

# NUEVO SISTEMA DE PREDICCIÓN DE COSECHA DE CEREALES DE CASTILLA Y LEÓN

*Alberto Gutiérrez<sup>1</sup>, Ignacio Villarino<sup>2</sup>, David A. Nafría<sup>1</sup>, Nieves Garrido<sup>2</sup>, Inmaculada Abia<sup>2</sup>, Miriam Fernández<sup>1</sup> y Lorenzo Rodríguez<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León

<sup>2</sup>Delegación de AEMET en Castilla y León

*RESUMEN: Castilla y León es una región caracterizada por su gran extensión geográfica en la que la agricultura, la ganadería y el medio ambiente tienen un gran peso en la economía regional. La necesidad del sector agrario de tener una estimación de la producción de cereales de una manera objetiva y reproducible, ha llevado a elaborar un boletín de predicción de cosecha de cereales de invierno en esta comunidad. Durante la campaña 2014-2015 este boletín se realizó de manera experimental y ha sido en la campaña 2015-2016 cuando se ha comenzado a elaborarlo, emitirlo y difundirlo de forma operativa. El boletín, fruto de la colaboración entre AEMET y el ITACyL (Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León), se publica quincenalmente a lo largo de la campaña agrícola en la dirección web: <http://cosechas.itacyl.es>.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde un punto de vista agrícola el clima, junto con el suelo y las prácticas culturales desarrolladas por el agricultor (variedades cultivadas, fertilizantes, laboreo, etc.), constituye uno de los principales factores productivos. Todos los factores, excepto la meteorología, son manejables por el agricultor o, al menos, tienen un carácter permanente a lo largo de la campaña como, por ejemplo, el suelo. La atmósfera, sin embargo, es caótica e imprevisible y constituye el principal factor que incide en la variabilidad de la producción agrícola, sobre todo en la agricultura de secano.

El sistema de predicción se basa en la ejecución de un modelo agronómico que simula el desarrollo diario del cultivo. Este modelo ha sido calibrado convenientemente en todo el territorio de Castilla y León para la cebada y el trigo de secano y se nutre, entre otros, de datos meteorológicos compuestos de la siguiente forma: desde el principio de la campaña hasta la fecha de emisión del boletín se usan datos meteorológicos reales, se añade la predicción meteorológica a diez días y por último, hasta el final de ciclo, se incorporan los escenarios climáticos de los últimos 30 años. Al proceder de esta forma, se obtiene un conjunto de posibles cosechas finales, que son procesadas estadísticamente y agregadas a nivel provincial. Este dato provincial, junto con su variación con respecto a la media del rendimiento simulado de los últimos 30 años, es uno de los resultados que incluye el boletín. El método pretende ser una herramienta de carácter científico-técnico, objetiva, reproducible e independiente que aporte al sector primario información sobre los rendimientos esperados.

Geográficamente, en el contexto de la península ibérica, Castilla y León se sitúa en una latitud media y está dentro de una zona de alta variabilidad climática lo que implica que las estaciones tengan marcados rasgos en lo que se refiere a los regímenes de temperatura y precipitación.

La precipitación media en Castilla y León es de unos 650 mm, aunque existe una gran oscilación de unas zonas a otras (figura 1). La precipitación en la meseta apenas alcanza

los 400 mm, mientras que se superan los 600 mm en las cuencas periféricas y los 1000 mm en las zonas de montaña del norte. En las zonas llanas, donde se concentra la mayor parte de la actividad agraria, la distribución de la precipitación media es muy similar en las tres estaciones húmedas: unos 110 mm en otoño y primavera, y algo inferior en invierno.

