

# **INFLUENCIA DEL CLIMA SOBRE LA PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA EN ESPAÑA**

**QUIROGA GÓMEZ, Sonia**  
Departamento de Economía  
Universidad Europea de Madrid  
correo-e: [sonia.quiroga@fae.eco.uem.es](mailto:sonia.quiroga@fae.eco.uem.es)

**IGLESIAS, Ana**  
Departamento de Economía Agraria y Ciencias Sociales  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos  
Universidad Politécnica de Madrid  
correo-e: [anaiglesias@eco.etsia.upm.es](mailto:anaiglesias@eco.etsia.upm.es)

## **RESUMEN**

El rendimiento agrícola en España experimenta importantes cambios de un año para otro. El clima es un recurso natural que influye en dichos cambios de forma distinta según el cultivo y su situación geográfica.

El estudio trata de incrementar la capacidad de respuesta al clima por parte del sector agrario. Para ello, especificamos modelos de regresión lineal que describen la respuesta de distintos cultivos al clima y analizamos el impacto del cambio climático en la producción agrícola nacional.

Los resultados indican que las regiones del sur son más afectadas al tener menos opciones para la adaptación de sus cultivos.

Palabras clave: producción agrícola, cambio climático.

# 1. Introducción

El rendimiento agrícola en España experimenta cambios notables de un año para otro lo que afecta a la renta de los agricultores y repercute sobre las medidas que hay que adoptar para paliar los efectos negativos del clima, como el sistema de seguros agrarios. Esto, unido a la preocupación cada vez más generalizada por el posible cambio en las variables climatológicas, hace que sea importante determinar en qué medida dichas variables son un elemento de riesgo que puede afectar a la producción agrícola y si su variabilidad puede explicar parte de la varianza en la explotación de los cultivos.

La demanda de la mayoría de los productos agrícolas es de naturaleza inelástica y bastante estable de año en año, debido a que el cambio en los gustos de los consumidores tiene lugar de forma más lenta ( Shafer y Mjedle (1994)). Esto hace que la variación en el rendimiento agrario, al producir cambios importantes en la oferta de dichos productos, puede provocar también importantes variaciones en los precios de mercado, sobre todo en la medida en que algunos factores de la nueva reforma de la Política Agraria Común (PAC), tales como la adaptación de la producción a la evolución del mercado, van a contribuir a reforzar la competitividad del sector agrario.

Como resultado de todo ello, los agricultores se enfrentan cada año a una alta incertidumbre en lo que se refiere al nivel de producto y también a su valor en el mercado. Al mismo tiempo, el sistema de seguros agrarios se enfrenta a la incertidumbre de cuanto deberán pagar por compensaciones y si las tarifas fijadas son adecuadas.

Por otra parte, la perspectiva reconocida de un clima que cambia (IPCC, 2001) puede tener consecuencias negativas en la producción agrícola de todo el Mediterráneo (IPCC, 1996b; Iglesias y Minguez, 1997; Iglesias et al, 2000). En particular, el cambio que está teniendo lugar en las variables climáticas podría incrementar la presente incertidumbre en la producción de cultivos de España, además de amenazar la disponibilidad de agua.

En este sentido, si las variables climáticas pueden explicar parte de la varianza del rendimiento en España, la evaluación desde el punto de vista económico del impacto del cambio climático en los cultivos puede contribuir a una mejor previsión de las expectativas del sector agrario y ayudar a evaluar estrategias de adaptación a dicho cambio (Kaiser et al, 1993).

Los objetivos de este estudio son:

Determinar las variables climáticas que explican parte de la varianza de la productividad en las diferentes regiones agrícolas españolas a través del análisis estadístico y utilizar dichas variables para analizar el impacto que un posible cambio climático tendría en el rendimiento de los cultivos.

## **2. Caracterización agro-climática**

### **Tipos de cultivo**

El estudio se ha llevado a cabo para cinco cultivos que por su producción global y por su tradición en la agricultura española pueden estar entre los más representativos de la producción agrícola del país: el trigo, la cebada, el naranjo, la vid y el olivo.

Los cereales (trigo y cebada) representan la producción tradicional en secano, que es la que ocupa una mayor superficie (14.5 millones de hectáreas cultivadas en secano España (MAPYA, 2000)), y que es la que se ve afectada más directamente por las variaciones climatológicas.

Los cítricos representan la producción en regadío. España cultiva unos 3.5 millones de hectáreas en regadío (MAPYA, 2000), con tecnologías avanzadas y altos inputs (mano de obra, fertilizantes, pesticidas, etc.).

El viñedo y el olivar se cultivan tradicionalmente en secano, pero esta tendencia está cambiando debido a las necesidades de estabilizar frente al clima, especialmente los déficit hídricos, la productividad anual.

La superficie total de estos cinco cultivos alcanzó, en 2000, los 9,2 millones de hectáreas, lo que representó el 50% de la superficie agrícola total (MAPYA, 2000). Todos ellos, a excepción del naranjo, son principalmente de secano, aunque cada vez más, se incorporan también algunas hectáreas de cultivo de regadío.

### **Extensión geográfica**

Para elegir la extensión geográfica del estudio, dado que el mayor grado de desagregación de los datos agrícolas disponibles es a nivel provincial, se ha tenido en cuenta la clasificación en regiones agroclimáticas planteada por Fdez. Díaz (1987), basadas en la clasificación de Font-Tulot (1983) en regiones climáticas. Utilizando

dicha clasificación, se puede dividir la península Ibérica en cinco grandes Regiones agroclimáticas:

- Región Marítima
- Región Pirenaica
- Región Mediterránea
- Región Continental Extremada
- Región Continental Atenuada

Se han elegido provincias de todas las regiones agroclimáticas menos de la región Marítima y Pirenaica, debido a que dada su gran extensión dedicada a pastos, sus tierras de cultivo no suponen ni el 10% del total del territorio nacional dedicado a esta actividad. Del resto de regiones, se han elegido las provincias más representativas de cada cultivo, normalmente las que presentan un nivel de producción mayor entre toda España. En la Figura 1, se pueden ver las distintas regiones agroclimáticas y las provincias elegidas para el análisis.

