### 1.4. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LAS PRINCIPALES ZONAS PRODUCTIVAS DE CEREALES Y OLEAGINOSAS

La Argentina se extiende desde los 22°S hasta los 60°S, lo cual le permite una gran diversidad de climas. Al este posee extensos kilómetros de costa oceánica y al oeste se halla separada de Chile por la cordillera de Los Andes.



Codigo	Delegación
1	Salta
2	Tucumán
3	Catamarca - La Rioja
4	Santiago del Estero
5	Chaco
6	Misiones
7	Corrientes
8	Avellaneda, Santa Fe
9	Cañada de Gómez, Santa Fe
10	Casilda, Santa Fe
11	Venado Tuerto, Santa Fe
12	San Francisco, Córdoba
13	Villa María, Córdoba
14	Marcos Juárez, Córdoba
15	Río Cuarto, Córdoba
16	Laboulaye, Córdoba
17	General Pico, La Pampa
18	Santa Rosa, La Pampa
19	Paraná, Entre Ríos
20	Rosario del Tala, Entre Ríos
21	Pergamino, Buenos Aires
22	Junín, Buenos Aires
23	Lincoln, Buenos Aires
24	Pehujaó, Buenos Aires
25	Bragado, Buenos Aires
26	25 de Mayo, Buenos Aires
27	Salliqueló, Buenos Aires
28	Bolívar, Buenos Aires
29	Tandil, Buenos Aires
30	Pigüé, Buenos Aires
31	Tres Arroyos, Buenos Aires
32	Bahía Blanca, Buenos Aires

Figura 4. Delegaciones del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP).

El mapa de la Figura 5 muestra la topografía del país. En verde se ven las planicies y la parte de las mismas que se halla al norte de 40°S es la que constituye la principal zona agrícola del país.

Las áreas planas que se extienden entre 35°S y 30°S, aproximadamente, se conocen como zona núcleo pampeana y es donde se concentran los mejores suelo y el clima más apropiado para los cultivos extensivos y los mismos se pueden llevar a cabo en condiciones de secano (sin riego).

Dentro del territorio argentino se presentan climas tropicales, subtropicales, templados, áridos, semiáridos y fríos. Dentro de esta gran variedad, el más adecuado para los cultivos extensivos es el templado pampeano húmedo. En segundo lugar de aptitud se ubican el templado pampeano semiárido y el subtropical con estación seca (Figura 6a).



Figura 5. Topografía de la República Argentina.



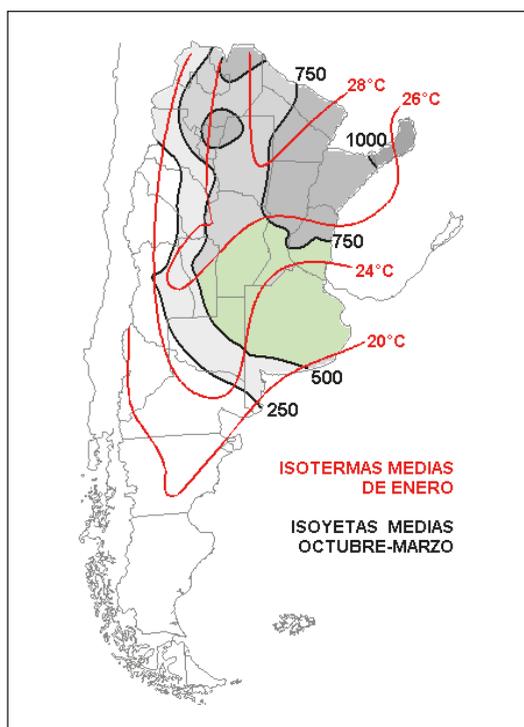
Figura 6a. Climas de la República Argentina.

La región pampeana, principal productora de maíz, soja, trigo, girasol, cebada y otros cultivos extensivos, se halla limitada aproximadamente por las isoyetas de 500 mm y 750 mm del semestre cálido (octubre a marzo).

Se elige este semestre para identificar las precipitaciones medias debido a que los periodos críticos con respecto a estrés hídrico se hallan dentro de este periodo para todos los cultivos mencionados.

También la región pampeana propiamente dicha se halla limitada por las isotermas medias del mes más cálido (enero), entre 20°C y 26°C, que le dan su carácter de clima templado. En la Figura 6b se pueden observar las isoyetas mencionadas, las isotermas de enero, y la zona agrícola principal destacada en verde. Dentro de esta región, la mayor diferencia está dada en el invierno, estación en la cual las precipitaciones al oeste de la misma son muy escasas, mientras que al este, por influencia de la cercanía al océano, llueve también en invierno.

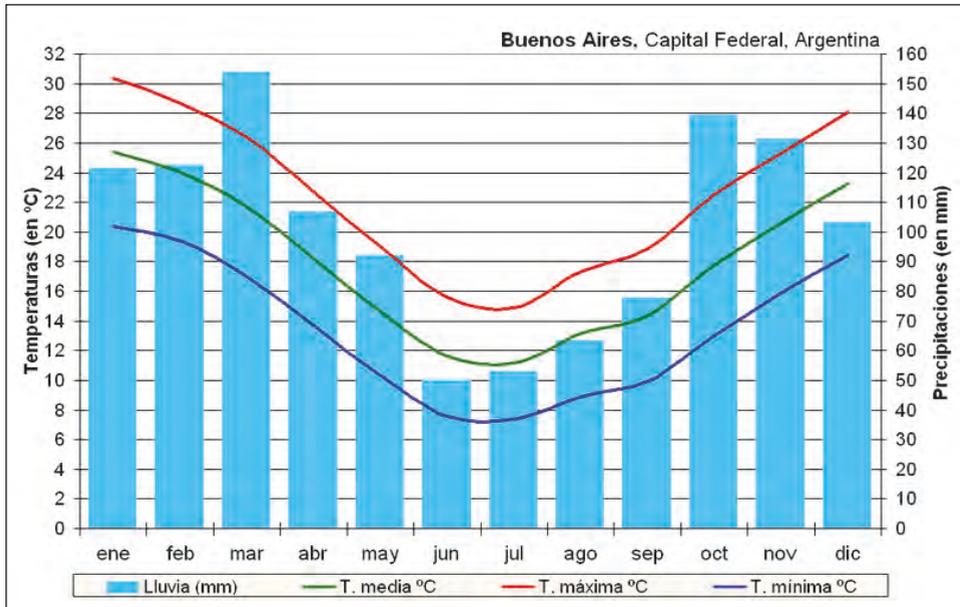
El Cuadro 2 muestra las principales características de cada clima. El templado pampeano húmedo puede representarse con la marcha de lluvias mensuales y temperaturas medias de la ciudad de Buenos Aires (Figura 7), con lluvias del orden de 100 mm mensuales en verano y 50 mm en invierno, temperaturas entre 20°C y 30°C en verano (con ocasionales olas de calor) y en entre 7°C y 15°C en invierno (con ocasionales heladas).



**Figura 6b. Isotermas de enero e isoyetas del semestre cálido.**

**Cuadro 2.**  
Características principales de las regiones climáticas argentinas

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS			
TIPOS DE CLIMA	SUBTIPOS CLIMATICOS	TEMPERATURA MEDIA	PRECIPITACIONES
<b>CALIDO</b>	Subtropical sin Estación seca	Mas de 20°	Más de 1000 mm
	Subtropical con Estación seca	Mas de 20°	Entre 1000 y 500 mm
	Serrano	Alrededor de 17°	900 mm
<b>TEMPLADO</b>	Pampeano húmedo	17°	Entre 1000 y 500 mm
	Semiárido	Entre 15° y 17°	Menos de 500 mm
	Serrano	Entre 15° y 17°	De 600 a 400 mm
<b>ARIDO</b>	De sierras y bolsones	Entre 15° Y 17°	Menos de 200 mm
	Semiárido	18°	Menos de 500 mm
	Patagónico	13° en el norte 7° en el sur	Menos de 300 mm
	Andino puneño	10°	Menos de 200mm
<b>FRIO</b>	Húmedo	8° en el norte 7° en el sur	Entre 1000 y 500 mm
	Polar	-4,5° en la costa -20° en el interior	Entre 800 y 150 mm



**Figura 7. Marcha anual de la precipitación y las temperaturas mensuales.**

## **1.5. BASE CARTOGRÁFICA PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS EN LA REGIÓN PAMPEANA**

Como base cartográfica para el desarrollo de los mapas de riesgo de estrés y excesos hídricos realizados en la Oficina de Riesgo Agropecuario del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la República Argentina<sup>1</sup>, se utilizaron Áreas Homogéneas de Productividad Agrícola.

Para la obtención de dichas áreas, se ha generado un agrupamiento de las unidades cartográficas de los mapas de suelos escala 1:50.000 desarrollados por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, que representan Asociaciones y Complejos de suelos clasificados a nivel de Serie, de acuerdo al Sistema Soil Taxonomy (National Resource Conservation Service, USDA 1999 2ª. Edición).

Para el agrupamiento de las unidades de los mapas de suelos se utilizó como criterio, el establecer conjuntos de intervalos de los Índices de Productividad ponderados de cada una, que son expresados en Clases de Capacidad Productiva Agrícola (ICAP).

El Índice de Productividad (IP) consiste en un sistema de evaluación de tierras paramétrico, que relaciona en forma multiplicativa los valores o niveles de propiedades seleccionadas, pertenecientes a las Series de Suelos Modales. Las propiedades consideradas por el método son: condición macro climática; drenaje; textura superficial; textura subsuperficial; capacidad de intercambio catiónico; materia orgánica; profundidad efectiva; salinidad; sodicidad; erosión actual; erosión potencial.

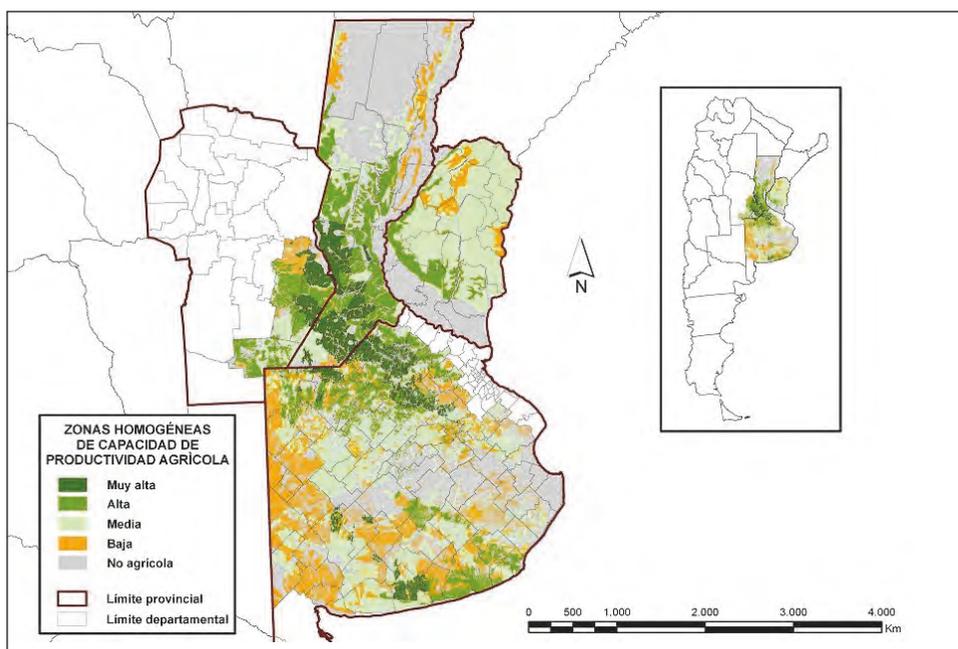
Mediante este sistema, desarrollado originalmente por FAO y adaptado para las condiciones de la Región Pampeana por el INTA (Atlas de Suelos de la República Argentina INTA PNUD SAGyP, Arg. 85/019), se valoraron todas las Series de Suelos y Unidades Cartográficas de los mapas de suelos de las provincias argentinas.

Para la definición de las Clases de ICAP a la escala semi detallada, se tomó como referencia el comportamiento del conjunto de los cultivos principales del Área Pampeana, definidos en términos de Nivel tecnológico y de Rendimientos potenciales.

De acuerdo al procedimiento adoptado para establecer el agrupamiento interpretativo de las Unidades de suelos, se definió el Área No Agrícola por agrupamiento de Unidades cartográficas con menos de 40 puntos de IP y las Clases de ICAP, en base a intervalos de IP ponderado de las Unidades Cartográficas del mapa de suelos escala 1:50.000.

---

<sup>1</sup> La metodología de balance hídrico fue diseñada por la Lic. Adriana Basualdo. A partir de dicho desarrollo, el equipo técnico de la Oficina de Riesgo Agropecuario elaboró los mapas de riesgo de estrés y excesos hídricos para los cultivos de secano en una región que abarca las principales provincias productivas de la Argentina.



**Figura 8. Mapa de zonas homogéneas de capacidad de producción agrícola.**

**Cuadro 3.**  
Clases de Capacidad Productiva Agrícola

CLASE DE ICAP	INTERVALO DE IP
MUY ALTA	100-85
ALTA	84-70
MEDIA	69-55
BAJA	54-40
NO AGRÍCOLA	< 39

Las unidades cartográficas clasificadas con ICAP de muy alta y alta, corresponden a los suelos donde se expresará el máximo potencial de rendimiento de los cultivos. Queda así identificada la zona en que los rendimientos deberán mostrar un valor mayor y una menor variabilidad. Esta suele ser el primer objetivo de las compañías aseguradoras, aunque resta ver si se trata de un área homogénea desde el punto de vista de los resultados productivos, ya que, de ser así, todos los negocios dentro de esta zona definirían un núcleo de concentración de riesgo.

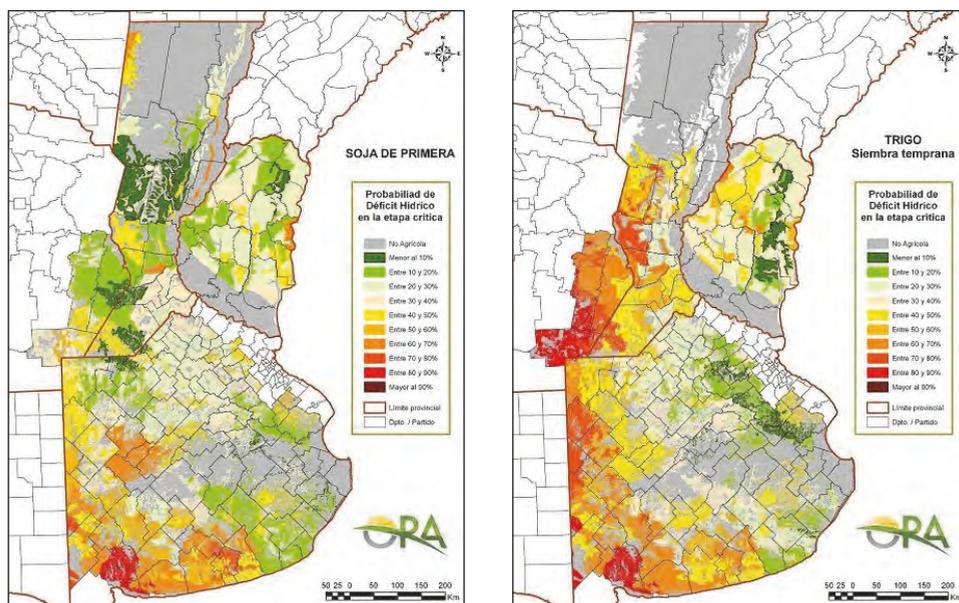
### 1.6. MAPAS DE RIESGO DE ESTRÉS Y EXCESOS HÍDRICOS PARA LOS CULTIVOS DE SECANO

Para cada una de las series de suelos representativas de las unidades cartográficas mencionadas anteriormente, se calculó un balance hídrico a

paso diario, utilizando las series de precipitaciones de los últimos 40 años. El balance hídrico diario utilizado para el cálculo del almacenamiento de agua en el suelo considera además: la evapotranspiración real del cultivo, el escurrimiento superficial, la percolación profunda y los excesos de agua acumulados en superficie.

En función de esto se puede identificar la cantidad de veces en que el almacenaje pudo estar por debajo de un cierto nivel crítico durante el período fenológico de mayor susceptibilidad a déficit hídrico de cada cultivo.

Se consideraron situaciones de déficit hídrico aquellas campañas en las cuales se estimó que, durante la mitad o más de los días que conforman el período vulnerable del cultivo, las reservas estuvieron por debajo del 25% del agua útil. Por ejemplo, si para una zona en particular se determinan estas condiciones en 10 de los 40 años, la probabilidad de ocurrencia del fenómeno es del 25%.



**Figura 9. Mapas de riesgo de déficit hídrico para soja y trigo.**

Asimismo, los mapas de excesos hídricos identifican situaciones en las que el agua precipitada supera la capacidad del suelo de incorporarla y genera encharcamientos, computándose las campañas donde esta situación ocurre durante la mitad o más de los días que conforman el período vulnerable a excesos de humedad.

La metodología completa y los mapas de riesgo de déficit y excesos hídricos se pueden consultar en [http://www.ora.gov.ar/riesgo\\_mapas.php](http://www.ora.gov.ar/riesgo_mapas.php).

Se puede observar en los mapas de la Figura 9, con los resultados de probabilidad de déficit hídrico en los periodos críticos de los cultivos soja de

primera y trigo, que en una misma zona se evidencian diferentes niveles de riesgo de déficit hídrico para distintos cultivos, ya que los calendarios de los mismos son diferentes y sus periodos críticos se dan en diferentes momentos del año.

Estos mapas miden el riesgo de déficit hídrico (pueden consultarse los de excesos hídricos en la página de la ORA), cuantificando la frecuencia en que este evento puede tener lugar. Sin embargo, no nos dan información acerca de en qué medida el evento «déficit hídrico» y sus eventuales consecuencias sobre los cultivos pueden darse simultáneamente en una región determinada. De allí la importancia de cruzar la información de estos mapas con una determinación de áreas homogéneas desde el punto de vista de los resultados productivos de cada campaña.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. OBTENCIÓN DE APARTAMIENTOS PORCENTUALES

El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MAGyP) posee series de datos de superficie sembrada (SS), superficie perdida (SP) y producción (PR) a nivel de departamento o partido para la mayor parte del área agrícola argentina. Se planea considerar en los análisis los cultivos más extendidos: trigo, maíz, girasol, soja de primera y soja de segunda.

Para cada uno de los departamentos se calcularán los rendimientos (R) de cada campaña como el cociente entre producción y superficie sembrada, en el periodo 1980-2011 (32 campañas) para maíz, en el periodo 1980-2012 (3432 campañas) trigo y girasol, y en el periodo 2001-2012 (12 campañas) para soja de primera y segunda. El cultivo de soja tiene una historia mucho más reciente que los demás en Argentina. En un principio se computaban las estadísticas de soja integrando los resultados de primera y de segunda, discriminándose entre ambos cultivos recién a partir de 2001.