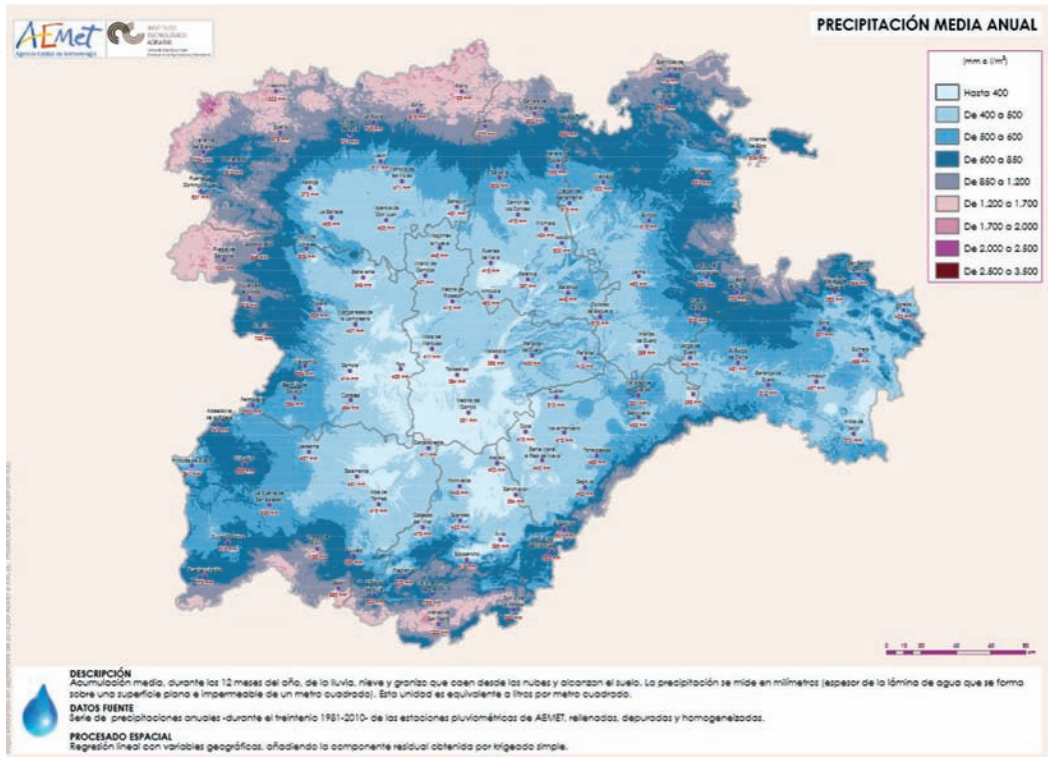


Figura 1. Mapa de precipitación media anual en Castilla y León (<http://hdl.handle.net/20.500.11765/4674>).

Estos regímenes térmicos y pluviométricos, con veranos secos y calurosos, condicionan en gran medida el desarrollo de los cultivos en secano y hacen que la producción se centre, fundamentalmente, en otoño, invierno y primavera.

## 2. SISTEMA DE PREDICCIÓN DE COSECHAS

En el contexto de los cultivos de invierno, el trigo y la cebada predominan de forma significativa. Esta preponderancia se debe a su elevado potencial productivo y al interés comercial de su producción que se destina tanto a la alimentación humana como a la animal. En este sentido, Castilla y León es la principal productora nacional de cereales de invierno con una superficie media de 1,9 millones de hectáreas. Desde el punto de vista económico los cereales de invierno aportan de media unos 1200 millones de euros anuales, representando este valor el 21 % de la producción final agraria y el 44 % de la producción vegetal

(Secretaría General, Consejería de Agricultura y Ganadería). La mayor parte de esta producción se obtiene en explotaciones de secano que, como se ha comentado anteriormente, está sometida a la variabilidad de la precipitación.

A la vista de estos datos, se entiende que la estimación de la producción de la campaña en curso tenga un importante valor en la cadena de producción y comercialización por lo que, desde hace décadas, los servicios de estadística agraria elaboran avances de producción que son remitidos al Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Estos avances se realizan mediante la integración del conocimiento local a través de las comisiones provinciales de estadística, órganos colegiados compuestos por representantes de la Administración, de las organizaciones profesionales agrarias, de las cooperativas agrarias y almacenistas. El método de estimación se basa en la agregación del conocimiento local de estos interlocutores y tiene el valor de la experiencia y el contacto real con los productores. Sin embargo, dado que el dato ofrecido es fruto del consenso entre partes con intereses contrapuestos, este puede adolecer de objetividad y, en cualquier caso, carece absolutamente de reproducibilidad.

Así la situación actual, y con el fin de dotar a las comisiones provinciales de estadística de una herramienta basada en criterios técnicos más objetivos, en 2013, la Consejería de Agricultura y Ganadería de la Junta de Castilla y León puso en marcha un sistema de muestreo de parcelas en toda la comunidad para determinar los rendimientos de los cultivos.