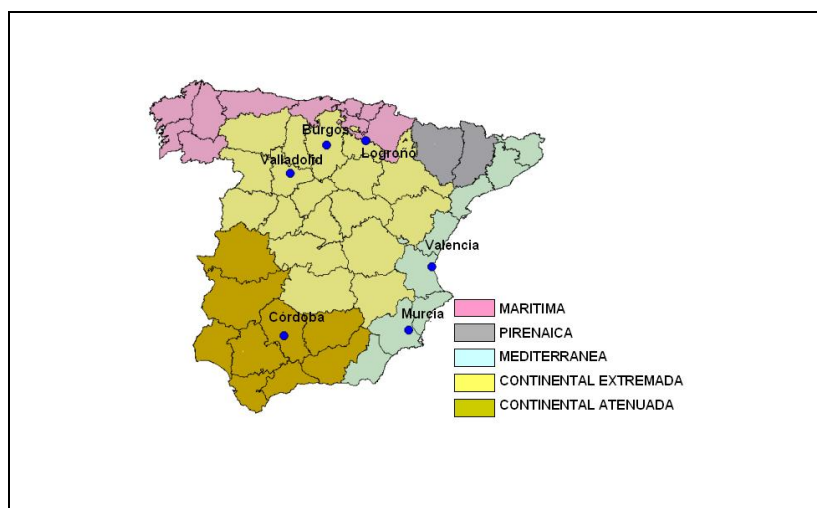


Figura 1. Regiones agroclimáticas y provincias elegidas para el estudio.

### **Fuente y tratamiento de los datos agrarios**

Se ha llevado a cabo la creación de una base de datos elaborando series temporales de frecuencia anual sobre las variables Superficie total cultivada y Producción agrícola, a partir de los Anuarios de Estadística Agroalimentaria de

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPYA, 1939-2000). En la Tabla 1 se presentan las provincias elegidas para el estudio de cada cultivo.

Cultivos	Provincias elegidas para el análisis
Viñedo	Burgos, Córdoba, Murcia y La Rioja
Olivar	Córdoba, Murcia y La Rioja
Naranja	Valencia, Murcia y Córdoba
Trigo	Burgos, Córdoba, Murcia y La Rioja
Cebada	Burgos y Valladolid

Tabla 1. Cultivos estudiados en cada provincia.

Las series son de frecuencia anual debido a la propia naturaleza de los datos, ya que éstos se refieren necesariamente a cosechas completas. Por ejemplo, la información de la encuesta relativa al año agrícola 1997, hace referencia a la campaña agrícola comprendida entre el 1 de octubre de 1996 y el 30 de septiembre de 1997.

Los datos de Rendimiento agrícola ( $R_t$ ) no provienen directamente de la fuente, sino que han sido calculados a partir del siguiente índice sencillo:

$$R_t = \frac{P_t}{ST_t}$$

Donde:

$P_t$  : Producción total recogida (toneladas)

$ST_t$  : Superficie total plantada (ha)

Se puede observar que para casi todos los cultivos el rendimiento muestra una clara tendencia creciente, además de una fuerte variabilidad. En las series históricas, en la Figura 2, se observa que además, la varianza de este rendimiento es cada vez mayor en el tiempo.