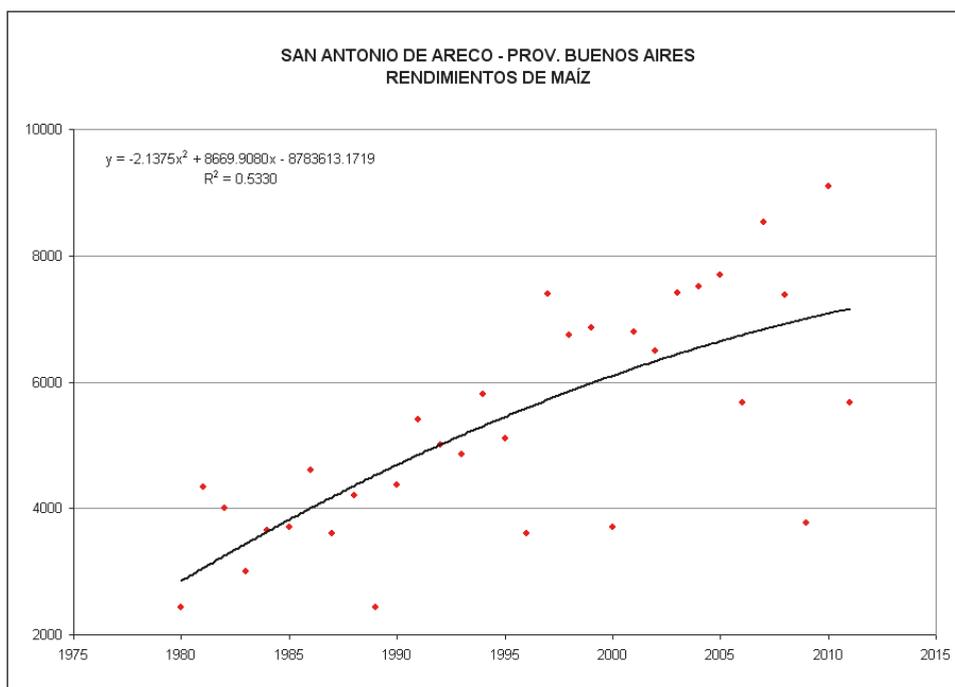
Debido al incremento en los rindes que se observaron en cada uno de los periodos utilizados, se calcularon las tendencias correspondientes a cada serie (ver Figura 10), la cual será restada de los valores de rendimiento para obtener los apartamientos de los rindes con respecto al valor esperado tendencia.

Aún en el caso de que el dato de producción pueda estar sistemáticamente subestimado, al restar la tendencia de las series y considerar los apartamientos porcentuales, este posible error desaparece.

Esta diferencia entre «rinde obtenido» (R, de la serie histórica) y «rinde esperado» (T, de la tendencia) será positiva cuando se obtengan rendimientos superiores a los esperados y negativa cuando suceda lo contrario. Si esta diferencia se divide por el «rinde esperado», se obtienen los «apartamientos porcentuales» (AP), positivos o negativos, correspondientes a cada campaña.

$$AP (\%) = ( R - T ) / T$$

Como ejemplo se muestran en la Figura 10 los rendimientos correspondientes a maíz en el partido San Antonio de Areco (puntos rojos). Los valores temporales corresponden al año de cosecha, es decir, el año 1980 corresponde a la campaña 1979-1980, y así sucesivamente.



**Figura 10. Rendimientos de maíz en el partido de San Antonio de Areco, provincia de Buenos Aires, y el ajuste de la tendencia, en este caso un polinomio de grado 2.**

La curva creciente que se obtuvo como tendencia es la función cuadrática de mejor ajuste según el método de mínimos cuadrados. Las diferencias entre los rendimientos obtenidos y la tendencia, positivos o negativos, se pueden ver en el Cuadro 4.

## 2.2. APLICACIÓN DEL MÉTODO K-MEANS

Las series departamentales de apartamientos porcentuales obtenidas serán sometidas a clasificación con el fin de obtener «clústers» o grupos de comportamiento estadísticamente homogéneos. Es decir, se tratará de agrupar los departamentos en los cuales el comportamiento de los apartamientos porcentuales sea similar a lo largo de las campañas analizadas, lo cual indicará que los resultados productivos serán altos, medios o bajos a la vez.

El método «K-means» (MacQueen, 1967) permite hacer una clasificación de un conjunto de variables, determinando exactamente «k» grupos diferentes a partir de un conjunto total de «N» elementos (en este caso, departamentos). Este método minimiza la variabilidad dentro de cada grupo y maximiza la variabilidad entre los distintos grupos. A cada uno de los grupos hallados lo llamaremos «grupo homogéneo de comportamiento de los rendimientos».

#### Cuadro 4.

Valores de rendimiento, tendencia y apartamientos para el cultivo maíz en San Antonio de Areco

CULTIVO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO	CAMPAÑA (COSECHA)	RENDIMIENTO (kg/ha)	TENDENCIA (kg/ha)	APARTAMIENTO (kg/ha)	APARTAMIENTO (%)
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	1980	2430	2950	-520	-0.18
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	1981	4333	3153	1180	0.37
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	1982	4000	3352	648	0.19
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	1983	3000	3547	-547	-0.15
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	1984	3659	3737	-78	-0.02
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	1985	3700	3923	-223	-0.06
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	1986	4600	4105	495	0.12
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	1987	3600	4283	-683	-0.16
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	1988	4200	4456	-256	-0.06
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	1989	2429	4625	-2197	-0.47
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	1990	4364	4790	-426	-0.09
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	1991	5400	4951	449	0.09
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	1992	5000	5107	-107	-0.02
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	1993	4857	5259	-402	-0.08
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	1994	5800	5406	394	0.07
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	1995	5103	5550	-447	-0.08
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	1996	3610	5689	-2079	-0.37
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	1997	7400	5824	1576	0.27
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	1998	6747	5954	793	0.13
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	1999	6860	6081	779	0.13
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	2000	3706	6203	-2497	-0.40
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	2001	6800	6321	479	0.08
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	2002	6500	6434	66	0.01
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	2003	7410	6543	867	0.13
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	2004	7506	6648	858	0.13
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	2005	7693	6749	945	0.14
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	2006	5669	6845	-1176	-0.17
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	2007	8531	6937	1593	0.23
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	2008	7370	7025	344	0.05
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	2009	3764	7109	-3345	-0.47
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	2010	9103	7188	1914	0.27
MAIZ	BUENOS AIRES	SAN ANTONIO DE ARECO	2011	5671	7263	-1592	-0.22

Dado un set de observaciones, en este caso, las series departamentales de apartamientos porcentuales ( $AP_{1980}$ ,  $AP_{1981}$ , ...,  $AP_{2011}$ ), el método k-means clustering apunta a particionar las observaciones en k sets ( $S_1, S_2, \dots, S_k$ ) de tal forma que la suma de cuadrados siguiente resulte mínima dentro de cada clúster.

$$\arg \min \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} \|x_j - \mu_i\|^2$$

$\mu_i$  es la media de los puntos dentro del clúster  $S_i$

$x_j$  son los elementos que conforman el clúster  $S_i$

El término «k-means» fue utilizado por primera vez por James MacQueen en 1967, pero la idea del método es anterior y se adjudica a Hugo Steinhaus (1957). El algoritmo estándar fue propuesto inicialmente por Stuart Lloyd en 1957 pero no se publicó su técnica hasta 1982.

El algoritmo de cálculo más común usa una técnica iterativa que se conoce en general como el algoritmo de Lloyd, particularmente en la comunidad de

las ciencias de la computación. A continuación se esquematizan los pasos iterativos del algoritmo. En los esquemas, los cuadraditos inicialmente grises representan las series temporales de apartamentos porcentuales de un cultivo en particular en los N departamentos. En el caso esquemático se dispone de 12 departamentos para los cuales se han calculado los apartamentos porcentuales de los rindes de un cultivo.



Paso 1:

Se elige la cantidad de clústers a determinar, en este caso  $k=3$ . Los 12 cuadrados grises son los elementos a agrupar y los círculos en color son las tres medias iniciales seleccionadas a partir de una separación arbitraria de los 12 elementos a clasificar.



Paso 2:

Se crean los clústers iniciales asociando cada uno de los 12 cuadrados al círculo más cercano. La partición representa un diagrama de Voronoi generado por las medias.



Paso 3:

Se recalculan las medias de cada uno de los clústers determinados en el paso anterior. Se ve cómo los círculos cambian de lugar. En el clúster rojo, por tener un solo elemento, la media se desplaza hasta coincidir con ese elemento.



Paso 4:

Se repiten sucesivamente los pasos 2 y 3, utilizando la cantidad de iteraciones necesarias para alcanzar la convergencia.

Como se trata de un algoritmo heurístico, no se halla garantizada la convergencia óptima: el resultado puede depender de la determinación inicial de los clústers (paso 1). Como el algoritmo es usualmente muy rápido, comúnmente se corre varias veces con diferentes condiciones de inicio.

El software utilizado (STATISTICA) requiere la determinación de diversos parámetros o criterios para realizar el análisis de clústers, los cuales se resumen en la Figura 11. Como se puede ver, posee tres diferentes opciones de inicialización. Luego de varias pruebas se ha encontrado que la más eficiente es la maximización inicial de distancias entre clústers.

En la Figura 11, «Variables: ALL» se refiere a todas las series departamentales de apartamentos de los rendimientos disponibles para un cultivo determinado. El número de clústers se fue aumentando a partir de  $k=5$ . El número de iteraciones elegido fue 10, aunque el método siempre llegó a la convergencia mucho antes de ese número.

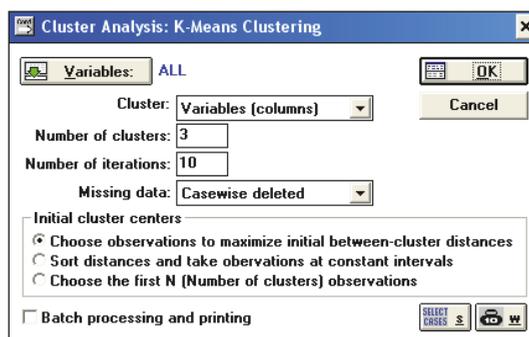


Figura 11. Ventana «K-Means Clustering» del software STATISTICA.

### 2.3. OBTENCIÓN DE CLÚSTERS

No existe un criterio único para la elección de la cantidad de clústers a obtener en la clasificación mediante el método K-means. Se sugiere como valor aproximado el que se obtiene de tomar la parte entera de la raíz cuadrada de  $N/2$ , donde  $N$  es la cantidad de elementos a clasificar, en este caso, la cantidad de departamentos con datos suficientes de rendimiento.

$$K = \text{int} \sqrt{N/2}$$

La cantidad de departamentos ( $N$ ) a considerar para cada cultivo resultó diferente: el máximo corresponde a maíz ( $N=162$ ) y el mínimo para girasol ( $N=85$ ). Es decir, el número de clústers esperados en la clasificación estará teóricamente entre  $K=6$  y  $K=9$ .

**Cuadro 4.**

Cantidad de departamentos considerados en la clasificación en clústers por cultivo y número teórico de clústers a obtener

CULTIVO	CANTIDAD DE DEPARTAMENTOS (N)	NÚMERO TEÓRICO DE CLÚSTERS (K)
Maíz	162	9
Girasol	85	6 – 7
Trigo	131	8
Soja de primera	158	9
Soja de segunda	108	7

En sucesivas clasificaciones se aplicó el método K-means a las series de apartamientos porcentuales a partir de  $k=5$ , hasta llegar a un valor de  $k$  para el cual aparecían clústers con un solo elemento. Si al llegar a esta instancia la clasificación determina algún clúster con gran cantidad de elementos (departamentos), se repite el análisis de clústers sólo para este grupo numeroso, tratando de establecer diferenciaciones dentro del mismo.

Una vez determinados los clústers, se obtienen las **series representativas** de cada uno de ellos. Las mismas están conformadas por los promedios de los valores de apartamiento porcentual de cada campaña para los departamentos que constituyen el clúster. Es decir, **se establece para cada clúster una serie de apartamientos porcentuales que representan al conjunto**, con la que se podrá trabajar estadísticamente en vez de utilizar las series departamentales.

Se establecen luego los **coeficientes de correlación entre clústers**, poniendo en evidencia así los grupos que más se parecen entre sí y los que se comportan en forma independiente o contraria. También se obtienen, a partir de las respectivas series representativas, las desviaciones estándar que las caracterizan y el número de campañas con rendimientos muy bajos.

#### **2.4. OBJETIVO DE LA OBTENCIÓN DE PARÁMETROS POR CLÚSTER**

Como dentro de cada clúster el comportamiento de los rendimientos es homogéneo, es posible pensar en la generación de criterios homogéneos de aseguramiento multirriesgo. Por otra parte, la clasificación areal permite estudiar con mayor facilidad parámetros agroclimáticos que tengan alta correlación con los rendimientos de cada cultivo, tendiente al diseño de un seguro paramétrico agrícola.

La disposición de variables como rinde esperado, variabilidad normal, incremento de los rendimientos en los últimos años, entre otros, para cada zona o clúster, incorporando las mismas a un SIG, permite una más apropiada aproximación a la toma de decisiones de las aseguradoras, evitando cúmulos de suscripciones de pólizas en sectores geográficos de comportamiento homogéneo (núcleos).

## 3. RESULTADOS

### 3.1. OBTENCIÓN DE APARTAMIENTOS PORCENTUALES DE RENDIMIENTO

Se tomó como premisa que las series de rendimiento consideradas no tengan datos de rendimiento faltantes. Inicialmente se realizaron clasificaciones con mayor cantidad de departamentos, permitiendo cierto número de campañas con dato faltante, siempre y cuando no correspondan a los últimos 5 años, pero los resultados obtenidos no fueron adecuados.

Existen algunos casos en que un departamento fue dividido en dos departamentos más pequeños en algún momento dentro del periodo analizado. En ese caso se consideró la misma serie de datos para los dos partidos nuevos hasta la fecha de disociación y luego sus datos particulares, posteriores a la división.

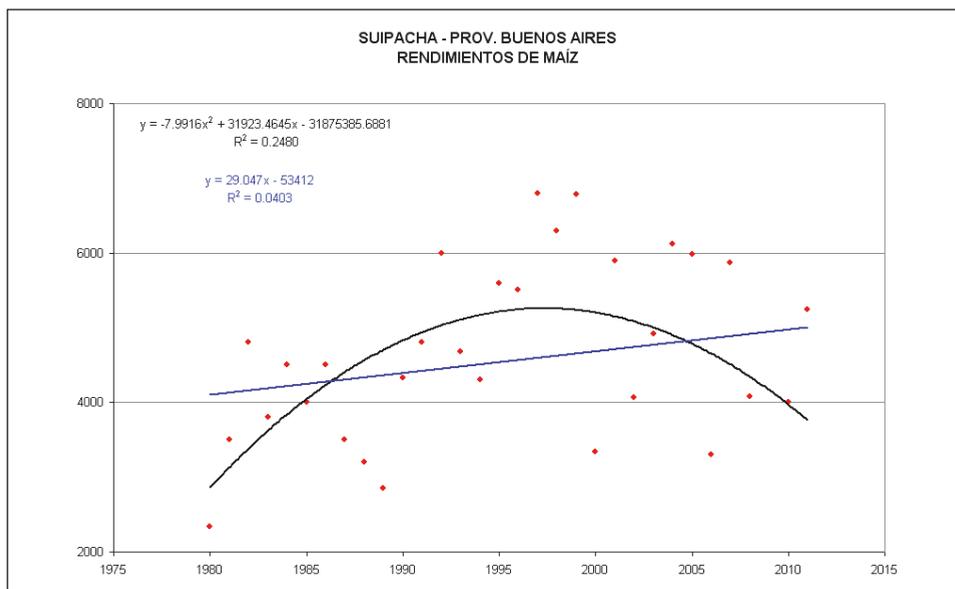
A las series de rendimientos se le ajustaron funciones cuadráticas de tendencia. Es esperable que las funciones de tendencia halladas sean crecientes, con un mínimo en el comienzo del periodo y un crecimiento posterior debido a los avances tecnológicos. En muchos casos las funciones de tendencia halladas presentaban un decrecimiento en los últimos años que resulta difícil de explicar desde el punto de vista tecnológico. Este decrecimiento al final de estas series parece más relacionado con resultados regulares a malos en los últimos años, debidos a condiciones climáticas adversas.

En otros casos aparece un mínimo intermedio, que también resulta de difícil interpretación teórica. En estos casos se procedió a reemplazar la función cuadrática propuesta inicialmente por una función lineal, resultando ésta creciente. Un ejemplo de este caso se puede ver en la Figura 12.

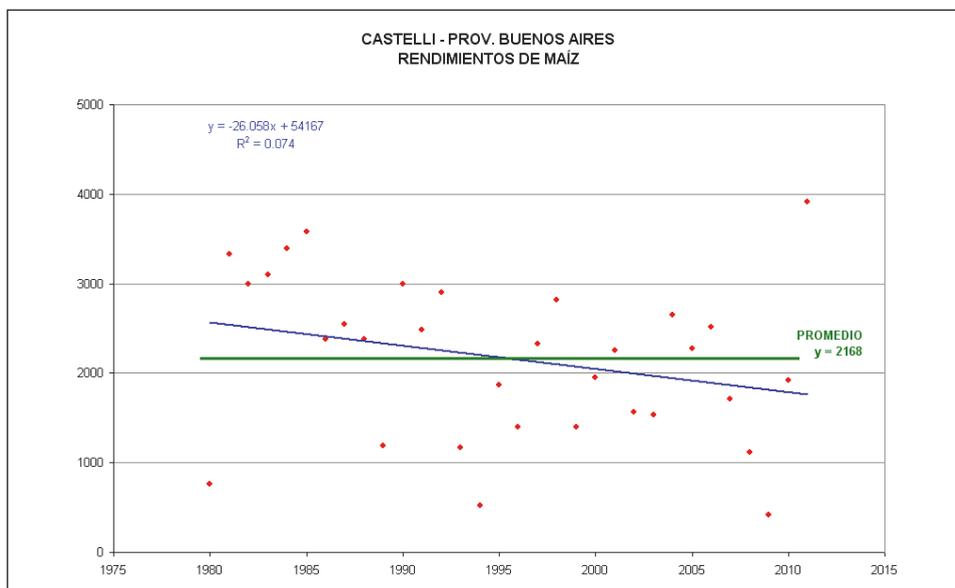
En algunos casos la función lineal de tendencia muestra una pendiente negativa, aunque muy moderada, pero que no es justificable en teoría y se puede adjudicar a la mala calidad de los datos y/o a malos resultados en las últimas campañas. Un ejemplo de este caso se puede ver en la Figura 13.

Para cada ajuste de tendencia se registró el coeficiente de correlación correspondiente. El mismo expresa la proporción de la varianza total que es explicada por la regresión cuadrática, lineal o constante considerada. El **ANEXO II**

muestra la distribución geográfica de las varianzas explicadas ( $R^2$ ) por las funciones de tendencia. Valores mayores de  $R^2$  indican menores apartamientos de los rindes alrededor de la tendencia, es decir, menor variabilidad.



**Figura 12. Rendimientos de maíz en el partido de Suipacha, provincia de Buenos Aires.**



**Figura 13. Rendimientos de maíz en el partido de Castelli, provincia de Buenos Aires.**

Se constata que los valores más altos de coeficiente de correlación corresponden a la zona núcleo de producción de cada cultivo. En áreas marginales la variabilidad es más alta y las funciones de tendencia explican un pequeño porcentaje de esa variabilidad.

Una vez obtenidas las funciones de tendencia para cada departamento, se procedió a calcular los apartamientos porcentuales para cada campaña, de acuerdo a lo explicado en la metodología.

### **3.2. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE AGRUPACIÓN**

Se aplicó el método K-means a las series departamentales de apartamientos porcentuales. Comenzando por el valor  $k=5$ , se fue aumentando la cantidad de clústers a obtener, hasta que comenzaran a definirse clústers unitarios (con un solo departamento) o los clústers comenzaban a disgregarse geográficamente.

A continuación se detallarán los resultados obtenidos para cada cultivo considerado, explicando los motivos por los cuales los mismos difieren al considerar un cultivo u otro.

#### **Maíz**

Se realizó la clasificación de los 162 elementos disponibles en clústers, comenzando por  $K=5$  y llegando hasta  $k=10$ , valor con el que aparecen dos clústers unitarios. En el Cuadro 5 se puede ver la cantidad de elementos que constituyen cada uno de los clústers obtenidos.

**Cuadro 4.**

Elementos (cantidad de departamentos) en cada clúster correspondiente a la clasificación de rendimientos de MAÍZ

<b>CLÚSTER</b>	<b>ELEMENTOS</b>
1	3
2	1
3	38
4	5
5	1
6	2
7	5
8	6
9	83
10	18

El clúster 9 es el que más departamentos abarca (83) y contiene toda la provincia de Entre Ríos, el sur de Santa Fe, el sudeste de Córdoba, el norte de Buenos Aires y un elemento aislado en el sur de la provincia de Buenos Aires (partido Tres Arroyos), además de la zona agrícola del NOA. Dentro de este gran grupo el método ha reunido los elementos con menor variabilidad. A este grupo lo llamaremos NÚCLEO.