El principal inconveniente que se observó en este sistema es que los resultados se obtienen en el momento de la cosecha, lo que no permite hacer una estimación de rendimientos previa a la misma. Por ello, el ITACyL, en colaboración con AEMET y en coordinación con la Secretaría General de la Consejería de Agricultura y Ganadería, puso en marcha, en la campaña 2014-2015, un sistema de predicción de cosecha de cereales basado en la utilización de un modelo agronómico que utiliza, como se explicó anteriormente, los datos meteorológicos del año en curso.

Este sistema, por lo tanto, se convierte en una herramienta que pretende ser un complemento a las observaciones realizadas directamente en campo y que provea de información sobre la cosecha estimada con anterioridad a la disponibilidad de los datos oficiales. No obstante, hay que tener siempre en cuenta que el modelo es una simplificación de la realidad y que, por tanto, sus resultados deben ser explotados dentro de los límites en los que la parametrización del modelo ha sido realizada.

El hecho de disponer de este sistema de predicción de cosecha convenientemente calibrado en toda la comunidad ofrece otra ventaja añadida, que es la de poder aprovechar toda la infraestructura tecnológica desarrollada para otros fines distintos a los de la propia predicción. En este sentido y como ejemplos de estos otros usos se podrían citar los siguientes: evaluar los impactos relacionados con los efectos de posibles cambios climáticos, realizar estudios de viabilidad de nuevos cultivos, valorar los efectos económicos del cambio en las prácticas agrícolas o en el uso de insumos, etc.

## **2.1. Datos y metodología empleada**

Para entender el funcionamiento del sistema de predicción de cosechas, es necesario explicar un poco más en profundidad el origen de los datos que se utilizan y dónde y cuándo se ejecuta el modelo agronómico. El modelo utilizado es AquaCrop (versión 4.0), que

es desarrollado y mantenido por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) y que, además, está particularmente ajustado para lugares donde el agua es el factor limitante en la producción.

Para su funcionamiento, AquaCrop necesita una serie de datos diarios que condicionan, positiva o negativamente, el desarrollo del cultivo. En el caso de la predicción de cosechas, el modelo se ejecuta en su configuración más sencilla, es decir, solo se utilizan los datos de clima, de suelo y la fenología del cultivo. El origen de cada uno de ellos es el siguiente: para la climatología se utilizan los datos de la red de estaciones meteorológicas de AEMET y de la red de InfoRiego, que gestiona el ITACyL (<http://www.inforiego.org/>); las características edafológicas se obtienen de la base de datos de suelos disponible en la web: <http://suelos.itacyl.es> (figura 2); y, por último, la fenología del cultivo se obtiene de la red de ensayos de cereales del ITACyL (figura 3). También es necesario remarcar que, como dato meteorológico, se incorpora la predicción meteorológica determinista a diez días, procedente del modelo del Centro europeo de predicción meteorológica a medio plazo.

El objetivo es realizar la predicción de cosecha en toda la comunidad autónoma y a tal efecto, se crea una malla regular de puntos de 2 km × 2 km distribuida sobre toda la región donde se ejecuta el modelo agronómico. En total 23 540 localizaciones. Por lo tanto, se hace necesario interpolar los valores de todas las variables anteriormente expuestas a cada uno de los puntos de esta malla regular.