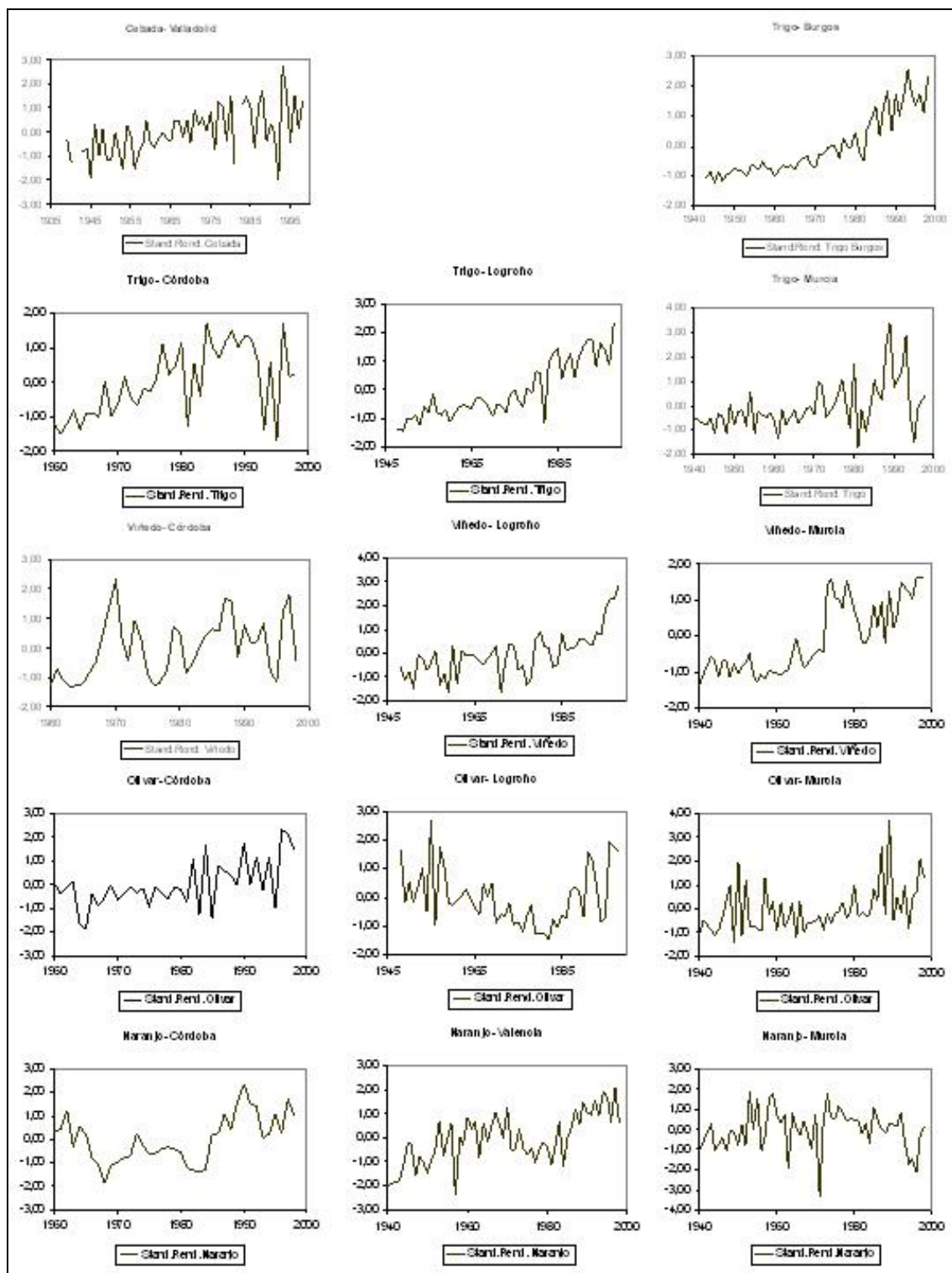


Figura 2. Series históricas del rendimiento de los cultivos estudiados en cada provincia.

## Fuente y tratamiento de los datos meteorológicos

Los datos meteorológicos proceden en su totalidad del Instituto Nacional de Meteorología (INM, 1939-2000). Las estaciones meteorológicas que se han elegido como representativas de cada una de las provincias de estudio se muestran en la Tabla 2.

Nombre de la estación	Latitud	Longitud	Altitud
BURGOS/VILLAFRIA	42,37 N	-3,63 W	894
CORDOBA/AEROPUERTO	37,85 N	-4,83 W	92
LOGROÑO/AGONCILLO	42,45 N	-2,33 W	353
MURCIA	38,00 N	-1,10 W	0
VALENCIA/VIVEROS	39,48 N	-0,38 W	13
VALLADOLID	41,65 N	-4,77 W	734

Tabla 2. Estaciones meteorológicas seleccionadas.

De cada una de las estaciones mencionadas y para cada uno de los meses del año se trabajó con las siguientes variables meteorológicas:

- Temperatura absoluta mínima
- Temperatura media media
- Temperatura máxima media
- Precipitación total acumulada
- Número de días al mes que la temperatura bajó de 0° C

Todos los datos tienen frecuencia anual.

Se generaron además las siguientes variables agregadas con el fin de considerar los efectos acumulativos:

- Para las variables de temperatura se generaron medias trimestrales de septiembre a noviembre, de diciembre a febrero, de marzo a mayo y de junio a agosto. Además se calculó una media anual de septiembre a agosto.
- Para las variables de precipitación y de helada se generaron variables acumuladas de septiembre a noviembre, de diciembre a febrero, de marzo a mayo y de junio a agosto. Además se calculó una variable anual acumulada de septiembre a agosto.

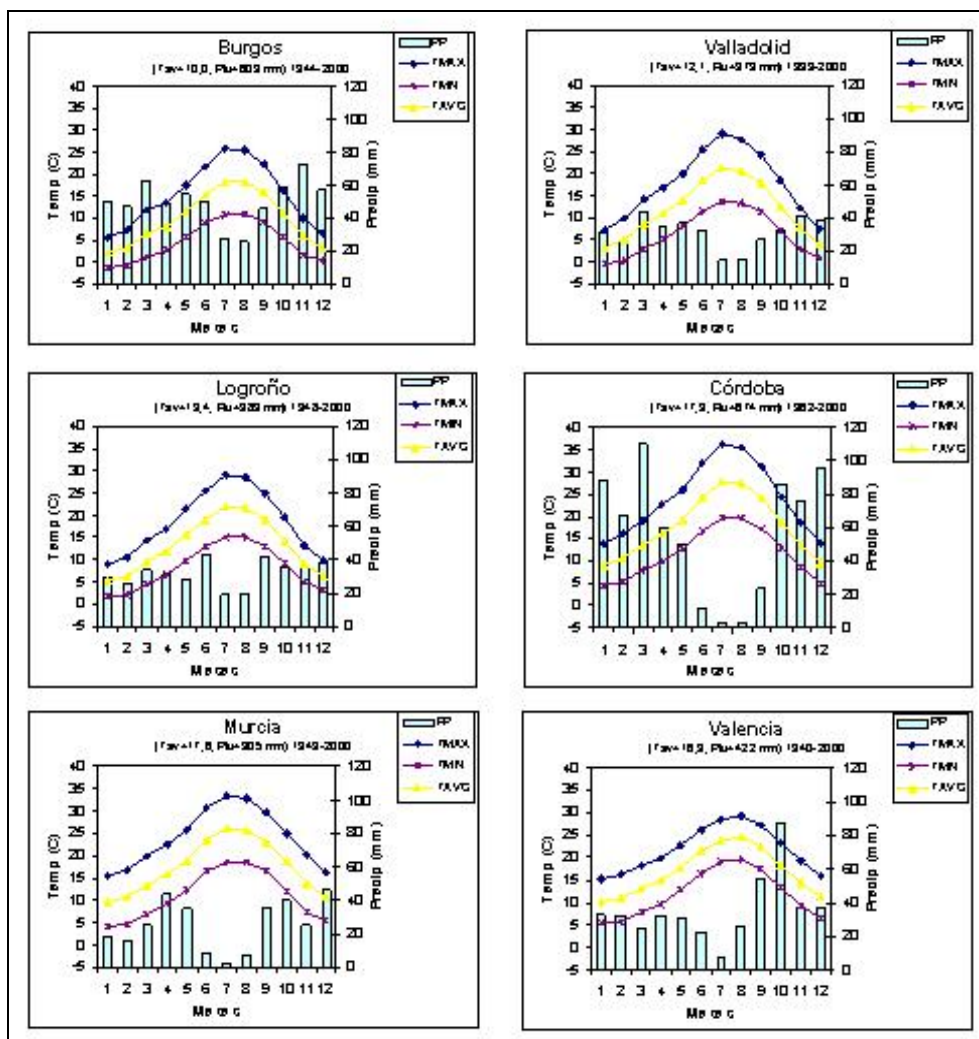


Figura 3. Variables climáticas en cada provincia.