El clúster 3 es el que sigue en cantidad de departamentos agrupados en él (38). En el mismo se hallan el resto de los departamentos de Córdoba, los del centro y norte de Santa Fe, Chaco y, separados geográficamente, 6 departamentos de La Pampa. A este grupo lo llamaremos NORTE.

Los clústers NÚCLEO y NORTE fueron reclasificados por separado de forma de obtener divisiones internas. Esto no se logra considerando nuevamente los mismos 162 departamentos y aumentando el valor de  $k$ , ya que esto sólo genera más clústers unitarios y no particiones de estos grandes grupos.

En la nueva reclasificación de la zona NÚCLEO en 4 clústers dio como resultado particiones que separan por un lado el norte de Entre Ríos, por otro el sur de la misma provincia junto con departamentos del sur de Santa Fe y uno de Córdoba. Los departamentos del NOA (Salta y Jujuy) no se separaron de los del norte de Buenos Aires, sur de Córdoba y Santa Fe. Esto se debe a la baja variabilidad en los rendimientos, comparados a los de la zona núcleo propiamente dicha. El partido de Tres Arroyos se separó del resto, formando un clúster unitario.

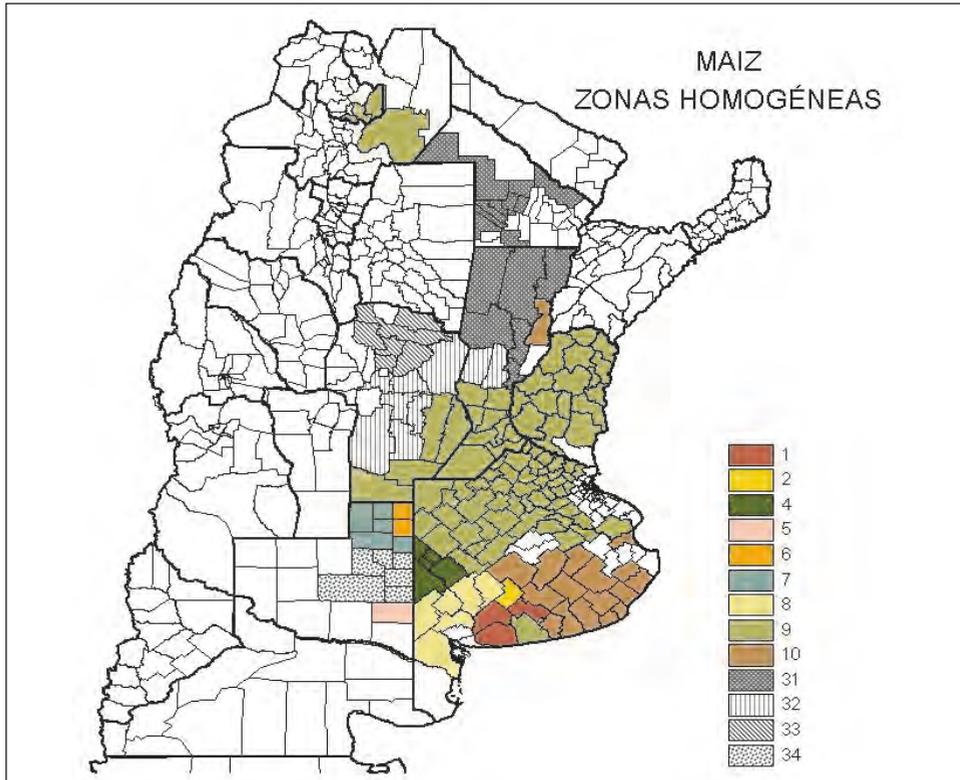
Sin embargo, al considerar las correlaciones entre las 4 subzonas obtenidas se pudo verificar que las subzonas se hallan significativamente correlacionadas entre sí, por lo cual no se consideró útil la reclasificación hallada: la zona 9 debe considerarse como una sola, a pesar de la gran cantidad de elementos que la componen y de su extensión geográfica.

En la reclasificación de la zona NORTE, con  $k=4$ , la división de los clústers reúne en un grupo los departamentos de Chaco y norte de Santa Fe, en otro los del norte de Córdoba, en otro los del centro de Córdoba y alrededores en Santa Fe, dejando aparte los de La Pampa. En este caso sí las series representativas de los 4 subgrupos muestran independencia estadística.

Las zonas de comportamiento homogéneo de los rendimientos de maíz se pueden ver en la Figura 14.

Los resultados «no esperados» de la clasificación obtenida son dos:

- Los departamentos de las provincias de Salta y Jujuy (NOA) forman un mismo clúster con la zona núcleo pampeana.
- El departamento de San Javier, en la provincia de Santa Fe, pertenece al clúster que reúne a los partidos del sudeste de la provincia de Buenos Aires.



**Figura 14. Zonas homogéneas de apartamientos de los rendimientos de maíz.**

Con respecto al NOA, es posible que la poca variabilidad en los rindes de maíz en la zona (consecuencia de una menor variabilidad climática), además de los valores relativamente altos de rendimiento (aunque en escasa superficie), determinen resultados similares a los de la zona núcleo pampeana.

En cuanto al departamento San Javier, es más probable que se deba a la calidad de los datos de la serie histórica de rendimientos de maíz, ya que resultó ser la única de la provincia a la cual no se le pudo ajustar una serie cuadrática, ni tampoco una lineal. Se sugiere eventualmente su incorporación al grupo de departamentos del norte de Santa Fe (clúster 31).

### Trigo

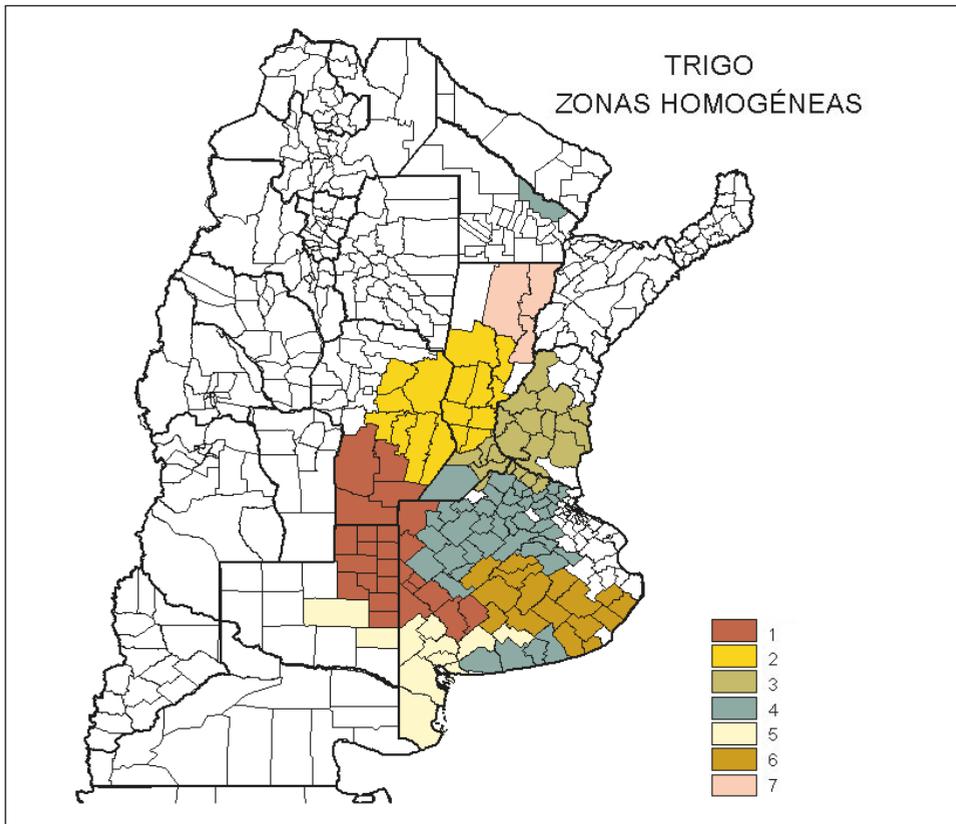
Se repitió el análisis de clústers para los 131 departamentos con datos completos de rendimiento de trigo, iniciando con  $k=5$  y llegando hasta  $k=7$ , valor a partir del cual aparecen departamentos aislados. La cantidad de elementos por clúster se puede ver en el Cuadro 5.

El clúster 4 es el que más departamentos abarca (41) y contiene el norte de la provincia de Buenos Aires, cuatro departamentos del sur de la misma provincia, un departamento del sur de Santa Fe, área a la que denominaremos NÚCLEO.

**Cuadro 5.**

Elementos (cantidad de departamentos) en cada clúster correspondiente a la clasificación de los rendimientos de TRIGO

CLÚSTER	ELEMENTOS
1	24
2	16
3	20
4	41
5	11
6	16
7	3



**Figura 15. Zonas homogéneas de apartamientos de los rendimientos de trigo.**

El clúster NÚCLEO fue reclasificado por separado, de forma de obtener divisiones internas. La nueva reclasificación de la zona NÚCLEO en 2 clústers dio como resultado una partición con alta correlación (0.824) entre las series representativas de las subzonas, con lo cual no se ha considerado esta subdivisión. Además, la reclasificación no separa las áreas aisladas del sur de Buenos Aires o el departamento único en Chaco.

Las zonas de comportamiento homogéneo de los rendimientos de trigo se pueden ver en la Figura 15.

Los resultados «no esperados» de la clasificación obtenida son dos:

- El norte de Buenos Aires y el sur de Santa Fe forman un área homogénea junto con 4 partidos del sur de Buenos Aires.
- El único departamento que ha podido analizarse en la provincia de Chaco pertenece también al mismo grupo.

## Girasol

Se repitió el análisis de clústers para los 85 departamentos con datos completos de rendimiento de girasol, iniciando con  $k=5$  y llegando hasta  $k=8$ , valor con el que aparecen departamentos aislados. La cantidad de elementos por clúster se puede ver en el Cuadro 6.

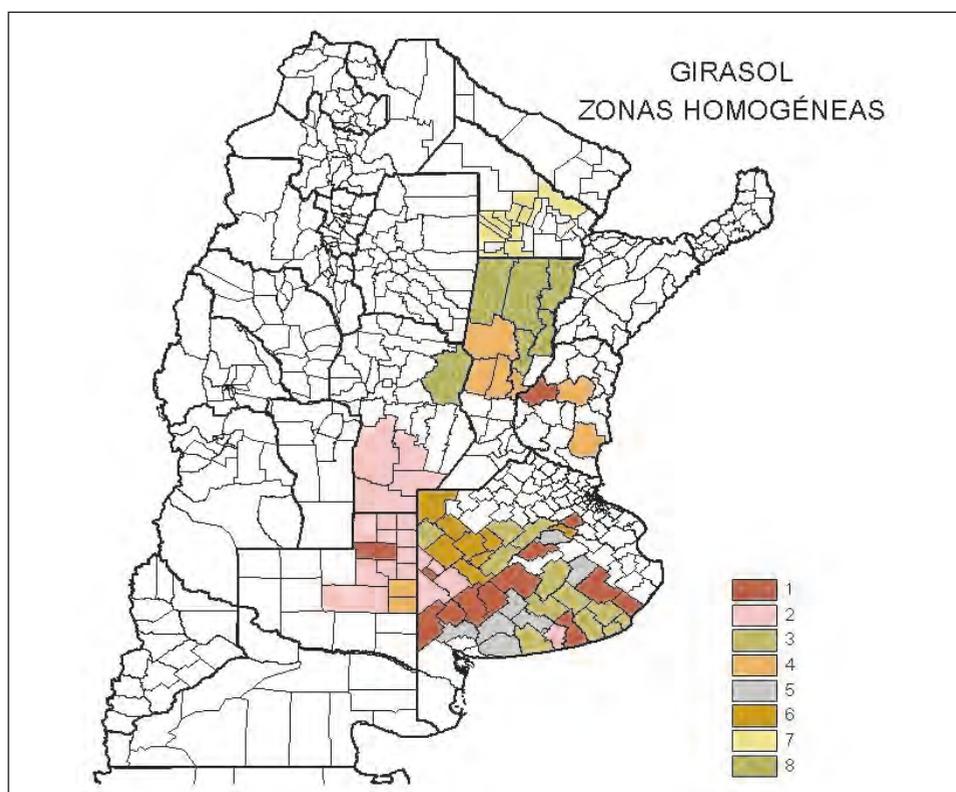
**Cuadro 6.**

Elementos (cantidad de departamentos) en cada clúster correspondiente a la clasificación de los rendimientos de GIRASOL

CLÚSTER	ELEMENTOS
1	13
2	19
3	12
4	8
5	7
6	8
7	12
8	6

Este es el cultivo que mayores dificultades presentó para la determinación de zonas homogéneas: se disponía de menos elementos para clasificar y las áreas homogéneas que determinó el método (incluso con pocos clústers) presentaron distribuciones geográficamente inconexas. En la Figura 16 se puede ver el resultado de la mejor clasificación hallada, que de todas formas muestra características diferentes a los otros casos analizados.

Llama la atención que no se hayan incluido en la clasificación departamentos con altos valores de rendimiento (zona núcleo, ver **Anexo I**). En las últimas campañas el cultivo girasol ha sido reemplazado en esta zona por soja, llevando la superficie sembrada a valores muy bajos, razón por la cual no se dispone de datos en algunas campañas recientes y no se ha podido incluir estos departamentos en el análisis.



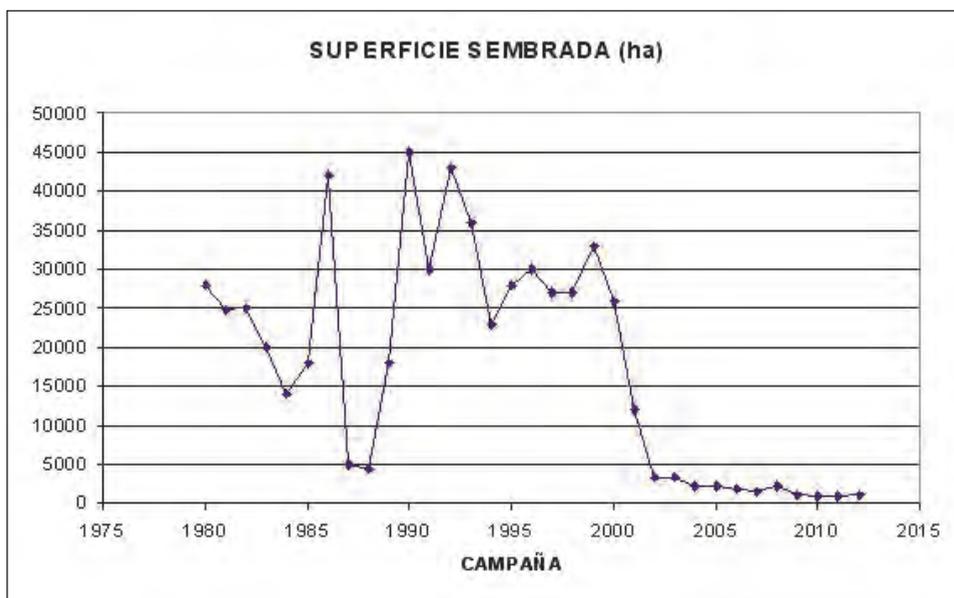
**Figura 16. Zonas homogéneas de departamentos de los rendimientos de girasol.**

Como ejemplo de la variabilidad en la superficie sembrada de girasol, incluso en la zona núcleo para este cultivo, y la disminución de la misma en los últimos años, se muestra en la Figura 17 la evolución de la superficie sembrada en el departamento Marcos Juárez, ubicado en el sudeste de la provincia de Córdoba.

### **Soja de primera**

Se repitió el análisis de clústers para los 158 departamentos con datos completos de rendimiento de soja de primera, iniciando con  $k=5$  y llegando

hasta  $k=9$ , valor con el que aparecen departamentos aislados. La cantidad de elementos por clúster se puede ver en el Cuadro 7.



**Figura 17. Evolución de la superficie sembrada con girasol en el departamento Unión, provincia de Córdoba.**

**Cuadro 7.**

Elementos (cantidad de departamentos) en cada clúster correspondiente a la clasificación de los rendimientos de SOJA DE PRIMERA

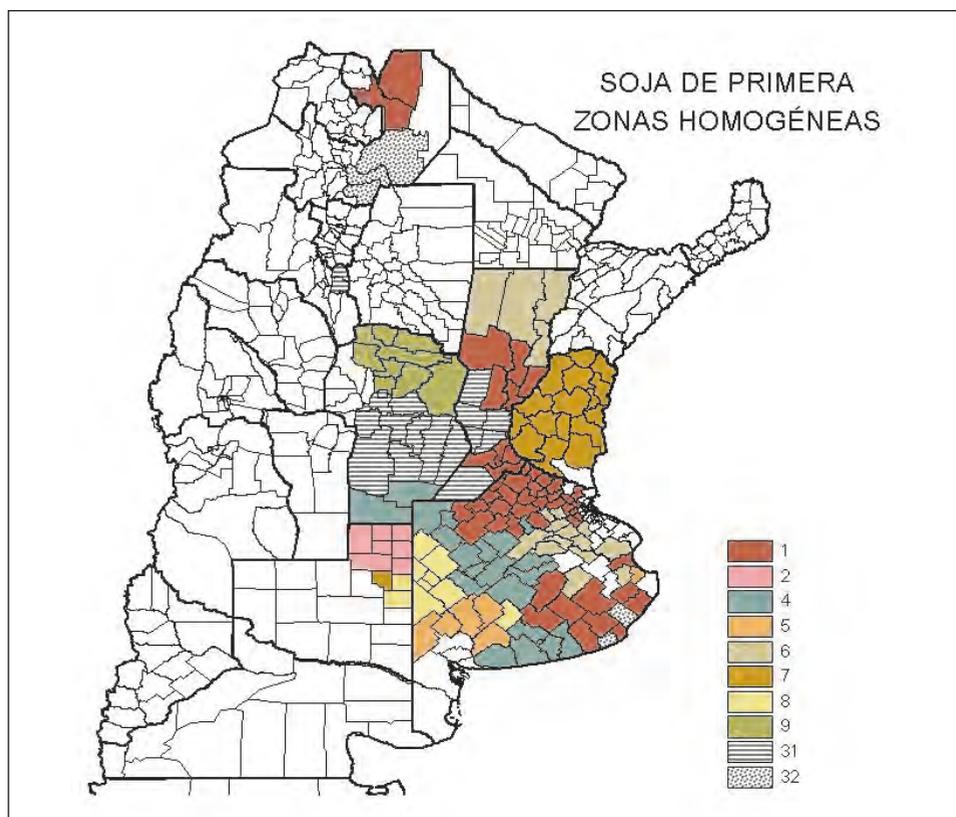
CLÚSTER	ELEMENTOS
1	50
2	7
3	23
4	20
5	6
6	17
7	17
8	10
9	8

El clúster 1 es el que más departamentos abarca (50) y presenta áreas inconexas: contiene el norte de la franja agrícola de Salta y departamentos de Santa Fe y Buenos Aires. Se ha intentado una reclasificación de esta zona, pero las correlaciones entre las subzonas obtenidas resultaron significativas (0.794), con lo cual no se ha considerado.

Lo mismo sucede con el clúster 6, que está integrado por departamentos del norte de Santa Fe y del noreste de Buenos Aires. La reclasificación arrojó como resultado dos subzonas con correlación significativa (0.766).

La zona 3 también está compuesta por dos áreas inconexas, una en Salta y otra en Córdoba - Santa Fe, que se clasifican como subzonas independientes en la reclasificación efectuada. En este caso sí se consideraron estas dos subzonas como clústers independientes.

Las zonas de comportamiento homogéneo de los rendimientos de soja de primera se pueden ver en la Figura 18.