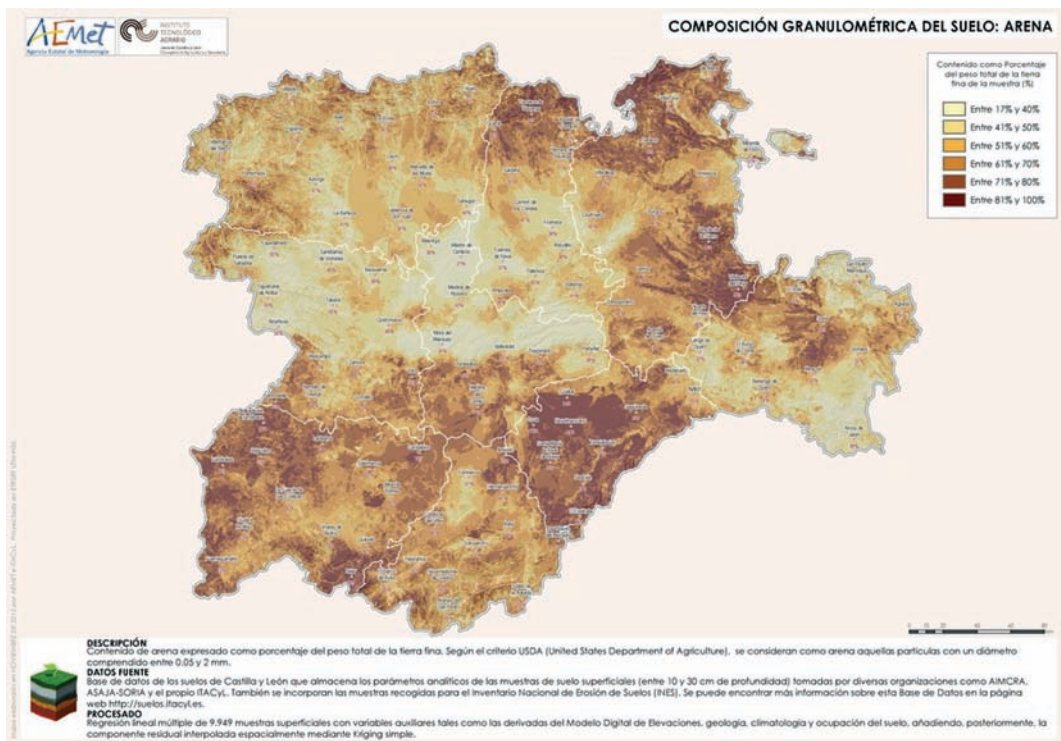


Figura 2. Mapa de composición del suelo  
(<http://suelos.itacyl.es>, <http://hdl.handle.net/20.500.11765/4674>).

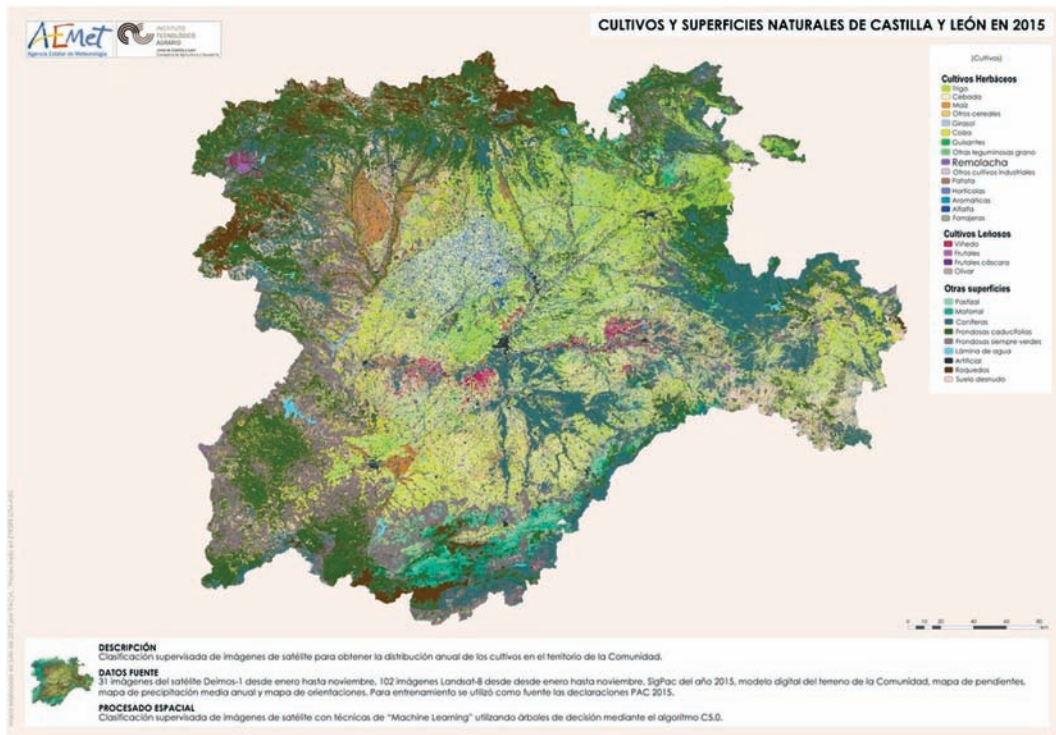


Figura 3. Mapa de cultivos y superficies naturales obtenido a través de imágenes de satélite (<http://www.mcsncyl.itacyl.es/>, <http://hdl.handle.net/20.500.11765/4674>).