Por otra parte, para evaluar los impactos del cambio climático en los cultivos, ha sido necesario disponer de escenarios futuros, que se pueden derivar de un modelo de clima global (GCMs).

Los GCMs son formulaciones matemáticas que integran los procesos que componen el sistema climático: atmósfera, océano, criosfera, biosfera y geosfera. A pesar de su aparente complejidad, los GCMs son por fuerza una simplificación del sistema climático. Existen diferencias entre los distintos modelos de clima global, pero todos ponen de manifiesto un aumento de temperaturas y una disminución de precipitación en la mayor parte de los casos. De acuerdo con el IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change) la temperatura media mundial (del aire en la superficie de la tierra) ha aumentado de 0.3 a 0.6°C durante los últimos 100 años, habiéndose registrado los cinco años más cálidos en todo el mundo durante el decenio de 1980, y manteniéndose las temperaturas altas en la actualidad. (Figura 4).



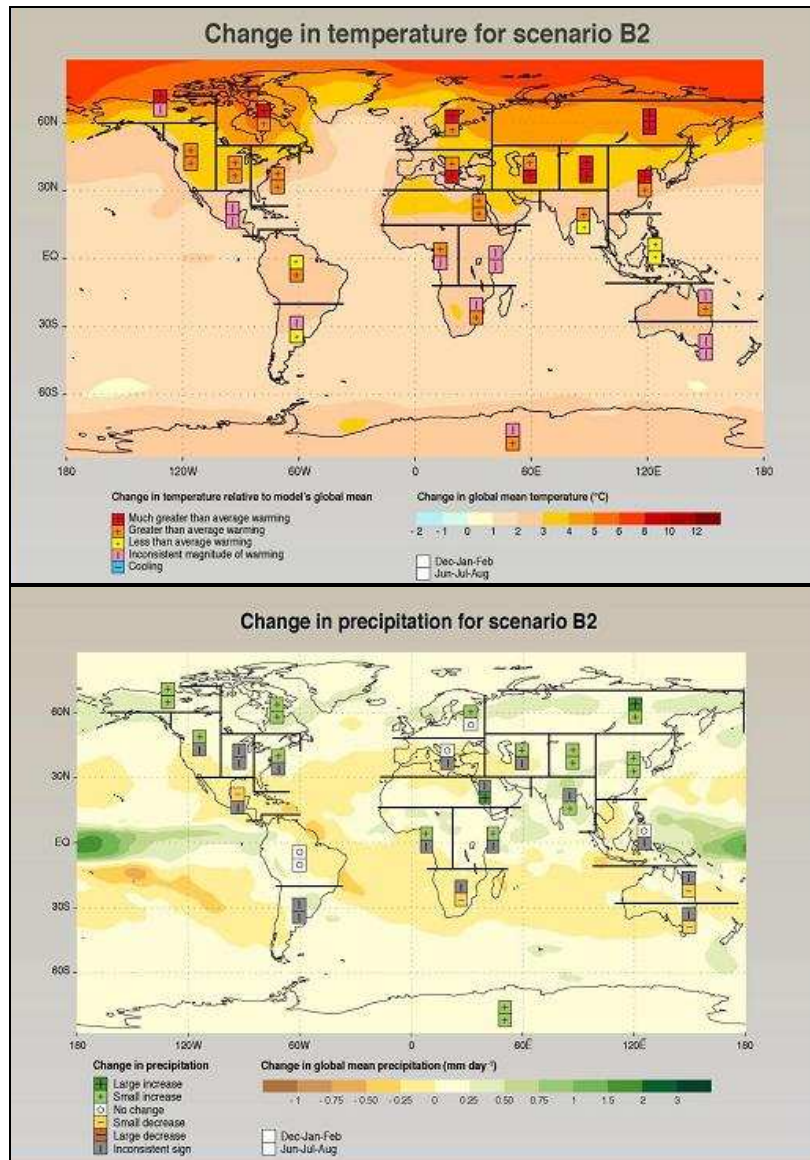


Figura 4. Variaciones en la temperatura y la precipitación según el IPCC.

Los escenarios climáticos para este estudio, se han obtenido analizando las variaciones en temperatura y precipitación derivadas del modelo de clima global Had CM2 de la Oficina Meteorológica del Reino Unido (UK Met Office) para la década 2050, que se muestran en la tabla 3.

Para cada estación meteorológica se calculó un escenario alterando las variables climáticas observadas en el año 2000, con el output de simulaciones del modelo de clima global HadCM2.

Provincia	Variación en la temperatura. Incremento en grados anuales	Variación en las precipitaciones. Cambio en tanto por ciento anual
Logroño	1,00	17%
Murcia y Valencia	2,10	-41%
Córdoba	2,39	-31%
Valladolid	2,06	-1%
Burgos	0,52	50%

Tabla 3. Variaciones en la temperatura y la precipitación derivadas del modelo de clima global Had CM2 de la UK Met Office para la década 2050.

### 3. Análisis estadístico y modelos estimados

Para determinar qué variables climáticas explican parte de la varianza de la productividad agrícola, se han estimado modelos de regresión lineal.