**Figura 18. Zonas homogéneas de apartamientos de los rendimientos de soja de primera.**

Los resultados «no esperados» de la clasificación obtenida son dos:

- Al igual que en la clasificación para maíz, el departamento de Laprida, provincia de Buenos Aires, aparece aislado.
- El departamento Capital, provincia de La Pampa, aparece aislado y vinculado a la provincia de Entre Ríos.

## Soja de segunda

Se repitió el análisis de clústers para los 108 departamentos con datos completos de rendimiento de soja de segunda, iniciando con  $k=5$  y llegando hasta  $k=8$ , valor con el que aparecen departamentos aislados. La cantidad de elementos por clúster se puede ver en el Cuadro 8.

**Cuadro 8.**  
Elementos (cantidad de departamentos) en cada clúster correspondiente a la clasificación de los rendimientos de SOJA DE SEGUNDA

CLÚSTER	ELEMENTOS
1	11
2	14
3	17
4	32
5	6
6	15
7	8
8	5

El clúster 4 es el que más departamentos abarca (32) pero se trata de departamentos de menores dimensiones y no se trata de un área inconexa.

Los clústers 1, 3 y 7 muestran una geografía inconexa, pero sus reclasificaciones no arrojan resultados estadísticamente independientes, por lo que se ha mantenido la clasificación original, sin subzonas.

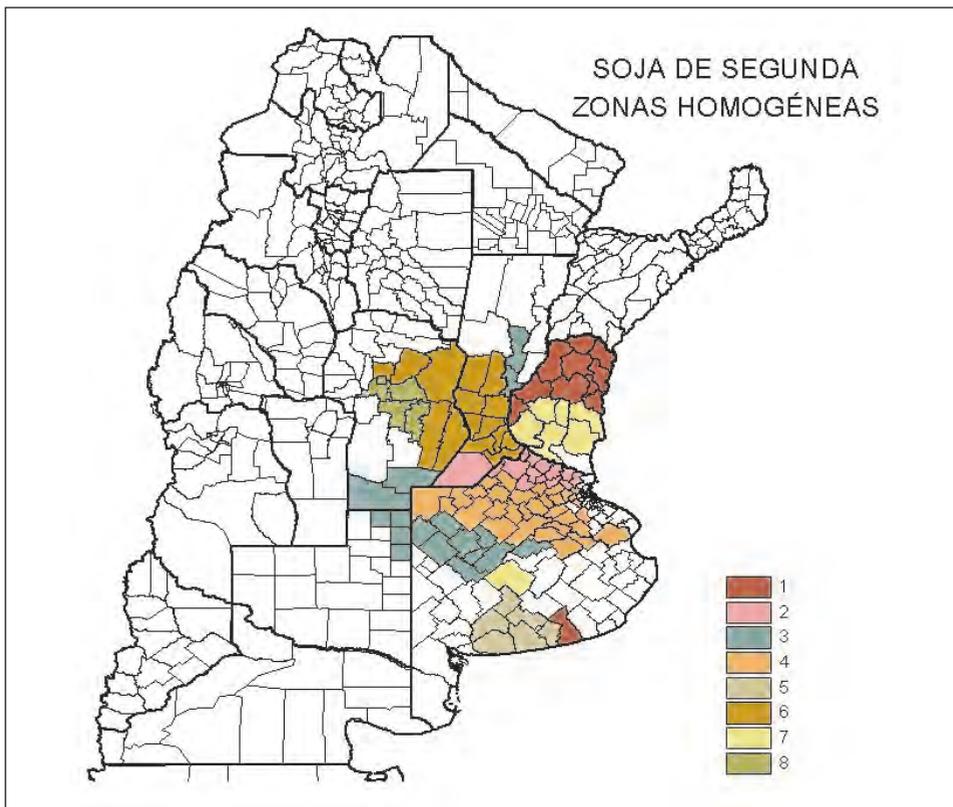
Las zonas de comportamiento homogéneo de los rendimientos de soja de segunda se pueden ver en la Figura 19.

Los resultados «no esperados» de la clasificación obtenida son tres:

- El partido bonaerense de San Cayetano se vincula al norte de Entre Ríos (zona 1).
- El partido bonaerense de Olavarría se vincula al sur de Entre Ríos (zona 7).
- Dos departamentos de Santa Fe se vinculan a un área del centro-oeste de la región (zona 3).

### 3.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS CLÚSTERS HALLADOS

El método estadístico aplicado permite caracterizar los clústers o grupos homogéneos hallados mediante sus **series representativas**. Es decir, para cada uno de los grupos homogéneos se halla una serie «promedio» o «representativa» del conjunto. En este caso, se trata de series representativas de apartamientos porcentuales de rendimientos, con respecto a la tendencia.



**Figura 19. Zonas homogéneas de apartamientos de los rendimientos de soja de segunda.**

En este ítem se mostrarán Cuadros las series representativas de apartamientos porcentuales correspondientes a cada clúster y cultivo.

Una vez determinadas las series representativas de los grupos homogéneos, pueden emplearse las mismas como **características del comportamiento del grupo en su conjunto**. Esto permite analizar las correlaciones entre los apartamientos porcentuales de los distintos grupos y ver de esta manera cuáles se hallan correlacionados en forma significativa, a pesar de no mostrar un comportamiento suficientemente similar como para pertenecer a un único grupo. También permite evaluar **cuáles son los grupos más independientes entre sí** (menos correlacionados), lo cual resulta interesante para la identificación de áreas óptimas para la diversificación del riesgo. En este ítem se mostrarán Cuadros que muestran el grado de independencia entre cada par de clústers.

También podrán utilizarse estas series representativas para hallar **relaciones entre bajos rendimientos y factores climáticos adversos**, a fin de identificar posibles índices o parámetros climáticos asegurable en

cada una de las zonas homogéneas. Las mismas también podrán servir para **evaluar impacto de El Niño o La Niña** en cada área, u otros factores de gran escala.

Los coeficientes de correlación hallados pueden utilizarse en **modelos Montecarlo de simulación conjunta de portafolios de multirriesgo**, precisamente para considerar el efecto de la diversificación en el negocio analizado.

## Maíz

Se han hallado inicialmente las series de apartamientos porcentuales en los rendimientos de maíz representativas de cada clúster. Las mismas se pueden ver en el **Cuadro 9**, al pie del cual también se muestran las desviaciones estándar y los casos con rendimientos de más del **30% por debajo del valor esperado** (apartamientos porcentuales menores que -0.3), es decir, campañas «malas». Los apartamientos porcentuales inferiores a -30% fueron resaltados.

Como se puede ver en el Cuadro 9, los mayores valores de desvío estándar y número de campañas malas pertenecen al departamento Laprida (zona 2), en la provincia de Buenos Aires, que es el que ha quedado aislado en la clasificación de clústers. No hay que descartar que el hecho se deba a errores en la serie de datos de rendimiento de maíz.

Siguen a este caso las zonas homogéneas Buenos Aires Sur y La Pampa Sur, con 14 campañas malas y desviaciones estándar de 66.5% y 88.8%, respectivamente.

En el extremo contrario se hallan las zonas homogéneas 31, 32 y 9, que presentan el menor número de campañas con rendimientos muy bajos y los menores valores de desviación estándar.

Las series representativas permiten ahora trabajar con 13 series en vez de las 162 series departamentales, asumiendo que **los rendimientos dentro de cada clúster serán a la vez altos o bajos en la misma proporción**. Esto no significa que los rendimientos esperados en los departamentos dentro del mismo clúster sean iguales, significa que serán buenos en todos los departamentos, o malos en todos, y aproximadamente en la misma magnitud.

En la Figura 19 se muestran a modo de ejemplo los apartamientos porcentuales de 6 departamentos del norte de la provincia de Santa Fe que han quedado clasificados dentro del mismo clúster (31), en distintos tonos de grises. Como se puede apreciar, los apartamientos porcentuales tienen un comportamiento comparable, hallándose en general a la vez por encima o por debajo del cero. Esto es lo que determina que formen parte del mismo grupo homogéneo.

### Cuadro 9.

Series de apartamentos porcentuales de rendimientos de maíz representativas de cada zona homogénea

MAIZ	1	2	31	32	33	34	4	5	6	7	8	9	10
1980	-1,000	-1,000	0,223	-0,274	-0,291	0,284	-0,558	-1,000	0,686	-0,046	-0,688	-0,152	-0,771
1981	-0,222	-1,000	-0,353	0,183	0,365	-0,202	-0,018	0,204	0,977	0,145	-0,462	0,724	0,027
1982	-0,630	-1,000	0,029	0,117	0,261	-0,134	-0,342	-0,379	0,390	-0,228	-0,701	0,171	-0,352
1983	-0,598	-1,000	-0,045	0,067	0,266	-0,162	-0,146	-0,471	0,156	-0,202	-0,563	-0,080	0,069
1984	-0,414	0,315	-0,157	0,033	0,344	-0,080	-0,071	-0,094	0,471	0,359	-0,477	-0,064	0,080
1985	0,267	0,973	0,155	0,295	0,306	0,112	-0,031	2,438	0,886	0,632	0,326	0,025	0,177
1986	0,039	0,644	-0,187	0,177	-0,514	0,305	-0,377	-0,394	1,195	0,855	0,119	0,072	0,172
1987	-0,425	-0,737	0,022	0,134	-0,160	-0,342	-0,356	-1,000	0,424	0,593	-0,351	-0,203	-0,270
1988	0,157	0,841	0,204	0,155	0,078	-0,180	-0,201	-1,000	0,188	0,099	0,186	0,047	0,379
1989	-0,740	-1,000	-0,460	-0,680	-0,532	-0,698	-0,320	-1,000	-0,438	-0,362	-0,431	-0,473	0,287
1990	1,081	2,288	-0,049	-0,517	0,005	-0,662	-0,167	-1,000	-0,487	-0,415	0,311	-0,174	0,743
1991	0,205	0,381	-0,076	0,247	-0,088	-0,039	0,520	0,846	-0,051	0,340	0,580	0,036	0,020
1992	0,412	-0,211	0,299	0,222	0,142	0,420	0,486	1,495	0,862	1,893	0,054	0,075	0,175
1993	-0,411	-0,737	0,449	0,278	0,080	0,047	0,341	0,459	0,087	0,476	0,066	0,002	-0,305
1994	0,962	1,630	0,098	0,280	0,054	0,199	0,745	0,646	-0,477	-0,176	0,380	-0,058	-0,144
1995	1,109	1,630	-0,031	-0,197	-0,430	-0,516	0,465	-1,000	-0,242	-0,326	0,352	0,087	0,071
1996	-0,084	0,841	0,149	-0,492	-0,093	-0,618	-0,630	-1,000	-0,718	-0,722	0,228	-0,169	-0,175
1997	1,304	1,959	0,066	-0,478	-0,013	-0,226	0,787	-1,000	-0,748	-0,490	0,542	-0,002	0,233
1998	1,510	2,551	0,010	0,089	0,144	0,056	0,963	0,502	-0,593	-0,278	1,246	0,307	0,349
1999	-0,772	-0,562	-0,179	-0,274	-0,654	-0,127	-0,352	-0,277	-0,778	-0,624	0,273	0,110	-0,317
2000	-0,013	-0,507	0,206	0,204	0,270	0,301	1,234	0,674	-0,418	-0,051	0,226	-0,190	0,074
2001	-0,419	-0,671	-0,153	0,145	0,085	0,725	0,493	0,401	-0,454	-0,673	0,389	-0,024	-0,009
2002	-0,493	-0,605	0,167	0,161	0,497	0,687	-0,130	0,823	-0,664	-0,616	0,268	-0,052	0,012
2003	-0,151	-0,123	0,103	0,127	0,543	-0,136	-0,335	0,311	-0,651	-0,542	0,050	0,079	-0,088
2004	0,442	0,140	0,165	-0,075	-0,067	0,425	-0,233	0,814	-0,395	-0,273	0,474	0,141	0,292
2005	-0,304	-0,562	0,020	0,427	-0,193	1,280	0,570	0,634	1,247	1,552	0,029	0,173	-0,090
2006	-0,563	-1,000	-0,062	-0,113	-0,143	-0,073	-0,505	-0,004	0,541	0,023	-0,237	-0,090	-0,082
2007	-0,278	-0,211	0,139	0,384	0,390	-0,075	-0,347	0,256	0,855	0,751	-0,241	0,250	-0,316
2008	0,318	-0,605	-0,077	-0,087	0,117	-0,109	-0,295	0,999	0,338	-0,371	-0,295	0,001	-0,195
2009	-1,000	-1,000	-0,725	-0,209	-0,268	-0,779	-0,715	-1,000	-0,270	-0,573	-0,780	-0,455	-0,671
2010	-0,307	-1,000	0,094	0,122	0,212	-0,368	-0,283	-0,726	0,350	-0,445	-0,741	0,232	0,171
2011	0,565	-0,662	0,156	-0,255	-0,402	-0,450	-0,229	-1,000	0,104	-0,295	-0,375	-0,129	0,436
AP < -0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DESV EST	0,665	1,072	0,227	0,282	0,309	0,445	0,500	0,888	0,619	0,629	0,471	0,219	0,312

En la misma Figura 19, en color naranja, en una línea más gruesa, se puede ver la serie representativa de apartamentos porcentuales del clúster 31. La misma es un promedio de los apartamentos porcentuales del grupo (no sólo de los 6 departamentos tomados como ejemplo) y representa las oscilaciones de los miembros de todo grupo homogéneo.

De la misma forma, en la Figura 20 se muestran a modo de ejemplo los apartamentos porcentuales de 6 departamentos del centro de la provincia de Buenos Aires que han quedado clasificados dentro del mismo clúster (10), en distintos tonos de grises. Como se puede apreciar, los apartamentos porcentuales también tienen un comportamiento comparable, lo que determina que formen parte del mismo grupo homogéneo.

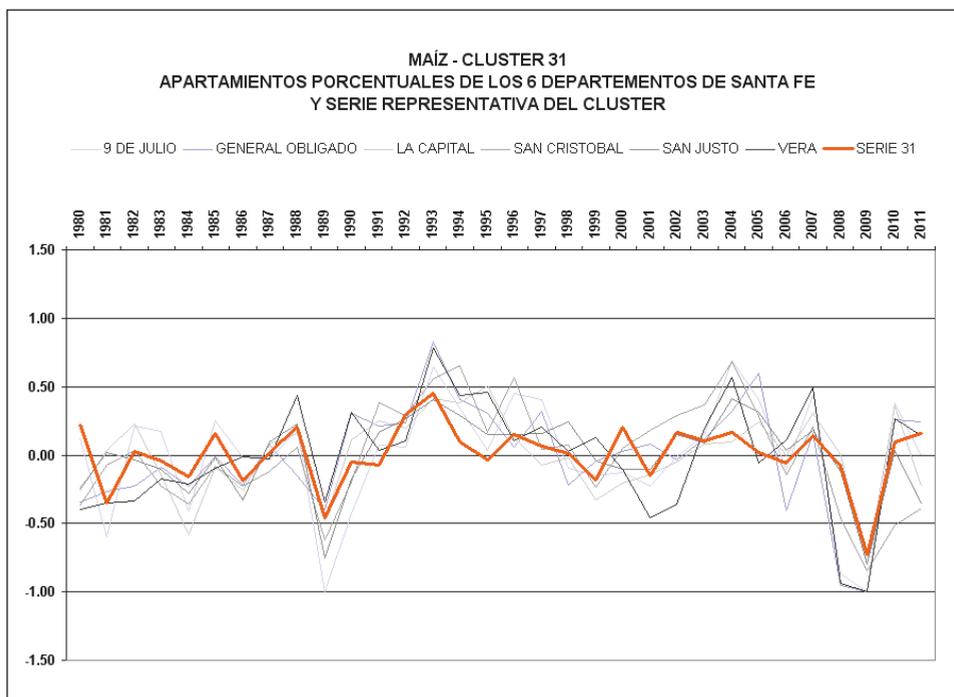
En la misma Figura 20, en color verde, en una línea más gruesa, se puede ver la serie representativa de apartamentos porcentuales del clúster 10. La misma es un promedio de los apartamentos porcentuales del grupo (no sólo

de los 6 departamentos tomados como ejemplo) y representa las oscilaciones de los miembros de todo grupo homogéneo.

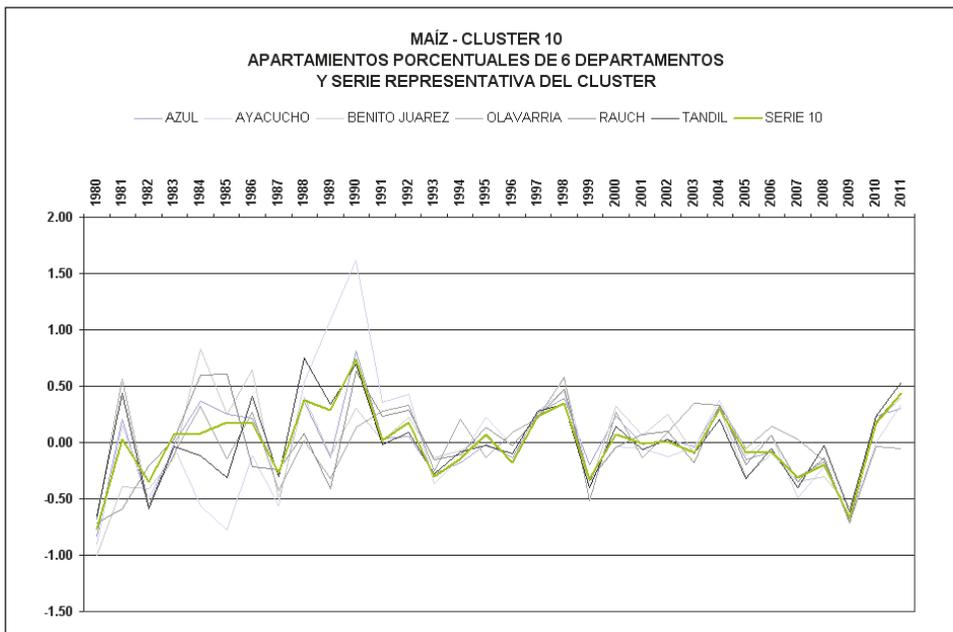
La Figura 21 reúne en un mismo gráfico las dos series representativas citadas, las que se mostraron en las Figuras 19 y 20. Se puede ver que en general no se obtienen a la vez valores positivos o negativos de apartamientos porcentuales. Sólo en la campaña 2008-2009, una campaña catastrófica para la producción maicera argentina, ambos clústers obtuvieron a la vez resultados igualmente bajos.

El grado de independencia entre los clústers puede medirse a través del coeficiente de correlación entre sus series representativas. Por ejemplo, por lo que se puede apreciar a simple vista en la Figura 20, el coeficiente de correlación entre las series representativas de los clústers 31 y 10 obtenidos para maíz, debería ser cercano a cero (no significativo).

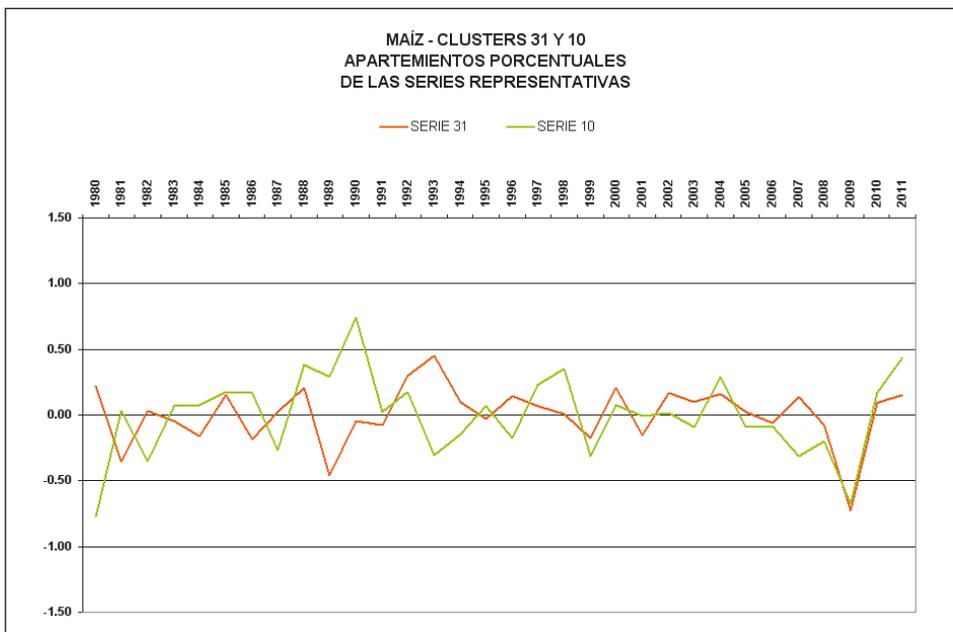
Se calcularon los coeficientes de correlación entre las series representativas de todos los clústers, los cuales se muestran en el **Cuadro 10**. Teniendo en cuenta la cantidad de datos de las series y considerando un nivel de significancia del 99% ( $\alpha=0.01$ ), resultan significativos los coeficientes de módulo mayor que 0.434, los cuales fueron resaltados.



**Figura 20. Apartamientos porcentuales de maíz en 6 departamentos del norte de la provincia de Santa Fe y la serie representativa del clúster 31 al que pertenecen.**



**Figura 21. Apartamentos porcentuales de maíz en 6 departamentos del centro de la provincia de Buenos Aires y la serie representativa del clúster 10 al que pertenecen.**



**Figura 22. Serie representativa de los clústers 31 y 10 de la clasificación obtenida para maíz.**

**Cuadro 10.**

Correlación entre las series de apartamentos porcentuales de rendimientos de maíz representativas de cada zona homogénea

MAIZ	1	2	31	32	33	34	4	5	6	7	8	9	10
1	1,000	0,855	0,271	-0,072	0,037	-0,059	0,566	0,130	-0,254	-0,015	0,692	0,226	0,632
2		1,000	0,159	-0,146	-0,005	-0,117	0,422	0,014	-0,325	-0,069	0,741	0,092	0,507
31			1,000	0,328	0,334	0,363	0,275	0,295	0,050	0,257	0,287	0,183	0,109
32				1,000	0,523	0,616	0,333	0,632	0,495	0,575	0,081	0,500	-0,145
33					1,000	0,212	0,181	0,473	0,057	0,042	0,001	0,370	0,064
34						1,000	0,418	0,614	0,287	0,453	0,295	0,299	-0,075
4							1,000	0,392	-0,182	0,202	0,620	0,208	0,303
5								1,000	0,214	0,410	0,367	0,329	0,037
6									1,000	0,775	-0,449	0,345	-0,149
7										1,000	-0,036	0,235	0,001
8											1,000	0,182	0,434
9												1,000	0,113
10													1,000

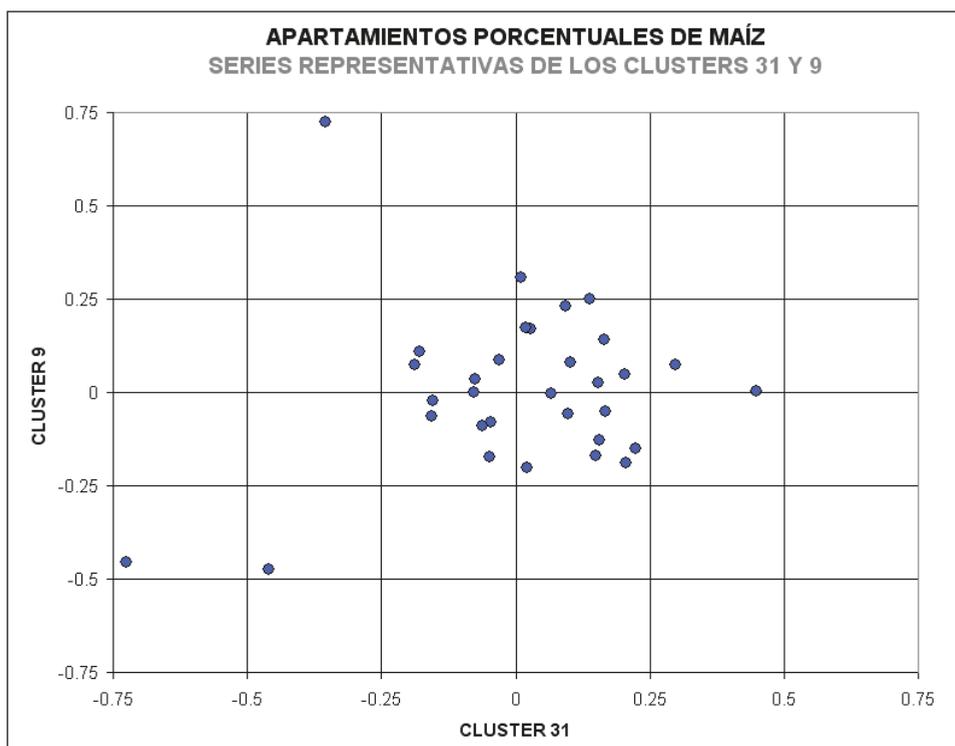
La mayor correlación obtenida es de 0.855, entre el clúster Buenos Aires Sur y el clúster unitario Laprida, que son limítrofes (clústers 1 y 2). Esto se ponía preliminarmente en evidencia en el Cuadro 9, al ver la disposición casi equivalente de campañas malas. Ambas zonas muestran también una alta correlación positiva con la zona Buenos Aires Sudoeste. Se propone considerar al partido Laprida como integrante del clúster 1.

Dentro del Cuadro 10 se ha recuadrado el sector que corresponden a la reclasificación efectuada de la zona Norte. Se puede ver que las cuatro subzonas no se hallan en general correlacionadas significativamente entre sí.

Más interesante aún, desde el punto de vista de la diversificación, es la consideración de las correlaciones cercanas a cero. Como ejemplo se puede citar el caso de la principal zona de cultivo correspondiente al clúster 9, con el clúster 31, integrado por los departamentos del norte de Santa Fe y Chaco.

Continuando con el ejemplo que se venía analizando, que consistía en la comparación de los clústers 31 y 10, se puede ver en el Cuadro 10 que el coeficiente de correlación entre ambas series representativas es no significativo ( $R = 0.109$ ).

En la Figura 22 se han graficado nuevamente las series representativas de los clústers 31 y 10, pero esta vez no como serie temporal sino una en cada eje cartesiano. Se puede ver todavía mejor de esta manera que los apartamentos porcentuales de ambos grupos homogéneos no muestran ninguna relación evidente entre sí. Esto significa que los resultados productivos en un clúster serán independientes de los resultados productivos en el otro.



**Figura 23. Serie representativa de los clústers 31 (eje horizontal) y 10 (eje vertical) de la clasificación obtenida para maíz.**

Se pueden ver en el Cuadro 10 dos valores de correlación que resultan significativos, aunque con  $\alpha=0.05$ , es decir  $r>0.311$ , y de signo negativo, pero entre zonas de alto riesgo para el cultivo de maíz. Es importante destacar que no se trata de la mayor distancia geográfica posible entre clústers, lo cual pone en evidencia que la relación entre los rendimientos no es necesariamente una función decreciente con la distancia, sino que depende de tipos de suelo y regiones climáticas, entre otros factores.

Otro detalle a recordar es que, si bien las zonas presentan diferencias importantes entre sí, pueden darse eventos catastróficos, como los de las campañas 1989 y 2009, en las que casi los apartamientos resultaron negativos en la mayor parte de las zonas, mostrando un comportamiento conjunto en la misma dirección.

## Trigo

Las series de apartamientos porcentuales en los rendimientos de trigo representativas de cada clúster se pueden ver en el **Cuadro 11**, al pie del cual también se muestran las desviaciones estándar y los casos con

rendimientos de más del 30% por debajo del valor esperado (apartamientos porcentuales menores que -0.3), es decir, campañas «malas». Los apartamientos porcentuales inferiores a -30% fueron resaltados.

**Cuadro 11.**

Series de apartamientos porcentuales de rendimientos de trigo representativas de cada zona homogénea

TRIGO	1	2	3	4	5	6	7
1980	0,292	-0,040	-0,250	0,019	-0,081	<b>-0,406</b>	-0,206
1981	<b>-0,599</b>	-0,286	-0,068	0,015	-0,227	-0,008	-0,233
1982	<b>-0,311</b>	-0,292	-0,187	-0,082	<b>-0,554</b>	-0,140	-0,027
1983	0,369	-0,048	0,259	0,153	0,318	0,230	-0,102
1984	0,090	0,272	0,010	0,009	0,130	0,196	0,101
1985	0,517	0,464	0,334	0,144	0,601	0,563	0,317
1986	-0,072	0,027	-0,111	<b>-0,383</b>	0,287	<b>-0,321</b>	0,202
1987	-0,002	-0,084	-0,138	-0,083	-0,111	0,146	-0,069
1988	0,100	0,121	0,242	-0,169	0,161	0,031	0,173
1989	-0,054	-0,025	0,125	-0,092	-0,110	0,347	-0,027
1990	-0,000	-0,201	0,091	-0,012	0,154	-0,024	0,206
1991	0,010	-0,043	0,012	0,020	-0,138	-0,105	0,270
1992	0,167	0,400	-0,011	-0,045	0,234	-0,135	-0,168
1993	-0,267	0,513	0,348	0,127	0,025	-0,020	0,726
1994	0,113	-0,006	-0,137	-0,133	0,105	-0,073	0,229
1995	0,081	-0,060	0,030	0,140	-0,119	0,090	0,225
1996	-0,216	<b>-0,424</b>	-0,000	0,045	<b>-0,446</b>	-0,181	<b>-0,527</b>
1997	-0,211	-0,115	0,069	0,208	-0,061	0,130	-0,132
1998	0,196	<b>-0,457</b>	0,100	0,058	0,682	0,268	<b>-0,505</b>
1999	0,118	0,098	0,209	0,117	-0,213	-0,054	0,398
2000	0,119	0,307	0,029	0,077	-0,166	0,033	0,015
2001	0,281	0,052	-0,157	-0,055	0,429	0,087	0,072
2002	-0,046	-0,061	<b>-0,390</b>	<b>-0,362</b>	0,445	-0,057	-0,095
2003	0,076	-0,140	<b>-0,302</b>	<b>-0,356</b>	0,369	<b>-0,387</b>	-0,020
2004	<b>-0,354</b>	0,108	0,037	0,016	-0,013	0,137	0,034
2005	0,206	-0,065	0,037	0,072	0,513	0,058	-0,201
2006	-0,152	0,100	0,101	0,107	<b>-0,464</b>	0,103	0,128
2007	-0,156	-0,170	0,076	0,118	-0,052	0,131	-0,239
2008	0,427	0,247	0,080	0,013	0,317	<b>-0,353</b>	0,049
2009	-0,275	<b>-0,497</b>	<b>-0,462</b>	-0,282	<b>-0,613</b>	-0,165	<b>-0,324</b>
2010	<b>-0,458</b>	-0,213	0,246	-0,053	<b>-0,509</b>	0,018	-0,224
2011	0,323	0,347	0,152	0,144	0,242	0,193	0,729
2012	0,230	0,162	0,030	0,022	-0,011	0,111	0,188
<b>AP &lt; -0.3</b>	<b>0</b>						
<b>DESV EST</b>	<b>0,260</b>	<b>0,252</b>	<b>0,192</b>	<b>0,153</b>	<b>0,335</b>	<b>0,210</b>	<b>0,285</b>

Los mayores valores de desvío estándar y número de campañas malas pertenecen a la zona 5 (suroeste de Buenos Aires), con 5 campañas malas y un desvío estándar del 33.5%. Siguen a este caso las zonas homogéneas 1 (oeste) y 6 (sudeste de Buenos Aires), con 4 campañas malas y desviaciones estándar de 26% y 21%, respectivamente.

Se observa una diferencia entre los desvíos estándar en los apartamientos de los rindes de trigo, con respecto a los mostrados anteriormente para maíz. Los rendimientos de trigo muestran mayor estabilidad, es decir, menores desviaciones porcentuales que los de maíz, con la consecuente disminución en el número de campañas malas.

Se calcularon los coeficientes de correlación entre las series representativas de todos los clústers, los cuales se muestran en el Cuadro 12. Teniendo en cuenta la cantidad de datos de las series y considerando un nivel de significancia del 99% ( $\alpha=0.01$ ), resultan significativos los coeficientes de módulo mayor que 0.465, los cuales fueron resaltados.

Se observan algunos casos de correlación muy baja, como por ejemplo la zona 5 (sudeste de Buenos Aires) con las zonas 3 (Entre Ríos y departamentos del sur de Santa fe y noreste de Buenos Aires) y 4 (núcleo). Es interesante desde el punto de vista de la diversificación que la correlación entre las zonas 2 (este de Córdoba) y 4 (núcleo) no sea significativa.

**Cuadro 12.**

Correlación entre las series de apartamientos porcentuales de rendimientos de trigo representativas de cada zona homogénea

TRIGO	1	2	3	4	5	6	7
1	1,000	0,458	0,164	0,173	0,670	0,151	0,256
2		1,000	0,455	0,267	0,338	0,211	0,709
3			1,000	0,677	0,131	0,547	0,386
4				1,000	-0,057	0,498	0,167
5					1,000	0,214	0,142
6						1,000	0,136
7							1,000

### Soja de primera

Las series de apartamientos porcentuales en los rendimientos de soja de primera representativas de cada clúster se pueden ver en el **Cuadro 13**, al pie del cual también se muestran las desviaciones estándar y los casos con rendimientos de más del 20% por debajo del valor esperado (apartamientos porcentuales menores que -0.2), es decir, campañas «malas». Los apartamientos porcentuales inferiores a -20% fueron resaltados.

Si bien para este cultivo, la cantidad de años con registros disponibles de rendimientos departamentales es mucho menor, se puede observar que la frecuencia de casos con pérdidas de rendimientos superiores al 30% ( $AP < -0.3$ ) es muy baja en la mayoría de los clústers analizados, sólo 1 ó 2 casos en la serie de 12 años analizada. Asimismo, la mayor parte de las zonas presentan un desvío estándar menor al 20%, diferenciándose sólo el noreste de La Pampa (zona 2) y el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (zona 5), con desvío estándar del 41,4% y 33,4% respectivamente.

La zona 31, que abarca el centro de Córdoba y este de Santa Fe, se presenta como la más favorable para este cultivo en cuanto a su estabilidad, con una desviación en sus apartamientos porcentuales de 10.9% y ningún caso de pérdidas mayores al 20% del rendimiento esperado.

Se calcularon los coeficientes de correlación entre las series representativas de todos los clústers, los cuales se muestran en el Cuadro 14. Teniendo en cuenta la cantidad de datos de las series y considerando un nivel de significancia del 99% ( $\alpha=0.01$ ), resultan significativos los coeficientes de módulo mayor que 0.726, los cuales fueron resaltados. Las zonas más correlacionadas resultaron ser la 1 y la 6, que juntas configuran un corredor que va desde el norte de Santa Fe hasta el sudeste de Buenos Aires.

**Cuadro 13.**

Series de apartamientos porcentuales de rendimientos de soja de primera representativas de cada zona homogénea

SOJA DE PRIMERA	1	2	31	32	4	5	6	7	8	9
2001	-0,040	0,041	0,044	0,028	-0,158	0,170	-0,033	0,321	-0,026	0,192
2002	-0,039	0,226	0,019	0,033	0,025	0,105	-0,125	-0,043	0,158	0,355
2003	0,019	0,178	0,001	-0,082	0,024	<b>-0,290</b>	0,100	0,126	-0,020	0,440
2004	0,037	0,042	-0,135	<b>-0,213</b>	0,009	-0,178	0,094	-0,198	-0,116	<b>-0,368</b>
2005	-0,007	0,525	0,087	<b>-0,307</b>	0,307	0,250	0,105	0,009	0,375	<b>-0,211</b>
2006	0,084	-0,064	0,029	0,180	0,064	0,150	0,155	-0,103	0,001	0,069
2007	0,128	0,098	0,133	0,131	0,084	0,329	0,395	0,171	-0,056	0,311
2008	0,113	0,128	0,185	0,135	0,098	0,442	-0,146	0,026	0,092	0,100
2009	<b>-0,482</b>	<b>-0,572</b>	-0,096	0,347	<b>-0,517</b>	<b>-0,767</b>	<b>-0,716</b>	<b>-0,656</b>	<b>-0,615</b>	<b>-0,376</b>
2010	0,165	<b>-0,926</b>	-0,013	0,127	0,169	<b>-0,287</b>	0,310	0,224	0,063	-0,122
2011	0,089	-0,199	-0,026	0,020	-0,105	-0,123	0,120	0,089	-0,183	<b>-0,205</b>
2012	-0,071	0,523	-0,199	<b>-0,413</b>	0,006	0,041	<b>-0,266</b>	0,035	0,330	-0,184
AP < -0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DESV EST	0,169	0,414	0,109	0,218	0,202	0,334	0,293	0,251	0,255	0,283

Se observan clústers con correlación negativa, aunque no significativa, como por ejemplo las zonas 2, 4 y 8, todas asociadas a la zona 32 (norte de la franja agrícola de Salta).

### Soja de segunda

En el caso de **soja de segunda**, el análisis de las series representativas también indica una baja variabilidad de los rendimientos, excepto en los departamentos del sur de la provincia de Buenos Aires con alto riesgo de heladas en etapa de floración (clúster 5), donde se observan 3 campañas «malas» en los doce años analizados y un desvío estándar del 46.4%.

**Cuadro 14.**

Correlación entre las series de apartamentos porcentuales de rendimientos de soja de primera representativas de cada zona homogénea

SOJA DE PRIMERA	1	2	31	32	4	5	6	7	8	9
1	1,000	0,105	0,438	-0,191	0,797	0,626	0,890	0,771	0,544	0,358
2		1,000	0,099	-0,697	0,375	0,612	0,012	0,191	0,629	0,272
31			1,000	0,376	0,410	0,643	0,393	0,388	0,186	0,557
32				1,000	-0,472	-0,248	-0,145	-0,279	-0,693	0,173
4					1,000	0,654	0,731	0,594	0,840	0,247
5						1,000	0,450	0,578	0,687	0,436
6							1,000	0,717	0,392	0,342
7								1,000	0,589	0,534
8									1,000	0,249
9										1,000

Se calcularon los coeficientes de correlación entre las series representativas de todos los clústers, los cuales se muestran en el Cuadro 16. Teniendo en cuenta la cantidad de datos de las series y considerando un nivel de significancia del 99% ( $\alpha=0.01$ ), resultan significativos los coeficientes de módulo mayor que 0.726, los cuales fueron resaltados. Las zonas más correlacionadas resultaron ser la 2 y la 4, que juntas conforman la zona núcleo.

**Cuadro 15.**

Series de apartamentos porcentuales de rendimientos de soja de segunda representativas de cada zona homogénea

SOJA DE SEGUNDA	1	2	3	4	5	6	7	8
2001	0,260	0,076	-0,172	-0,151	-0,009	0,088	0,246	0,251
2002	0,155	-0,011	0,029	-0,003	-0,155	-0,041	0,203	0,053
2003	0,119	0,191	-0,006	0,277	0,272	0,242	0,154	-0,135
2004	-0,042	-0,140	-0,131	-0,029	-0,167	-0,281	-0,190	-0,167
2005	0,158	0,081	0,415	0,248	0,876	0,019	0,156	0,194
2006	-0,286	0,012	0,177	0,125	-0,413	0,032	0,012	0,069
2007	0,175	0,186	0,270	0,235	0,178	0,264	0,216	0,272
2008	0,114	0,027	-0,091	0,112	-0,510	-0,054	-0,052	-0,286
2009	-0,740	-0,392	-0,430	-0,735	-0,799	0,017	-0,363	0,087
2010	0,047	0,092	0,091	0,222	0,575	0,121	-0,180	0,048
2011	-0,085	0,086	-0,142	-0,040	0,208	-0,323	-0,158	-0,146
2012	0,125	-0,208	-0,009	-0,262	-0,032	-0,083	-0,044	-0,239
AP < -0.2	0	0	0	0	0	0	0	0
DESV EST	0,275	0,170	0,223	0,287	0,464	0,178	0,197	0,190

En este caso no se observan correlaciones negativas, pero sí algunos valores bajos que aseguran independencia estadística, como entre las zonas 4 (norte de Buenos Aires) y 8 (centro de Córdoba) y entre esta última y la zona 1 (norte de Entre Ríos).