Como señalamos antes, el rendimiento ha sido creciente en el tiempo para casi todos los cultivos y provincias, al igual que su variabilidad. Es decir, las series históricas no son estacionarias ni en media ni en varianza.

Por ello, se han seguido las siguientes estrategias:

Para tratar de explicar la tendencia creciente de las series y hacerlas estacionarias en media, se ha introducido el índice de mecanización (Maq) como variable explicativa, como proxy del progreso técnico en la agricultura.

En los casos en que este índice no explica la tendencia creciente de los rendimientos o se siguen apreciando problemas de autocorrelación en los residuos, se tomó la primera diferencia de la serie de rendimientos como variable dependiente, (en ese caso se explica la variación interanual de los rendimientos en función del clima), o se introdujo como variable explicativa la variable de rendimiento retardada un periodo, lo cuál expresa en el caso de ser significativa, que la variable presenta cierta persistencia que no se ha logrado explicar.

Por otra parte, se ha considerado la variable dependiente en logaritmos para evitar la no estacionariedad en varianza.

Las variables explicativas se han introducido por bloques para evitar problemas de multicolinealidad.

Se ha estimado el siguiente modelo para cada cultivo y provincia:

$$Y_t = F(\text{Maq}_t, \text{Tme}_{it}, \text{Froz}_{it}, \text{Plut}_{it}, \text{Tmax}_{it}) + \varepsilon_t$$

Donde  $Y_t$  es la variable dependiente en el año t, ( $\text{Maq}_t, \text{Tme}_{it}, \text{Froz}_{it}, \text{Plut}_{it}, \text{Tmax}_{it}$ ) son las variables explicativas especificadas anteriormente para el año t, F es una función lineal con término constante y  $\varepsilon_t$  recoge los residuos de la regresión.

Además, en algunos casos se han introducido variables ficticias para el tratamiento de datos anómalos:  $\text{Imp}_t$  = impulso en el año t, toma el valor 1 en el año t y 0 para el resto.

$\text{Esc}_t$  = escalón en el año t, toma el valor 1 para todos los años a partir del año t y cero para el resto.

Todos los modelos se han estimado suponiendo normalidad condicional del error. Los valores de los parámetros, su significatividad, y los rendimientos ajustados se han calculado por mínimos cuadrados ordinarios con el programa econométrico E-views. Para todas las regresiones, el estadístico Lung-Box se ha calculado sobre los residuos estandarizados al cuadrado, rechazando en todos los casos la hipótesis nula de autocorrelación. La ausencia de heteroscedasticidad se ha comprobado mediante el test de White.

Por último, se han evaluado los impactos del cambio climático en el rendimiento de los cultivos a partir del escenario climático calculado para la década de 2050. Se han utilizado los modelos de regresión estimados para realizar una previsión de cómo variará el rendimiento de los diferentes cultivos en función del cambio climático que tenga lugar en cada provincia.

## 4. Resultados y discusión

En las Tablas 4-7 se muestran los valores de los coeficientes de las variables que han resultado relevantes para explicar el rendimiento de los cultivos estudiados en las diferentes provincias.

Provincia	Cultivo	Variable	Coefficiente	Error Típico	t-Statistic	R <sup>2</sup>
Burgos	Trigo	Maq	0,0048	0,0002	20,77	0,93
		Tmedjf	0,0534	0,0223	2,39	
		Frozmay	-0,0409	0,0170	-2,41	
		Frozson	-0,0104	0,0038	-2,70	
		Plutdec	-0,0016	0,0006	-2,50	
		Tmaxmay	-0,0207	0,0107	-1,93	
Valladolid	Cebada	Maq	0,0019	0,0003	6,44	0,78
		Plutmay	0,0042	0,0011	3,68	
		Tmaxmam	-0,0764	0,0230	-3,32	
		Tmaxnov	-0,0577	0,0178	-3,24	
		Imp <sub>45</sub>	-0,8070	0,2548	-3,17	
		Imp <sub>54</sub>	-0,8979	0,2409	-3,73	
		Imp <sub>92</sub>	-1,5051	0,2454	-6,13	
La Rioja	Trigo	Maq	0,0040	0,0002	19,11	0,90
		Plutmar	0,0031	0,0013	2,37	
		Imp <sub>49</sub>	-0,5296	0,1565	-3,38	
		Imp <sub>54</sub>	0,4613	0,1561	2,95	
		Imp <sub>82</sub>	-0,8632	0,1555	-5,55	
Córdoba	Trigo (variación interanual)	Tme apr	-0,2223	0,0696	-3,19	0,68
		Frozdjf	-0,0190	0,0063	-3,01	
		Plutapr	0,0034	0,0015	2,24	
		Tmaxjan	-0,1810	0,0774	-2,34	
		Tmaxson	-0,2250	0,0595	-3,78	
		Imp <sub>45</sub>	1,2988	0,4010	3,24	
		Imp <sub>68</sub>	1,4600	0,4090	3,57	
Murcia	Trigo	Maq	0,0017	0,0003	6,07	0,73
		Plutmar	0,0042	0,0010	4,02	
		Plutmay	0,0041	0,0011	3,85	
		Tmaxjul	-0,1014	0,0283	-3,58	
		Imp <sub>84</sub>	-1,2577	0,2216	-5,67	
		Imp <sub>95</sub>	-0,9208	0,2209	-4,17	

Maq = índice de mecanización, número de caballos de la maquinaria utilizada en la agricultura; Tme<sub>i</sub> = temperatura media del mes i o el trimestre I; Froz<sub>i</sub> = número de días de helada en el mes i o el trimestre I; Plut<sub>i</sub> = precipitación total del mes i o el trimestre I; Tmax<sub>i</sub> = temperatura máxima del mes i o el trimestre I; Imp<sub>j</sub> = variable impulso en el año j.  
i = jan, feb, mar, ..., nov, dec; I = son (sep, oct, nov); djf (dec, jan, feb); mam (mar, apr, may); jja (jun, jul, aug).