### Cuadro 16.

Correlación entre las series de apartamientos porcentuales de rendimientos de soja de segunda representativas de cada zona homogénea

SOJA DE SEGUNDA	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1,000	0,688	0,519	0,666	0,598	0,188	0,744	0,018
2		1,000	0,610	0,884	0,637	0,411	0,668	0,233
3			1,000	0,783	0,676	0,365	0,580	0,350
4				1,000	0,647	0,314	0,548	0,055
5					1,000	0,207	0,390	0,258
6						1,000	0,504	0,542
7							1,000	0,440
8								1,000

### Girasol

La obtención de clústers para este cultivo presenta resultados no esperados al agrupar en zonas homogéneas departamentos dispersos geográficamente y con gran diversidad climática y edáfica. Esto se debe posiblemente a que la serie de datos sobre la cual se calcula la estadística no es homogénea ya que, a lo largo de la serie de años analizados, la producción de este cultivo ha perdido relevancia, por lo que la superficie sembrada se ha reducido drásticamente siendo relegada a zonas marginales.

## 4. CONCLUSIONES

La producción de cereales y oleaginosas en la Argentina se extiende en una amplia región que abarca diversos climas y tipos de suelos. La mayor parte de los cultivos se realiza en condiciones de secano, de allí que la producción de granos está altamente influenciada por la cantidad y distribución de las precipitaciones, teniendo gran importancia las del semestre cálido (octubre a marzo) donde las etapas fenológicas de los cultivos tienen mayor demanda hídrica. Otro factor climático relevante son las heladas tardías, es decir aquellas que se producen en la primavera y pueden ocasionar también pérdidas diversas en cultivos en floración.

La principal fuente de información para evaluar el impacto de estos factores de riesgo climático sobre la producción de cereales y oleaginosas, es la base de datos de estadísticas de producción agrícola del MAGyP, desagregada a nivel de departamentos para todas las provincias del país, ya que son escasos los productores que tienen documentados sus registros productivos.

Por esta razón, y teniendo en cuenta que las empresas aseguradoras utilizan esta información para establecer los rendimientos garantizados de referencia en los seguros multirriesgo, se ha utilizado la misma para la aplicación del método de clústers para la obtención de zonas homogéneas de rendimiento.

Mediante el método k-means se obtuvieron zonas homogéneas respecto al comportamiento de los rendimientos de cada cultivo. Es decir que, dentro de cada zona homogénea integrada por varios departamentos, puede esperarse que una adversidad climática impacte en los rendimientos en forma similar.

Con algunas excepciones, las zonas homogéneas están compuestas por departamentos aledaños entre sí, indicando que difícilmente un productor de la zona pueda diversificar sus riesgos de producción dentro de la misma, especialmente en lo que respecta a riesgos de tipo sistémico como las sequías, donde es altamente probable que los rendimientos caigan simultáneamente en todos los departamentos que la integran.

Asimismo, cada zona homogénea obtenida mediante el método estadístico utilizado, es caracterizada por una serie representativa de los rendimientos de cada cultivo. Algunas de las aplicaciones del análisis de estas series:

- Permite evaluar la variabilidad de los rendimientos de cada cultivo en la zona homogénea (a mayor desvío estándar, mayor riesgo) como así también la frecuencia de campañas «malas» en las que los mismos cayeron

por debajo de un umbral crítico predefinido. Si bien en el trabajo se calculó la cantidad de veces que los rendimientos cayeron por debajo del 30% del valor esperado, pueden establecerse diversos umbrales más o menos catastróficos.

En el caso del **maíz**, las zonas homogéneas Buenos Aires Sur y La Pampa Sur, que presentan la mayor cantidad de casos con apartamientos de los rindes inferiores a -30% y desviaciones estándar de 66.5% y 88.8%, respectivamente, coinciden con las zonas de mayor probabilidad de estrés hídrico en floración identificadas en los mapas de riesgo.

Estas zonas de mayor riesgo, conjuntamente con el sur y sudoeste de la provincia de Buenos Aires (con una alta correlación entre las series representativas), que se encuentran en el límite de la isoyeta de 500 mm en el semestre cálido, presentan además suelos menos profundos y con mayor contenido de arena que incrementa el riesgo de estrés en floración en un cultivo de alta demanda como el maíz.

En el extremo contrario, la menor variabilidad hallada corresponde a las zonas homogéneas Norte 1 y Núcleo, zonas tradicionales del cultivo de maíz y soja en Argentina, donde se identifican los suelos de mayor productividad y menor riesgo de sequía

Al analizar las series representativas de maíz y soja, se puede resaltar que la sequía de la campaña 2008-09 tuvo indiscutiblemente características sistémicas, al producir simultáneamente pérdidas significativas de rendimientos en la mayor parte de las regiones productivas del país.

En el caso del **trigo**, los rendimientos son en general más estables que los del maíz, por lo que se puede observar una menor frecuencia de casos donde los rendimientos caen por debajo del 30% con respecto al rendimiento esperado, excepto en la región sudoeste y oeste de Buenos Aires, donde la mayor variabilidad coincide también con los resultados del mapa de riesgo de estrés hídrico elaborado por la ORA.

- Los seguros multirriesgo actualmente difundidos en Argentina, suelen garantizar un nivel de rendimiento equivalente al 60-70% del rendimiento promedio del departamento en los últimos años. De allí que la frecuencia de campañas con pérdidas de rendimientos superiores al 30% del rendimiento esperado sea un indicador de la siniestralidad promedio dentro de cada clúster.
- Permite hallar relaciones entre bajos rendimientos y factores climáticos adversos, a fin de identificar posibles índices o parámetros climáticos asegurables en cada una de las zonas homogéneas.

Por ejemplo, la producción de **soja de segunda**, al realizarse en la misma campaña agrícola luego del cultivo de trigo, presenta una mayor susceptibilidad

a condiciones de estrés hídrico que se manifiesta en una mayor variabilidad de los rendimientos en relación a la soja de primera en la principal zona de cultivo del norte de Buenos Aires.

Para cada cultivo se han calculado los coeficientes de correlación entre todas las series representativas de rendimientos en cada clúster o zona homogénea, estableciendo áreas óptimas desde el punto de vista de la diversificación, en virtud de su bajo nivel de correlación ó incluso correlacionadas negativamente.

- Identificar las áreas homogéneas entre las cuales las pérdidas de producción no están correlacionadas, permite a las empresas aseguradoras evitar cúmulos de riesgo en la suscripción de las pólizas de seguro multirriesgo, especialmente ante eventos de tipo sistémico, de severa intensidad y amplia dispersión geográfica. De esta forma, las empresas podrían reducir la siniestralidad de su cartera al diversificar la suscripción entre zonas independientes o correlacionadas negativamente.

Los rendimientos de **maíz** en la amplia zona de cultivo correspondiente al clúster 9 (Núcleo) resultan independientes de los obtenidos en las zonas Buenos Aires Sur y sudoeste, Laprida y los departamentos del norte de Santa Fe y Chaco, resultando combinaciones óptimas para la diversificación de riesgos.

Teniendo en cuenta que el **trigo** es el principal cereal de invierno cultivado en Argentina, resulta relevante la identificación de zonas homogéneas donde los rendimientos de este cultivo se comporten de manera independiente. En este sentido, resulta conveniente la diversificación entre dos zonas importantes de cultivo como la 4 (norte de Buenos Aires) y la zona 2 compuesta por el centro de la provincia de Santa Fé y este de Córdoba. Asimismo, cabe destacar que si bien el sudoeste de Buenos Aires es una de las zonas más riesgosas para trigo, presenta una baja correlación con la región de cultivo de Entre Ríos y con la región norte de Buenos Aires.

Los resultados de las zonas homogéneas para **soja de primera** confirman la gran adaptación de este cultivo a diversas zonas climáticas de nuestro país, destacándose por la baja variabilidad de los rendimientos en casi todas las zonas productivas.

Se observan zonas con correlaciones negativas o muy bajas correlaciones, aptas para la diversificación de cúmulos de riesgo: los rendimientos de este cultivo en el sur de Salta se correlacionan negativamente con la mayor parte de las zonas productivas de la provincia de Buenos Aires y del noreste de La Pampa. Asimismo, se destaca la baja correlación entre la zona productiva de Entre Ríos y el centro sur de Córdoba.

En el caso de **soja de segunda**, las mejores zonas para diversificar riesgos en este cultivo son el centro de la provincia de Córdoba (clúster 8) con el centro norte de Entre Ríos y el centro-norte de la provincia de Buenos Aires

(clúster 4), como así también resulta conveniente diversificar entre este clúster y el de la principal zona productiva del centro de Santa Fé y este de Córdoba (6).

Esta información también puede ser utilizada para el análisis de riesgo de los fideicomisos agrícolas o pooles de siembra, modalidades de portfolios de inversión de actividades agrícolas en Argentina.

En estos casos, los inversionistas procuran realizar distintas actividades productivas o bien diversificar geográficamente el riesgo invirtiendo en un mismo cultivo pero en distintas zonas. De esta forma, a través de modelos de simulación Montecarlo se puede determinar el retorno y el riesgo asociado de actividades productivas ubicadas en zonas homogéneas independientes entre sí. La volatilidad de los rendimientos de un cultivo medidos a través del desvío estándar de la serie representativa de una zona, nos estará indicando una mayor volatilidad también de la rentabilidad del mismo.

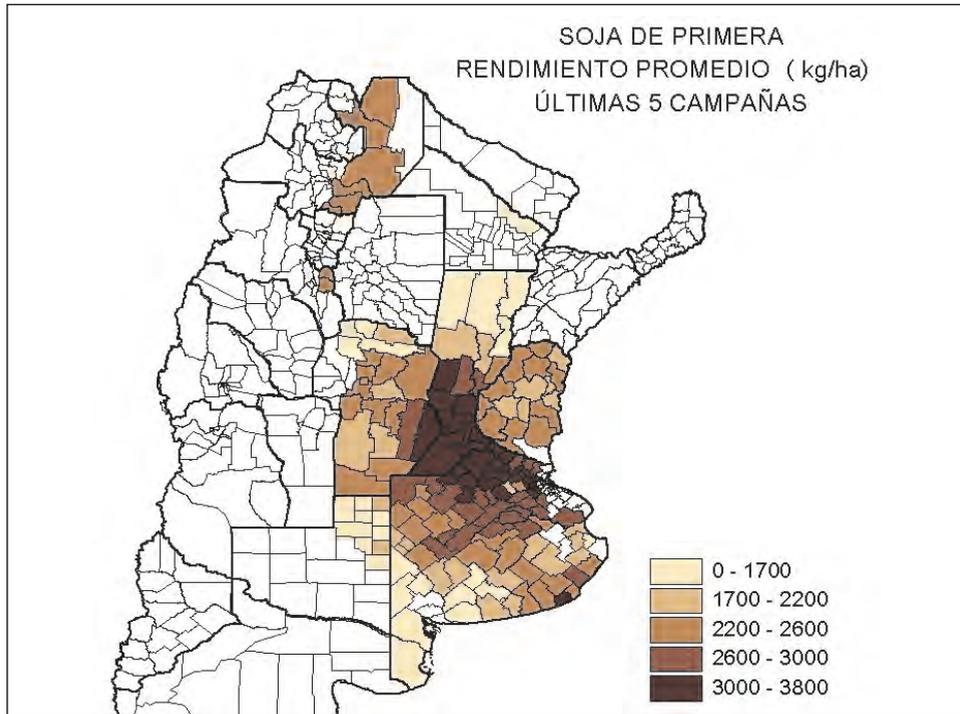
## BIBLIOGRAFÍA

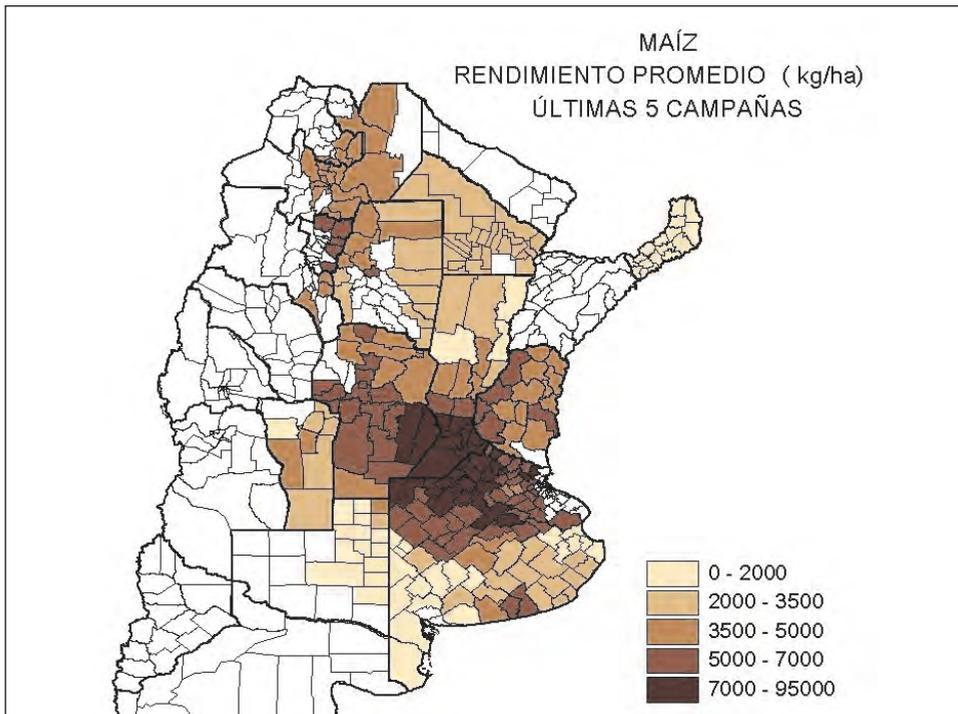
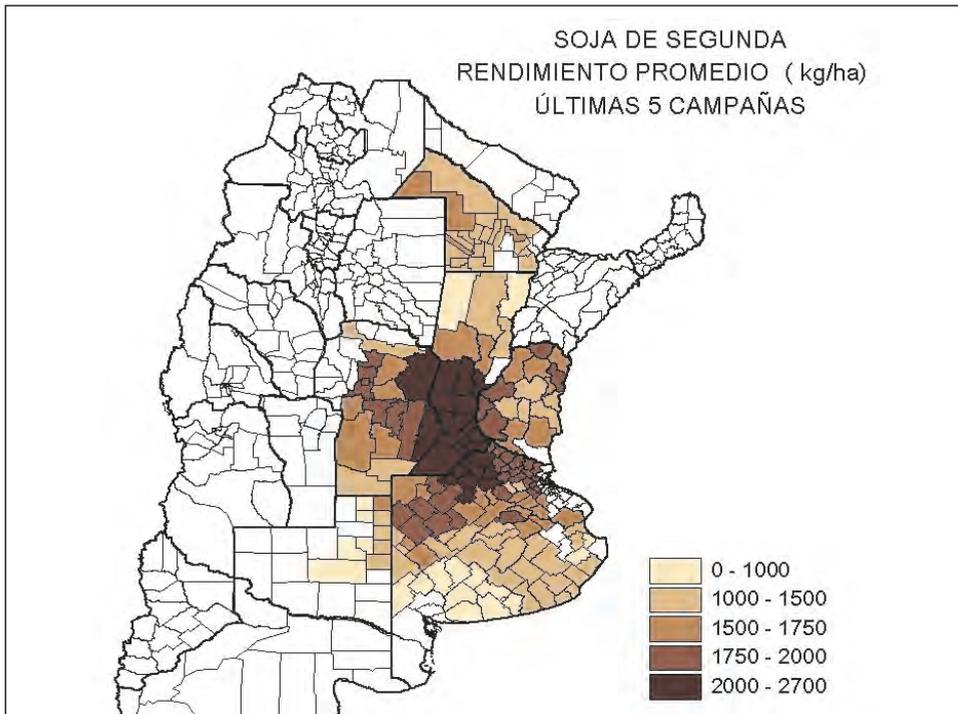
- ACSOJA (Asociación de la Cadena de Soja Argentina).
- Báez Barraza, Karen (2010). El potencial del seguro indexado en Chile: una aplicación a la gestión del riesgo de sequía en pastos». Depto. De Economía y Ciencias Sociales Agrarias. Escuela de Ing. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.
- Encuesta sobre seguros en el sector agropecuario y forestal (2012). Comunicación SSN 3157. Superintendencia de Seguros de la Nación. <http://www.ssn.gov.ar/Storage/SegurosAgropecuarios/3157.pdf>
- INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). [www.indec.gov.ar](http://www.indec.gov.ar). Información de comercio Exterior, año 2010.
- Lloyd, S. P. (1957). «Least square quantization in PCM». Bell Telephone Laboratories Paper. Published in journal much later: Lloyd., S. P. (1982). «Least squares quantization in PCM». IEEE Transactions on Information Theory 28 (2): 129–137. DOI:10.1109/TIT.1982.1056489. <http://www.cs.toronto.edu/~roweis/csc2515-2006/readings/lloyd57.pdf>. Retrieved 2009-04-15.
- MacQueen, J. B. (1967). «Some Methods for classification and Analysis of Multivariate Observations». 1. Proceedings of 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability. University of California Press. pp. 281-297. MR 0214227. Zbl 0214.46201. <http://projecteuclid.org/euclid.bsmmsp/1200512992>. Retrieved 2009-04-07.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. SIIA (Sistema Integrado de Información Agropecuaria) [www.siia.gov.ar](http://www.siia.gov.ar)
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Oficina de Riesgo Agropecuario (ORA). [www.ora.gov.ar](http://www.ora.gov.ar)
- Steinhaus, H. (1957). «Sur la division des corps matériels en parties» (in French). Bull. Acad. Polon. Sci. 4 (12): 801-804. MR 0090073. Zbl 0079.16403.