Tabla 4. Coeficientes estimados de las variables que influyen en el rendimiento del trigo según provincias (cebada en Valladolid).

Provincia	Cultivo	Variable	Coefficiente	Error Típico	t-Statistic	R <sup>2</sup>
La Rioja	Viñedo	Trac	0,0025	0,0003	7,25	0,73
		Tmedec	-0,0488	0,0235	-2,07	
		Plutfeb	0,0055	0,0024	2,30	
		Plutsep	-0,0022	0,0011	-2,02	
		Tmaxmay	0,0748	0,0145	5,17	
Murcia	Viñedo	Maq	0,0031	0,0006	4,82	0,91
		Tmemar	-0,0359	0,0198	-1,82	
		Tmesep	-0,0412	0,0221	-1,86	
		Plutaug	0,0024	0,0016	1,48	
		Plutdec	0,0016	0,0006	2,63	
		Tmaxdjf	-0,0486	0,0257	-1,89	
		Esc <sub>75</sub>	0,5351	0,1074	4,98	
		Esc <sub>82</sub>	-0,3265	0,0955	-3,42	
Córdoba	Viñedo (variación interanual)	Tmedjf	0,1588	0,0454	3,49	0,64
		Tmeoct	-0,0978	0,0312	-3,13	
		Plutfeb	-0,0020	0,0009	-2,34	
		Plutaug	0,0152	0,0072	2,11	
		Tmaxapr	0,0420	0,0230	1,83	
		Imp <sub>88</sub>	-0,7652	0,2474	-3,09	

Maq = índice de mecanización, número de caballos de la maquinaria utilizada en la agricultura;  
Trac = índice de mecanización, número de caballos de tractores utilizados en la agricultura; Tme<sub>i</sub> =  
temperatura media del mes i o el trimestre I; Froz<sub>i</sub> = número de días de helada en el mes i o el trimestre I;  
Plut<sub>i</sub> = precipitación total del mes i o el trimestre I; Tmax<sub>i</sub> = temperatura máxima del mes i o el trimestre  
I; Imp<sub>j</sub> = variable impulso en el año j; Esc<sub>j</sub> = variable escalón en el año j.  
i = jan, feb, mar, ..., nov, dec; I = son (sep, oct, nov); djf (dec, jan, feb); mam (mar, apr, may); jja (jun, jul,  
aug).

Tabla 5. Coeficientes estimados de las variables que influyen en el rendimiento del viñedo según provincias.

Provincia	Cultivo	Variable	Coefficiente	Error Típico	t-Statistic	R <sup>2</sup>
Murcia	Olivar	Tmefeb	0,1421	0,0432	3,29	0,63
		Tmejún	0,1388	0,0642	2,16	
		Plutsep	0,0065	0,0019	3,41	
		Plutdec	-0,0056	0,0020	-2,82	
		Tmaxmay	-0,0830	0,0390	-2,13	
		Imp <sub>49</sub>	-2,1465	0,4645	-4,62	
		Imp <sub>72</sub>	-1,1220	0,4791	-2,34	
		Imp <sub>94</sub>	-0,8840	0,4611	-1,92	
		Córdoba	Olivar	Maq	0,0025	
Froz <sub>dj</sub> f	0,0142			0,0031	-4,66	
Froz <sub>nov</sub>	-0,0820			0,0161	-5,10	
Plut <sub>apr</sub>	0,0031			0,0007	4,13	
Plut <sub>aug</sub>	0,0191			0,0058	3,32	
Imp <sub>63</sub>	-1,2366			0,2137	-5,79	
Imp <sub>93</sub>	-0,6846			0,2061	-3,32	
La Rioja	Olivar			Froz <sub>oct</sub>	0,3420	0,1169
		Plut <sub>jul</sub>	0,0051	0,0028	1,85	
		Tmax <sub>jan</sub>	-0,0823	0,0372	-2,21	
		Imp <sub>79</sub>	-0,9845	0,4356	-2,26	

Maq = índice de mecanización, número de caballos de la maquinaria utilizada en la agricultura; Tme<sub>i</sub> = temperatura media del mes i o el trimestre I; Froz<sub>i</sub> = número de días de helada en el mes i o el trimestre I; Plut<sub>i</sub> = precipitación total del mes i o el trimestre I; Tmax<sub>i</sub> = temperatura máxima del mes i o el trimestre I; Imp<sub>j</sub> = variable impulso en el año j.  
i = jan, feb, mar, ..., nov, dec; I = son (sep, oct, nov); djf (dec, jan, feb); mam (mar, apr, may); jja (jun, jul, aug).

Tabla 6. Coeficientes estimados de las variables que influyen en el rendimiento del olivar según provincias.

Provincia	Cultivo	Variable	Coefficiente	Error Típico	t-Statistic	R <sup>2</sup>
Murcia	Naranjo	Tmesept	0,0858	0,0235	3,65	0,54
		Froz <sub>apr</sub>	-1,1278	0,1778	-6,34	
		Plut <sub>jun</sub>	0,0018	0,0010	1,85	
		Tmax <sub>oct</sub>	-0,0485	0,0176	-2,75	
		Imp <sub>47</sub>	0,9629	0,2502	3,85	
Valencia	Naranjo	Tmesept	0,0681	0,0203	3,34	0,69
		Plut <sub>jun</sub>	0,0016	0,0008	2,16	
		Tmax <sub>may</sub>	0,0723	0,0176	4,11	
		Imp <sub>57</sub>	-0,8921	0,1552	-5,75	
Córdoba	Naranjo	Maq	0,0012	0,0005	2,40	0,71
		Tme <sub>may</sub>	0,0763	0,0282	2,71	
		froz <sub>jan</sub>	-0,0138	0,0058	-2,36	

Maq = índice de mecanización, número de caballos de la maquinaria utilizada en la agricultura; Tme<sub>i</sub> = temperatura media del mes i o el trimestre I; Froz<sub>i</sub> = número de días de helada en el mes i o el trimestre I; Plut<sub>i</sub> = precipitación total del mes i o el trimestre I; Tmax<sub>i</sub> = temperatura máxima del mes i o el trimestre I; Imp<sub>j</sub> = variable impulso en el año j.  
i = jan, feb, mar, ..., nov, dec; I = son (sep, oct, nov); djf (dec, jan, feb); mam (mar, apr, may); jja (jun, jul, aug).