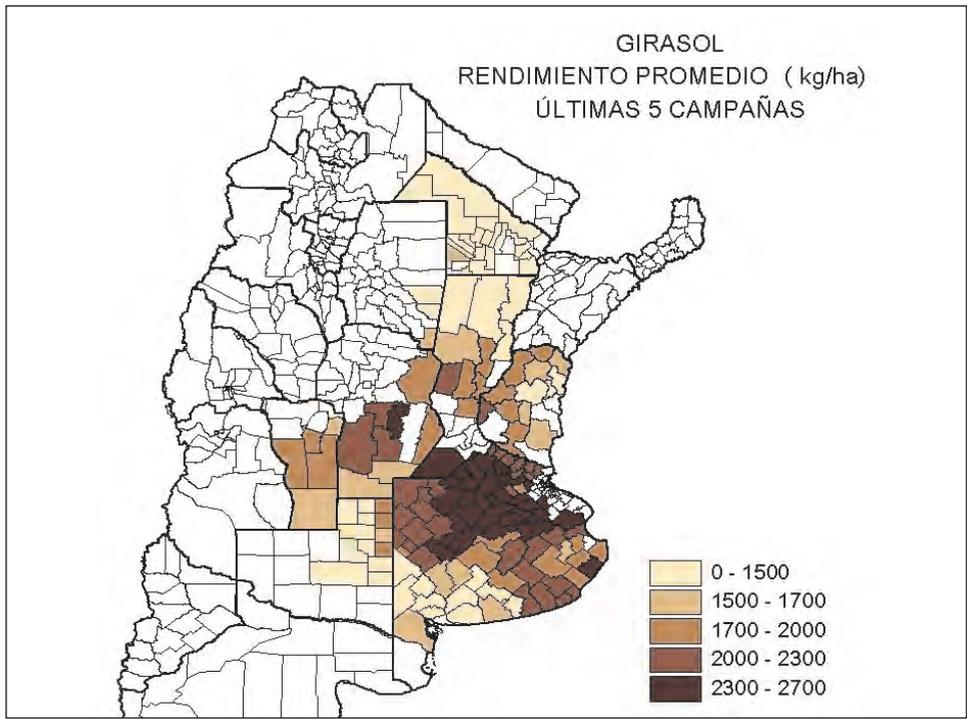
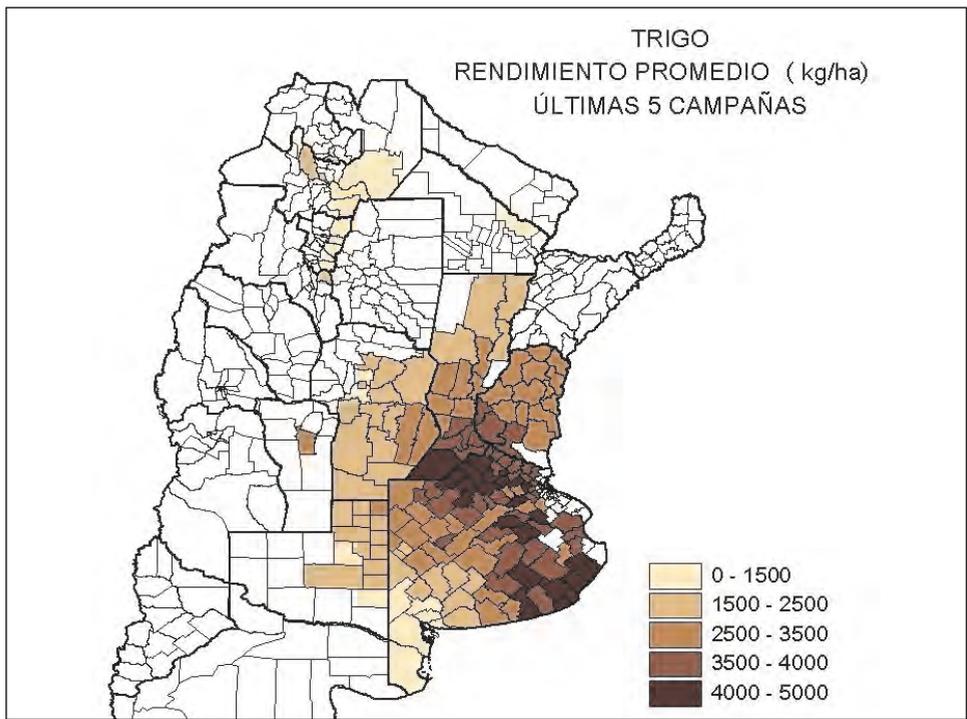
## ANEXO I

### RENDIMIENTOS DEPARTAMENTALES PROMEDIO DE LAS ÚLTIMAS 5 CAMPAÑAS

Los rendimientos fueron calculados como el cociente entre la producción y la superficie sembrada. Las últimas 5 campañas disponibles corresponden al periodo 2007-2011 en el caso de maíz y al periodo 2008-2012 para el resto de los cultivos.







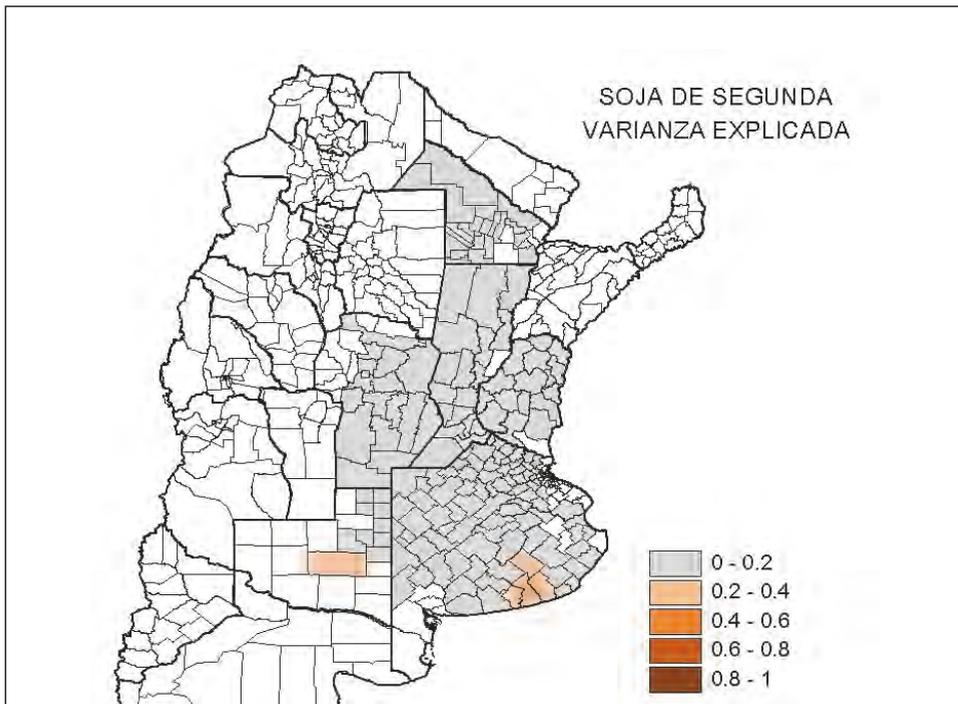
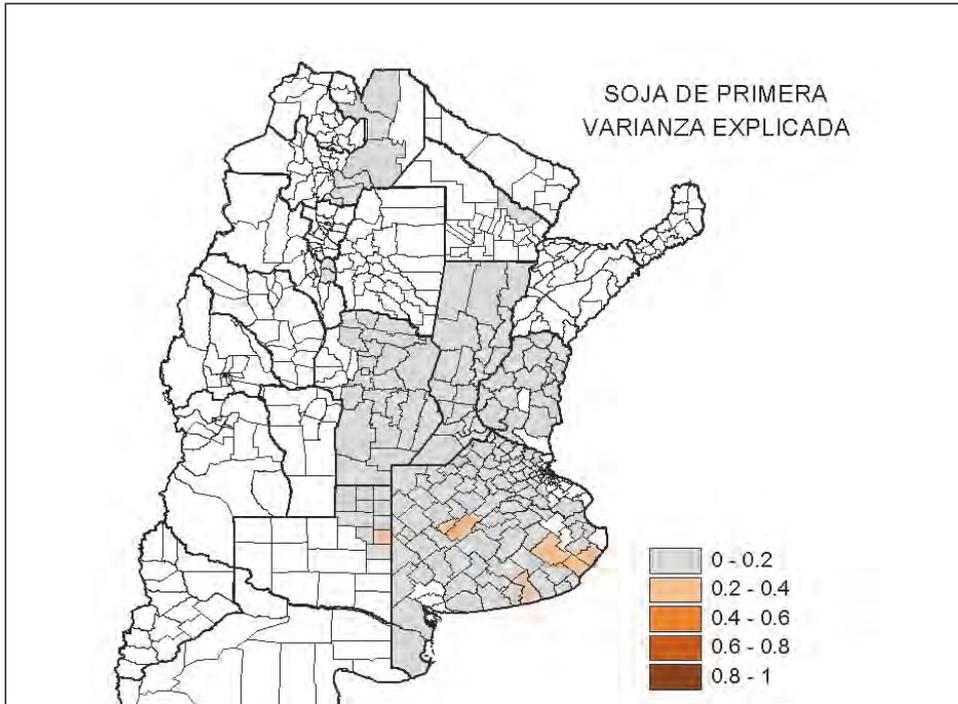
## **ANEXO II**

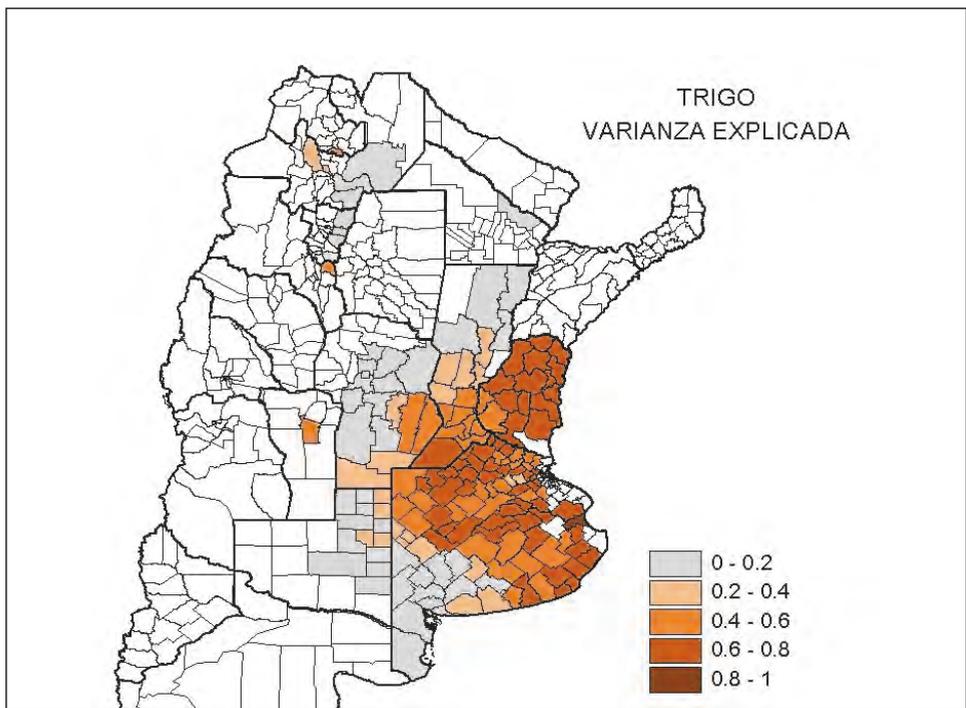
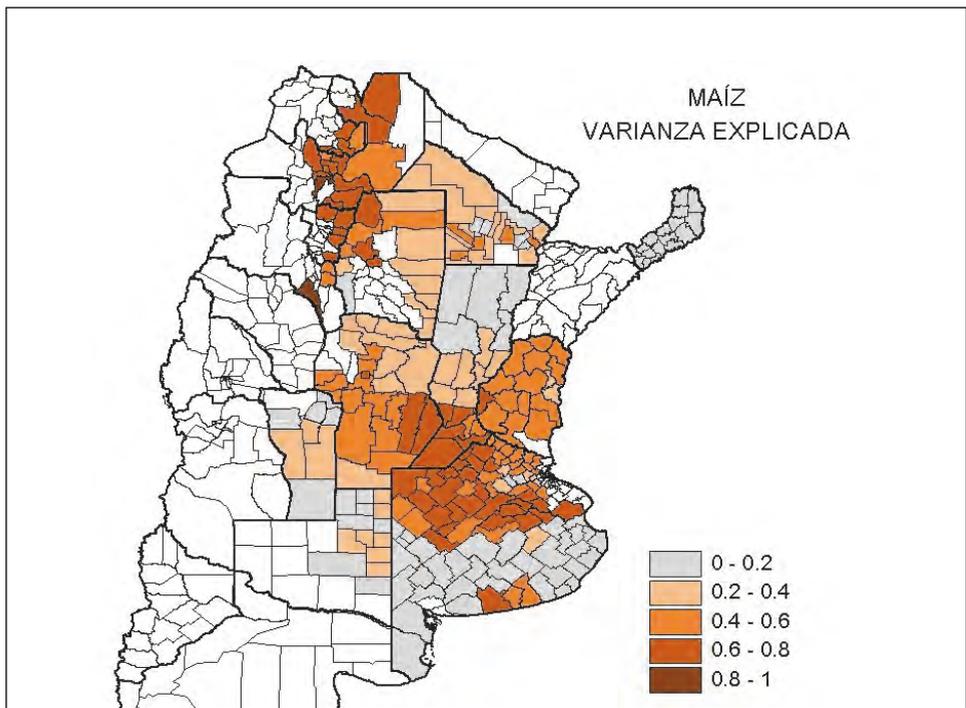
### **VARIANZA EXPLICADA DE LAS TENDENCIAS DEPARTAMENTALES**

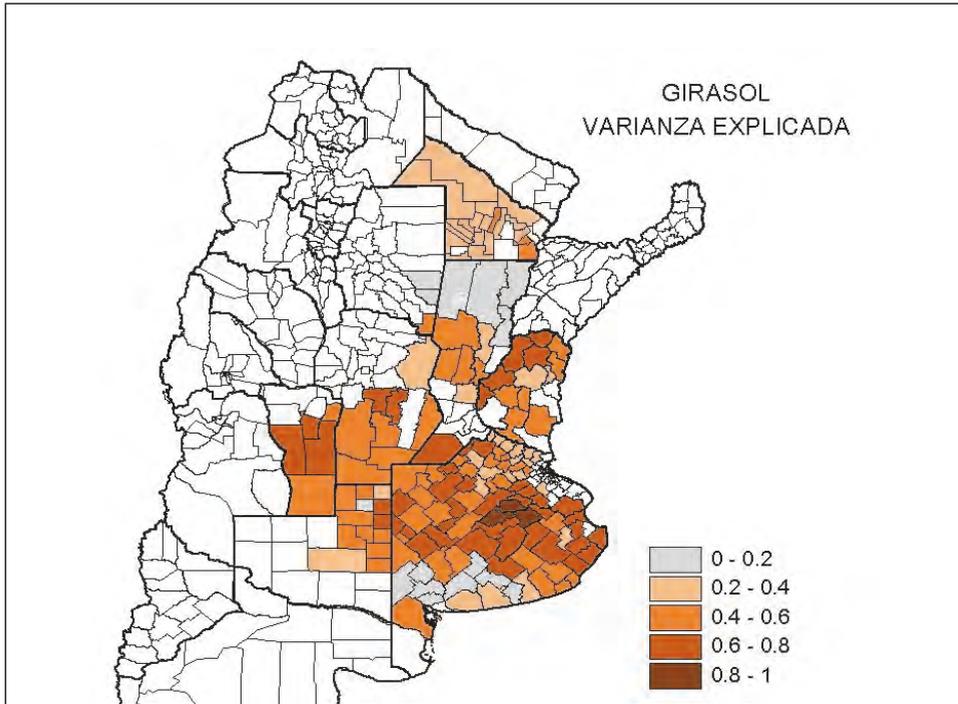
Cuando a una serie de datos se le ajusta una línea de tendencia, la varianza explicada es la que da idea de la dispersión de los elementos de la serie con respecto a la tendencia. Si la varianza explicada es 0.8, por ejemplo, significa que la tendencia explica el 80% de la variabilidad de la serie, mientras que el 20% restante no puede justificarse con esta tendencia.

En el caso estudiado, las series corresponden a rendimientos de cultivos y la función de tendencia trata de explicar el aumento progresivo en los mismos debido a mejoras tecnológicas. La varianza explicada se relaciona entonces con el avance tecnológico, mientras que la varianza no explicada (el porcentaje restante) se relaciona con la variabilidad en los resultados que se evidencian cada campaña en función del clima, principalmente, y otros factores.

En las figuras del Anexo II se puede apreciar para qué departamentos la variabilidad es muy alta (varianza explicada 0-0.2, en color gris) o muy baja (varianza explicada 0.8-1 en color marrón), así como situaciones intermedias. Las zonas con baja variabilidad (altos valores de varianza explicada) representan las áreas núcleo para cada cultivo.







### **ANEXO III**

## **PARÁMETROS ESTADÍSTICOS POR ZONA HOMOGÉNEA**

En base al agrupamiento obtenido para cada cultivo, se calcularon algunos parámetros a partir de los resultados obtenidos en todos los departamentos de una misma unidad homogénea:

- Rinde promedio (kg/ha), que es el promedio de los rendimientos reportados en las últimas 5 campañas. Permite identificar zonas óptimas y marginales para cada cultivo. Se muestran también los valores mínimo y máximo de rinde promedio, que corresponden a alguno de los departamentos que conforman el clúster.
- Aumento anual del rinde (kg/ha), que es el incremento esperado de una campaña a la siguiente de acuerdo a la fundón de tendencia que mejor ajusta a la serie de rendimientos departamental. El incremento anual es cero cuando la tendencia resultó ser una función constante. Permite identificar zonas con mayor tecnología. Se muestran también los valores mínimo y máximo de aumento anual del rinde, que corresponden a alguno de los departamentos que conforman el clúster.
- Superficie sembrada total (ha), que es la suma de los promedios departamentales de superficie sembrada correspondientes a las últimas 5 campañas. Permite identificar la superficie involucrada en cada grupo homogéneo y su potencial.
- Desviación estándar de los rindes (kg/ha), que es el promedio de las desviaciones estándar o típicas de las series departamentales de rendimiento expresadas en kilogramos por hectárea. Permite conocer la variabilidad de los rendimientos en cada clúster.
- Desviación estándar de los rindes (%), que es el promedio de las desviaciones estándar o típicas de las series departamentales de rendimiento expresadas como porcentaje del rendimiento esperado. Mide la variabilidad en los rendimientos en forma de porcentaje. Se muestran también los valores mínimo y máximo de desviación estándar de los rindes, que corresponden a alguno de los departamentos que conforman el clúster.