Tabla 7. Coeficientes estimados de las variables que influyen en el rendimiento del naranjo según provincias.

En la figura 5 se pueden observar los gráficos de dispersión de los modelos estimados.

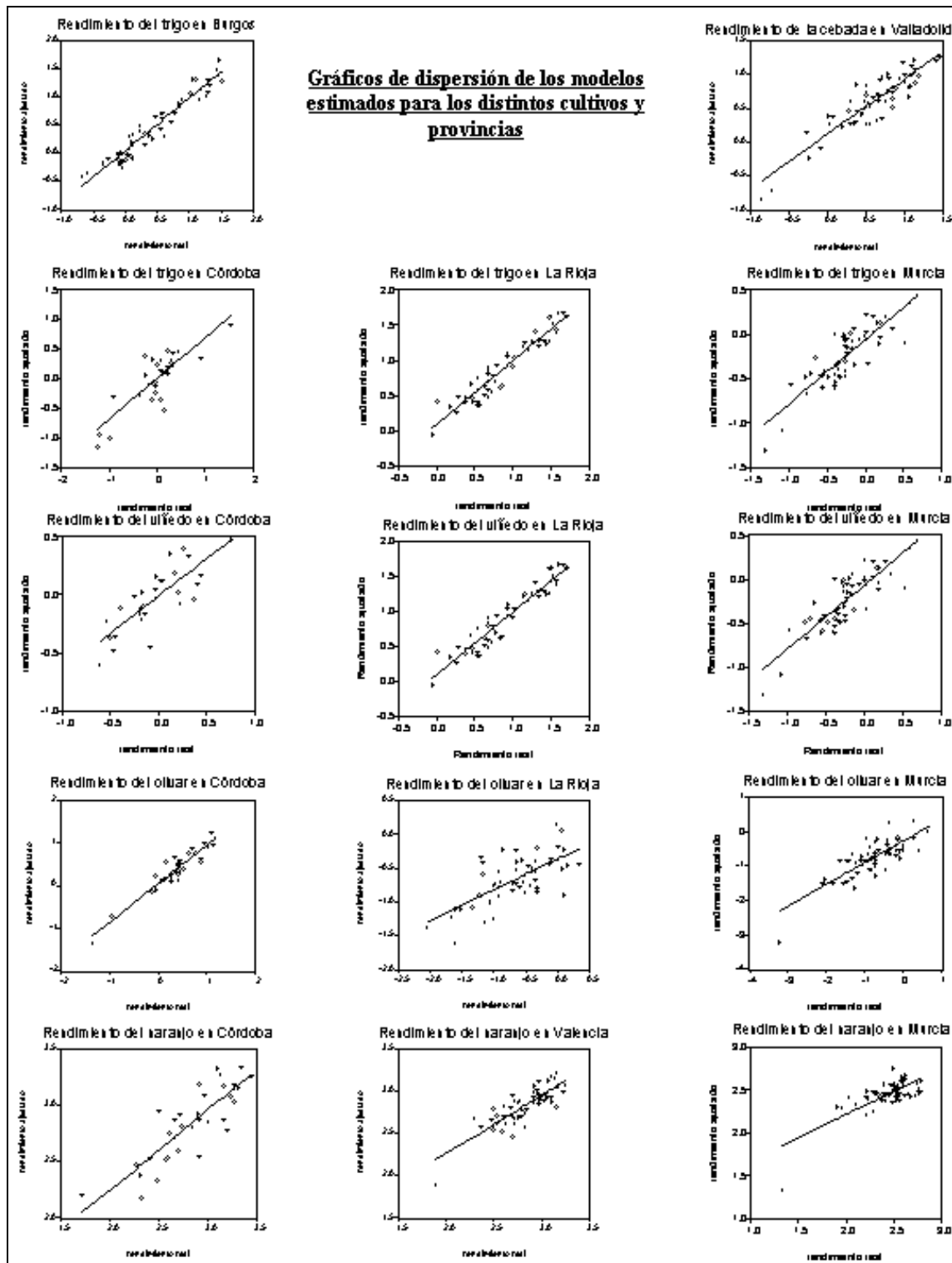


Figura 5. Gráficos de dispersión de los modelos estimados.

Utilizando los modelos estimados como funciones de respuesta de los cultivos a las posibles variaciones en el clima, se ha visto en qué tasa variaría el rendimiento como

consecuencia de los cambios de temperatura y precipitación previstos para la década de 2050 por el modelo de clima global HadCM2. (Figura 6).

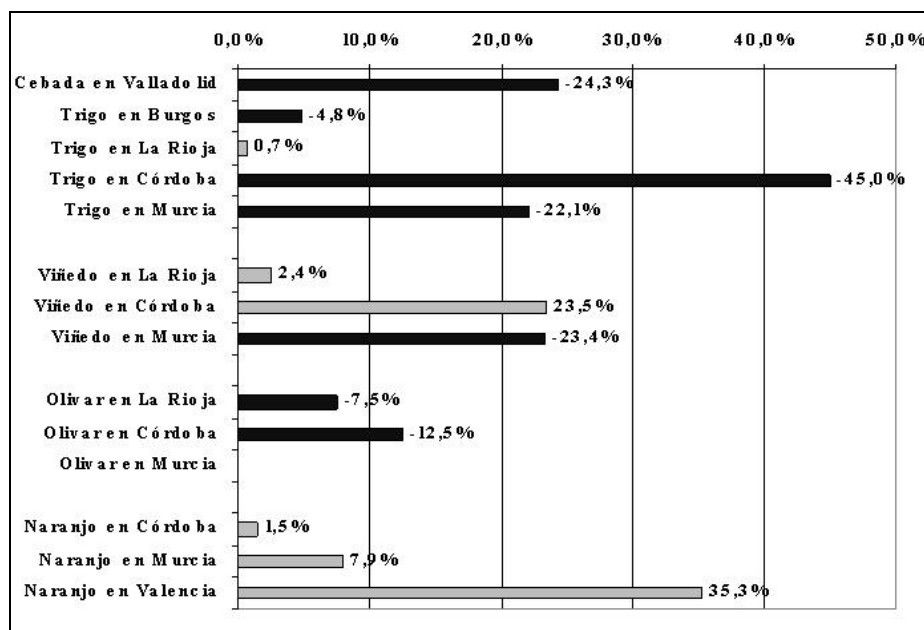


Figura 6. Cambio en los distintos cultivos en las distintas provincias ante el cambio en la temperatura y la precipitación previstos para 2050 por el modelo de clima global HadCM2.

Se observa que en los cultivos de secano tendría lugar una reducción de productividad prácticamente en todos los casos. No obstante, esas reducciones son mucho más acusadas en aquellas provincias con mayor estrés hídrico, esto es, Córdoba y Murcia (Figura 3).

Un comportamiento muy distinto se observa para los cultivos de regadío, que en todos los casos incrementan sus rendimientos al verse favorecidos por los incrementos de las temperaturas.

Las estrategias de adaptación al cambio climático podrían pasar por cambios en las prácticas de cultivo, tales como la introducción de más hectáreas de regadío para cultivos que tradicionalmente han sido de secano. No obstante, un mayor uso agrícola del agua; teniendo en cuenta el hecho de que los GCMs apuestan por que tendrá lugar una reducción de las precipitaciones; podría rivalizar con usos alternativos del agua.



## **5. Conclusiones**

El rendimiento de los cultivos en España ha experimentado una variabilidad creciente desde los años 70, afectando a la renta de los agricultores y a todo el sector agrario. En este sentido, un incremento de la variabilidad climática, puede tener importantes costes en dicho sector.

Las funciones de respuesta de los cultivos a las posibles variaciones en el clima nos permiten reducir la incertidumbre acerca de cómo se verá afectada la producción ante estos cambios.

El incremento de las temperaturas y la reducción en las precipitaciones, tal y como predicen las proyecciones de cambio climático, produciría reducciones importantes en los rendimientos de todos los cultivos de secano estudiados, siendo estas reducciones mayores en aquellos lugares con un déficit hídrico mayor.

La respuesta de los productores individuales debe pasar por cambios en las prácticas de cultivo, tales como el riego, al observarse una pauta muy distinta en los cultivos de regadío, que se ven incluso favorecidos por el incremento de las temperaturas.

## Bibliografía

1. Arthur, L.M., Abizadeh, F. (1988). "Potential Effects of Climate Change on Agriculture in the Prairie Region of Canada". *Western Journal of Agricultural Economics*, 12(2), pp. 21-24.
2. Fernández Díaz, A., Martín Pliego, J., Parejo Gámir, J.A., Rodríguez Saiz, L. (1987): *Los Efectos de la Meteorología sobre la Economía Nacional*. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid.
3. Font, I. (1983): *Climatología de España y Portugal*. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid.
4. Franke, M.D., Beattie, B.R., Embleton, M.F. (1990). "A comparison of alternative crop response models". *American Journal of Agricultural Economics*, 72, pp. 597-602.
5. Iglesias, A., Minguez, M.I. (1997). "Modelling crop-climate interactions in Spain: Vulnerability and adaptation of different agricultural systems to climate change". *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 1, 3, pp. 273-288.
6. Iglesias, A., et al. (2000). "Agricultural impacts of climate change in Spain: developing tools for a spatial analysis". *Global Environmental Change*, 10, pp. 69-80.
7. Iglesias, A. (2000). "Impacto del cambio climático en la agricultura: escenario para la producción de cultivos en España". En *El Cambio Climático* (Luis Balairón coord.). Servicio de Estudios del BBVA, Madrid, pp.183-199.
8. INM (1992). Selección de estaciones meteorológicas completas. Instituto Nacional de Meteorología (INM), Madrid.
9. IPCC (1996b). "Agriculture in a changing climate: impacts and adaptation". En: Watson, R.T., Zinyowera, M.C., Moss, R. H. (Eds.), *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses*. Cambridge University Press, Cambridge.
10. IPCC (2001): *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation & Vulnerability*. McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J., and White, K.S.(Eds). Cambridge University Press, UK.
11. Just, R.E., Pope, R. "Stochastic specification of production functions and economic implications". *Journal of econometrics*, 81, pp. 711-718.

12. Kaiser, H.M., et al. (1993). "A farm-level analysis of economic and agronomic impacts of gradual climate warming". *American Agricultural Economics Association*, 75, pp. 387-398.
13. MAPYA (1938-2000): *Anuarios de Estadística Agroalimentaria*. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, Madrid.
14. Roll, R. (1984). "Orange Juice and Weather". *American Economic Review*, 71(5), pp.861-880.
15. Rosenzweig, C., and Iglesias, A. (1998). "The use of crop models for international climate change impact assessment". In: G.Y. Tsuji, G. Hoogenboom and P.K. Thornton (eds.) *Understanding Options for Agricultural Production*. Kluwer, Dordrecht. pp.267-292.
16. Shafer, C.E. y Mjedle, J.W. (1994). "Weather, Agricultural Production and Prices", En John F. Griffiths (ed.) *Handbook of Agricultural Meteorology*. Oxford University Press, New York, pp. 299-308.