## MAÍZ

CLÚSTER	RINDE PROMEDIO (kg/ha)			AUMENTO ANUAL DEL RINDE (kg/ha/año)		
	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO
1	1969	2062	2190	21	42	65
2	463	463	463	0	0	0
31	1695	2704	3946	5	32	68
32	3891	5352	6405	23	148	278
33	4458	5285	6413	0	67	209
34	653	1000	1559	20	30	37
4	1377	1784	2565	0	10	48
5	647	647	647	26	26	26
6	3400	3950	4499	68	89	110
7	366	862	1737	0	4	22
8	773	1342	1787	0	22	42
9	3601	6454	9480	0	119	385
10	1554	3173	6133	0	40	207

CLÚSTER	SUPERFICIE SEMBRADA		DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS RINDES (kg/ha)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS RINDES (%)		
	ha	%	PROMEDIO	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO
1	16700	0.005	1362	0.63	0.66	0.68
2	3800	0.001	1631	3.52	3.52	3.52
31	171010	0.051	800	0.21	0.32	0.62
32	613460	0.182	1298	0.19	0.25	0.36
33	130900	0.039	1382	0.20	0.27	0.31
34	159920	0.047	587	0.48	0.62	0.73
4	88200	0.026	1415	0.51	0.83	0.96
5	3780	0.001	524	0.81	0.81	0.81
6	64420	0.019	1253	0.31	0.32	0.33
7	154340	0.046	636	0.45	0.93	1.63
8	18280	0.005	1231	0.68	0.97	1.25
9	1822913	0.541	1223	0.10	0.20	0.41
10	122620	0.036	1167	0.23	0.39	0.53

## TRIGO

CLÚSTER	RINDE PROMEDIO (kg/ha)			AUMENTO ANUAL DEL RINDE (kg/ha/año)		
	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO
1	0	17	117	1621	2221	3379
2	0	69	179	1703	2573	3685
3	107	157	190	3059	3329	3673
4	0	157	215	1226	3813	4475
5	48	112	204	2996	3618	4320
6	1	157	280	2484	3906	4824
7	0	6	71	805	1480	2789

CLÚSTER	SUPERFICIE SEMBRADA		DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS RINDES (kg/ha)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS RINDES (%)		
	ha	%	PROMEDIO	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO
1	630474	0.16	532	0.24	0.32	0.45
2	744026	0.19	589	0.22	0.30	0.45
3	279184	0.07	514	0.22	0.26	0.37
4	908172	0.23	555	0.16	0.20	0.26
5	298750	0.08	595	0.15	0.22	0.29
6	359392	0.09	631	0.19	0.26	0.33
7	688084	0.18	537	0.27	0.37	0.51

## SOJA DE PRIMERA

CLÚSTER	RINDE PROMEDIO (kg/ha)			AUMENTO ANUAL DEL RINDE (kg/ha/año)		
	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO
1	1978	2890	3782	0	21	82
2	1140	1382	1703	0	0	0
31	2087	2753	3449	0	4	36
32	2446	2691	3345	10	72	142
4	1412	2383	2903	0	25	88
5	1069	1422	1942	0	2	34
6	1010	2184	2950	0	8	74
7	1563	2198	2497	0	6	45
8	1455	1962	2402	0	22	98
9	1511	1999	2519	0	0	0

CLÚSTER	SUPERFICIE SEMBRADA		DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS RINDES (kg/ha)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS RINDES (%)		
	ha	%	PROMEDIO	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO
1	144485	0.38	564	0.12	0.19	0.31
2	9671	0.03	751	0.39	0.44	0.52
31	49554	0.13	438	0.10	0.16	0.27
32	13454	0.04	732	0.22	0.29	0.35
4	47665	0.12	592	0.17	0.24	0.39
5	8535	0.02	579	0.29	0.36	0.46
6	37132	0.10	758	0.23	0.33	0.55
7	37361	0.10	617	0.21	0.27	0.33
8	19617	0.05	570	0.23	0.28	0.31
9	15991	0.04	697	0.21	0.31	0.42

## SOJA DE SEGUNDA

CLÚSTER	RINDE PROMEDIO (kg/ha)			AUMENTO ANUAL DEL RINDE (kg/ha/año)		
	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO
1	1232	1606	1847	0	6	71
2	1806	1968	2222	0	0	0
3	974	1570	2121	0	4	37
4	1376	1801	2305	0	1	37
5	594	719	862	0	28	50
6	1658	2174	2676	0	1	5
7	1141	1516	1863	0	0	0
8	1604	1840	1998	0	0	0

CLÚSTER	SUPERFICIE SEMBRADA		DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS RINDES (kg/ha)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS RINDES (%)		
	ha	%	PROMEDIO	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO
1	137286	0.06	556	0.23	0.31	0.38
2	220920	0.10	382	0.14	0.18	0.20
3	332050	0.15	457	0.17	0.27	0.38
4	488931	0.23	653	0.26	0.31	0.40
5	63720	0.03	374	0.46	0.53	0.63
6	578862	0.27	508	0.16	0.22	0.38
7	162880	0.08	406	0.19	0.23	0.30
8	174060	0.08	444	0.16	0.21	0.27

**COLECCIÓN «CUADERNOS DE LA FUNDACIÓN»**

Instituto de Ciencias del Seguro

**Para cualquier información o para adquirir nuestras  
publicaciones puede encontrarnos en:**

FUNDACIÓN MAPFRE

Publicaciones

Paseo de Recoletos 23 – 28004 Madrid – (España)

[www.fundacionmapfre.org/cienciasdelseguro](http://www.fundacionmapfre.org/cienciasdelseguro)

191. Determinación de zonas homogéneas de riesgo para cereales y oleaginosas en Argentina. 2013
190. Sexo, género y promoción en los sectores financieros y asegurador: una guerra velada. 2013
189. An introduction to Reinsurance. 2013
188. El control interno y la responsabilidad penal en la mediación de seguros privados. 2013
187. Una introducción al gobierno corporativo en la industria aseguradora en América Latina. 2013
186. Mortalidad de jóvenes en accidentes de tráfico. 2012
185. Las reclamaciones derivadas de accidentes de circulación por carretera transfronterizos. 2012
184. Efecto disuasorio del tipo de contrato sobre el fraude. 2012
183. Claves del Seguro Español: una aproximación a la Historia del Seguro en España. 2012
182. La responsabilidad civil del asegurador de asistencia sanitaria. 2012
181. Colaboración en el contrato de Reaseguro. 2012
180. Origen, situación actual y futuro del seguro de Protección Jurídica. 2012
179. Experiencias de microseguros en Colombia, Perú y Brasil. Modelo socio agente. 2012
178. El agente de seguros y su Responsabilidad Civil. 2012
177. Riesgo operacional en el marco de Solvencia II. 2012
176. Un siglo de seguros marítimos barceloneses en el comercio con América (1770-1870). 2012
175. El seguro de Caución. 2012

174. La contabilidad de los corredores de seguros y los planes y fondos de pensiones. 2012
173. El seguro de Vida en América Latina. 2011
172. Gerencia de riesgos sostenibles y Responsabilidad Social Empresarial en la entidad aseguradora. 2011
171. Investigaciones en Seguros y Gerencia de Riesgos. 2011
170. Introdução ao Resseguro. 2011
169. La salud y su aseguramiento en Argentina, Chile, Colombia y España. 2011
168. Diferencias de sexo en conductas de riesgo y tasa de mortalidad diferencial entre hombres y mujeres. 2011
167. Movilización y rescate de los compromisos por pensiones garantizados mediante contrato de seguros. 2011
166. Embedded Value aplicado al ramo No Vida. 2011
165. Las sociedades cautivas de Reaseguro. 2011
164. Daños del amianto: litigación, aseguramiento de riesgos, y fondos de compensación. 2011
163. El riesgo de tipo de interés: experiencia española y Solvencia II. 2011
162. I Congreso sobre las Nuevas Tecnologías y sus repercusiones en el Seguro: Internet, Biotecnología y Nanotecnología. 2011
161. La incertidumbre bioactuarial en el riesgo de la longevidad. Reflexiones bioéticas. 2011
160. Actividad aseguradora y defensa de la competencia. La exención antitrust del sector asegurador. 2011
159. Estudio empírico sobre la tributación de los seguros de vida. 2010
158. Métodos estocásticos de estimación de las provisiones técnicas en el marco de Solvencia II. 2010
157. Introducción al Reaseguro. 2010
156. Encuentro Internacional sobre la Historia del Seguro. 2010
155. Los sistemas de salud en Latinoamérica y el papel del seguro privado. 2010
154. El Seguro de Crédito en Chile. 2010
153. El análisis financiero dinámico como herramienta para el desarrollo de modelos internos en el marco de Solvencia II. 2010
152. Características sociodemográficas de las personas con doble cobertura sanitaria. Un estudio empírico. 2010
151. Solidaridad impropia y seguro de Responsabilidad Civil. 2010
150. La prevención del blanqueo de capitales en las entidades aseguradoras, las gestoras y los corredores de seguros. 2010

149. Fondos de aseguramiento agropecuario y rural: la experiencia mexicana en el mutualismo agropecuario y sus organizaciones superiores. 2010
148. Avaliação das Provisões de Sinistro sob o Enfoque das Novas Regras de Solvência do Brasil. 2010
147. El principio de igualdad sexual en el Seguro de Salud: análisis actuarial de su impacto y alcance. 2010
146. Investigaciones históricas sobre el Seguro español. 2010
145. Perspectivas y análisis económico de la futura reforma del sistema español de valoración del daño corporal. 2009
144. Contabilidad y Análisis de Cuentas Anuales de Entidades Aseguradoras (Plan contable 24 de julio de 2008). 2009
143. Mudanças Climáticas e Análise de Risco da Indústria de Petróleo no Litoral Brasileiro. 2009
142. Bases técnicas dinámicas del Seguro de Dependencia en España. Una aproximación en campo discreto. 2009
141. Transferencia Alternativa de Riesgos en el Seguro de Vida: Titulización de Riesgos Aseguradores. 2009
140. Riesgo de negocio ante asegurados con múltiples contratos. 2009
139. Optimización económica del Reaseguro cedido: modelos de decisión. 2009
138. Inversiones en el Seguro de Vida en la actualidad y perspectivas de futuro. 2009
137. El Seguro de Vida en España. Factores que influyen en su progreso. 2009
136. Investigaciones en Seguros y Gestión de Riesgos. RIESGO 2009
135. Análisis e interpretación de la gestión del fondo de maniobra en entidades aseguradoras de incendio y lucro cesante en grandes riesgos industriales. 2009
134. Gestión integral de Riesgos Corporativos como fuente de ventaja competitiva: cultura positiva del riesgo y reorganización estructural. 2009
133. La designación de la pareja de hecho como beneficiaria en los seguros de vida. 2009
132. Aproximación a la Responsabilidad Social de la empresa: reflexiones y propuesta de un modelo. 2009
131. La cobertura pública en el seguro de crédito a la exportación en España: cuestiones prácticas-jurídicas. 2009
130. La mediación en seguros privados: análisis de un complejo proceso de cambio legislativo. 2009
129. Temas relevantes del Derecho de Seguros contemporáneo. 2009
128. Cuestiones sobre la cláusula cut through. Transferencia y reconstrucción. 2008

127. La responsabilidad derivada de la utilización de organismos genéticamente modificados y la redistribución del riesgo a través del seguro. 2008
126. Ponencias de las Jornadas Internacionales sobre Catástrofes Naturales. 2008
125. La seguridad jurídica de las tecnologías de la información en el sector asegurador. 2008
124. Predicción de tablas de mortalidad dinámicas mediante un procedimiento bootstrap. 2008
123. Las compañías aseguradoras en los procesos penal y contencioso-administrativo. 2008
122. Factores de riesgo y cálculo de primas mediante técnicas de aprendizaje. 2008
121. La solicitud de seguro en la Ley 50/1980, de 8 de octubre, de Contrato de Seguro. 2008
120. Propuestas para un sistema de cobertura de enfermedades catastróficas en Argentina. 2008
119. Análisis del riesgo en seguros en el marco de Solvencia II: Técnicas estadísticas avanzadas Monte Carlo y Bootstrapping. 2008
118. Los planes de pensiones y los planes de previsión asegurados: su inclusión en el caudal hereditario. 2007
117. Evolução de resultados técnicos e financeiros no mercado segurador iberoamericano. 2007
116. Análisis de la Ley 26/2006 de Mediación de Seguros y Reaseguros Privados. 2007
115. Sistemas de cofinanciación de la dependencia: seguro privado frente a hipoteca inversa. 2007
114. El sector asegurador ante el cambio climático: riesgos y oportunidades. 2007
113. Responsabilidade social empresarial no mercado de seguros brasileiro influências culturais e implicações relacionais. 2007
112. Contabilidad y análisis de cuentas anuales de entidades aseguradoras. 2007
111. Fundamentos actuariales de primas y reservas de fianzas. 2007
110. El Fair Value de las provisiones técnicas de los seguros de Vida. 2007
109. El Seguro como instrumento de gestión de los M.E.R. (Materiales Especificados de Riesgo). 2006
108. Mercados de absorción de riesgos. 2006
107. La exteriorización de los compromisos por pensiones en la negociación colectiva. 2006
106. La utilización de datos médicos y genéticos en el ámbito de las compañías aseguradoras. 2006
105. Los seguros contra incendios forestales y su aplicación en Galicia. 2006

104. Fiscalidad del seguro en América Latina. 2006
103. Las NIC y su relación con el Plan Contable de Entidades Aseguradoras. 2006
102. Naturaleza jurídica del Seguro de Asistencia en Viaje. 2006
101. El Seguro de Automóviles en Iberoamérica. 2006
100. El nuevo perfil productivo y los seguros agropecuarios en Argentina. 2006
99. Modelos alternativos de transferencia y financiación de riesgos «ART»: situación actual y perspectivas futuras. 2005
98. Disciplina de mercado en la industria de seguros en América Latina. 2005
97. Aplicación de métodos de inteligencia artificial para el análisis de la solvencia en entidades aseguradoras. 2005
96. El Sistema ABC-ABM: su aplicación en las entidades aseguradoras. 2005
95. Papel del docente universitario: ¿enseñar o ayudar a aprender?. 2005
94. La renovación del Pacto de Toledo y la reforma del sistema de pensiones: ¿es suficiente el pacto político?. 2005
92. Medición de la esperanza de vida residual según niveles de dependencia en España y costes de cuidados de larga duración. 2005
91. Problemática de la reforma de la Ley de Contrato de Seguro. 2005
90. Centros de atención telefónica del sector asegurador. 2005
89. Mercados aseguradores en el área mediterránea y cooperación para su desarrollo. 2005
88. Análisis multivariante aplicado a la selección de factores de riesgo en la tarificación. 2004
87. Dependencia en el modelo individual, aplicación al riesgo de crédito. 2004
86. El margen de solvencia de las entidades aseguradoras en Iberoamérica. 2004
85. La matriz valor-fidelidad en el análisis de los asegurados en el ramo del automóvil. 2004
84. Estudio de la estructura de una cartera de pólizas y de la eficacia de un Bonus-Malus. 2004
83. La teoría del valor extremo: fundamentos y aplicación al seguro, ramo de responsabilidad civil autos. 2004
81. El Seguro de Dependencia: una visión general. 2004
80. Los planes y fondos de pensiones en el contexto europeo: la necesidad de una armonización. 2004
79. La actividad de las compañías aseguradoras de vida en el marco de la gestión integral de activos y pasivos. 2003
78. Nuevas perspectivas de la educación universitaria a distancia. 2003

77. El coste de los riesgos en la empresa española. 2001.
76. La incorporación de los sistemas privados de pensiones en las pequeñas y medianas empresas. 2003
75. Incidencia de la nueva Ley de Enjuiciamiento Civil en los procesos de responsabilidad civil derivada del uso de vehículos a motor. 2002
74. Estructuras de propiedad, organización y canales de distribución de las empresas aseguradoras en el mercado español. 2002
73. Financiación del capital-riesgo mediante el seguro. 2002
72. Análisis del proceso de exteriorización de los compromisos por pensiones. 2002
71. Gestión de activos y pasivos en la cartera de un fondo de pensiones. 2002
70. El cuadro de mando integral para las entidades aseguradoras. 2002
69. Provisiones para prestaciones a la luz del Reglamento de Ordenación y Supervisión de los Seguros Privados; métodos estadísticos de cálculo. 2002
68. Los seguros de crédito y de caución en Iberoamérica. 2001
67. Gestión directiva en la internacionalización de la empresa. 2001
65. Ética empresarial y globalización. 2001
64. Fundamentos técnicos de la regulación del margen de solvencia. 2001
63. Análisis de la repercusión fiscal del seguro de vida y los planes de pensiones. Instrumentos de previsión social individual y empresarial. 2001
62. Seguridad Social: temas generales y régimen de clases pasivas del Estado. 2001
61. Sistemas Bonus-Malus generalizados con inclusión de los costes de los siniestros. 2001
60. Análisis técnico y económico del conjunto de las empresas aseguradoras de la Unión Europea. 2001
59. Estudio sobre el euro y el seguro. 2000
58. Problemática contable de las operaciones de reaseguro. 2000
56. Análisis económico y estadístico de los factores determinantes de la demanda de los seguros privados en España. 2000
54. El corredor de reaseguros y su legislación específica en América y Europa. 2000
53. Habilidades directivas: estudio de sesgo de género en instrumentos de evaluación. 2000
52. La estructura financiera de las entidades de seguros, S.A. 2000
51. Seguridades y riesgos del joven en los grupos de edad. 2000

50. Mixturas de distribuciones: aplicación a las variables más relevantes que modelan la siniestralidad en la empresa aseguradora. 1999
49. Solvencia y estabilidad financiera en la empresa de seguros: metodología y evaluación empírica mediante análisis multivariante. 1999
48. Matemática Actuarial no vida con Maple V. 1999
47. El fraude en el Seguro de Automóvil: cómo detectarlo. 1999
46. Evolución y predicción de las tablas de mortalidad dinámicas para la población española. 1999
45. Los Impuestos en una economía global. 1999
42. La Responsabilidad Civil por contaminación del entorno y su aseguramiento. 1998
41. De Maastricht a Amsterdam: un paso más en la integración europea. 1998
39. Perspectiva histórica de los documentos estadístico-contables del órgano de control: aspectos jurídicos, formalización y explotación. 1997
38. Legislación y estadísticas del mercado de seguros en la comunidad iberoamericana. 1997
37. La responsabilidad civil por accidente de circulación. Puntual comparación de los derechos francés y español. 1997
36. Cláusulas limitativas de los derechos de los asegurados y cláusulas delimitadoras del riesgo cubierto: las cláusulas de limitación temporal de la cobertura en el Seguro de Responsabilidad Civil. 1997
35. El control de riesgos en fraudes informáticos. 1997
34. El coste de los riesgos en la empresa española. 1995
33. La función del derecho en la economía. 1997
32. Decisiones racionales en reaseguro. 1996
31. Tipos estratégicos, orientación al mercado y resultados económicos: análisis empírico del sector asegurador español. 1996
30. El tiempo del directivo. 1996
29. Ruina y Seguro de Responsabilidad Civil Decenal. 1996
28. La naturaleza jurídica del Seguro de Responsabilidad Civil. 1995
27. La calidad total como factor para elevar la cuota de mercado en empresas de seguros. 1995
26. El coste de los riesgos en la empresa española. 1993
25. El reaseguro financiero. 1995
24. El seguro: expresión de solidaridad desde la perspectiva del derecho. 1995
23. Análisis de la demanda del seguro sanitario privado. 1993

22. Rentabilidad y productividad de entidades aseguradoras. 1994
21. La nueva regulación de las provisiones técnicas en la Directiva de Cuentas de la C.E.E. 1994
20. El Reaseguro en los procesos de integración económica. 1994
19. Una teoría de la educación. 1994
18. El Seguro de Crédito a la exportación en los países de la OCDE (evaluación de los resultados de los aseguradores públicos). 1994
16. La legislación española de seguros y su adaptación a la normativa comunitaria. 1993
15. El coste de los riesgos en la empresa española. 1991
14. El Reaseguro de exceso de pérdidas. 1993
12. Los seguros de salud y la sanidad privada. 1993
10. Desarrollo directivo: una inversión estratégica. 1992
9. Técnicas de trabajo intelectual. 1992
8. La implantación de un sistema de controlling estratégico en la empresa. 1992
7. Los seguros de responsabilidad civil y su obligatoriedad de aseguramiento. 1992
6. Elementos de dirección estratégica de la empresa. 1992
5. La distribución comercial del seguro: sus estrategias y riesgos. 1991
4. Los seguros en una Europa cambiante: 1990-95. 1991
2. Resultados de la encuesta sobre la formación superior para los profesionales de entidades aseguradoras (A.P.S.). 1991
1. Filosofía empresarial: selección de artículos y ejemplos prácticos. 1991

### **ÚLTIMOS LIBROS PUBLICADOS**

- Emergencia y reconstrucción: el antes y después del terremoto y tsunami del 27F en Chile. 2012
- Riesgo sistémico y actividad aseguradora. 2012
- La historia del seguro en Chile (1810-2010). 2012
- Modelo de proyección de carteras de seguros para el ramo de decesos. 2011
- Desarrollo comercial del seguro colectivo de dependencia en España. 2010
- La mediación de seguros en España: análisis de la Ley 26/2006, de Mediación de Seguros y Reaseguros Privados. 2010
- Museo del Seguro. Catálogo. 2010
- Diccionario MAPFRE de Seguros. 2008

Teoría de la credibilidad: desarrollo y aplicaciones en primas de seguros y riesgos operacionales. 2008

El seguro de caución: una aproximación práctica. 2007

El seguro de pensiones. 2007

Las cargas del acreedor en el seguro de responsabilidad civil. 2006

Diccionario bilingüe de expresiones y términos de seguros: inglés-español, español-inglés. 2006

El seguro de riesgos catastróficos: reaseguro tradicional y transferencia alternativa de riesgos. 2005

La liquidación administrativa de entidades aseguradoras. 2005

### **INFORMES Y RANKINGS**

Desde 1994 se publican anualmente estudios que presentan una panorámica concreta de los mercados aseguradores europeos, de España e Iberoamérica y que pueden consultarse en formato electrónico desde la página Web:

[www.fundacionmapfre.com/cienciasdelseguro](http://www.fundacionmapfre.com/cienciasdelseguro)

- Mercado español de seguros
- Mercado asegurador de Iberoamérica
- Ranking de grupos aseguradores europeos
- Ranking de grupos aseguradores iberoamericanos
- La percepción social del seguro en España. 2012
- Emprender en momentos de crisis: riesgos y factores de éxito. 2012