### 3. RESULTADOS

Si bien es cierto que el boletín se emite cada quince días, el modelo se ejecuta diariamente en cada una de las localizaciones anteriormente descritas y para ambos cultivos. El boletín, propiamente dicho, es un documento en formato ODF que se estructura de la siguiente forma:

- Resumen agroclimático de la campaña en curso que resalta las novedades acaecidas desde la emisión del boletín anterior. También, en este resumen, se incluyen mapas climatológicos.
- Predicción de rendimientos (tabla 1), la predicción propiamente dicha. El resultado se resume en una tabla por provincias que se estructura en dos grandes bloques: el primero de ellos con los rendimientos simulados históricos, y el segundo con una simulación para el año en curso.

El bloque de los rendimientos simulados históricos se incluye como punto de comparación de la campaña actual. Para calcular este dato se ejecuta AquaCrop pero, en este caso, utilizando la climatología de cada uno de los años de una serie histórica de 30 años. Posteriormente, se aplica al resultado de cada uno de los años la fórmula de calibración obtenida para cada provincia y, finalmente, se agregan los resultados a nivel provincial. El dato que aparece en la tabla, por lo tanto, es la media provincial del rendimiento simulado con el clima de los 30 años pasados, pero con las condiciones de cultivo actuales. Este dato es lo que se denomina media simulada a largo plazo.

RENDIMIENTO DE CEBADA (kg/ha)					
RENDIMIENTOS SIMULADOS HISTÓRICOS					Variación en 2016 (%) respecto a la media a largo plazo
PROVINCIAS	Media 2014	Media 2015	Media largo plazo	MEDIA	
Ávila	1875	1618	2410	3038	26
Burgos	3397	2812	3366	3808	13
León	2494	2136	2477	2907	17
Palencia	2914	2373	2861	3470	21
Salamanca	1933	1807	2783	3501	26
Segovia	2335	1984	2674	3421	28
Soria	2492	2408	2677	3131	17
Valladolid	2494	2006	2854	3708	30
Zamora	2393	1937	2714	3543	31
<b>Castilla y León</b>	<b>2608</b>	<b>2173</b>	<b>2854</b>	<b>3509</b>	<b>23</b>

RENDIMIENTO DE CEBADA (kg/ha)							
PROVINCIAS	RENDIMIENTOS SIMULADOS HISTÓRICOS			SIMULACIÓN 2016			Variación en 2016 (%) respecto a la media a largo plazo
	Media 2014	Media 2015	Media largo plazo	Escenario moderadamente seco	MEDIA	Escenario moderadamente húmedo	
Ávila	1875	1618	2410	3047	3103	3163	29
Burgos	3397	2812	3366	3809	3833	3863	14
León	2494	2136	2477	2901	2903	2907	17
Palencia	2914	2373	2861	3463	3475	3488	21
Salamanca	1933	1807	2783	3490	3563	3635	28
Segovia	2335	1984	2674	3418	3457	3502	29
Soria	2492	2408	2677	3146	3181	3219	19
Valladolid	2494	2006	2854	3703	3745	3784	31
Zamora	2393	1937	2714	3532	3565	3598	31
<b>Castilla y León</b>	<b>2608</b>	<b>2173</b>	<b>2854</b>	<b>3508</b>	<b>3542</b>	<b>3576</b>	<b>24</b>

Tabla 1. Ejemplo de resultados de estimación de rendimientos de cebada para el boletín n.º 4, de 3 de junio de 2016 (arriba), y para el n.º 3, de 16 de mayo de 2016 (abajo).

Si bien esta media simulada a largo plazo da una idea retrospectiva de cómo se está desarrollando la campaña actual, la comparación con la simulación de las dos campañas anteriores pone en un contexto más cercano los resultados. Esta es la intención que tienen las otras dos columnas incluidas en este bloque.

Con el fin de tener una visión general de cómo se va desarrollando la campaña en el conjunto de la comunidad, se incorporan mapas de variación de rendimiento con respecto a la media en todo Castilla y León (figuras 4 y 5).

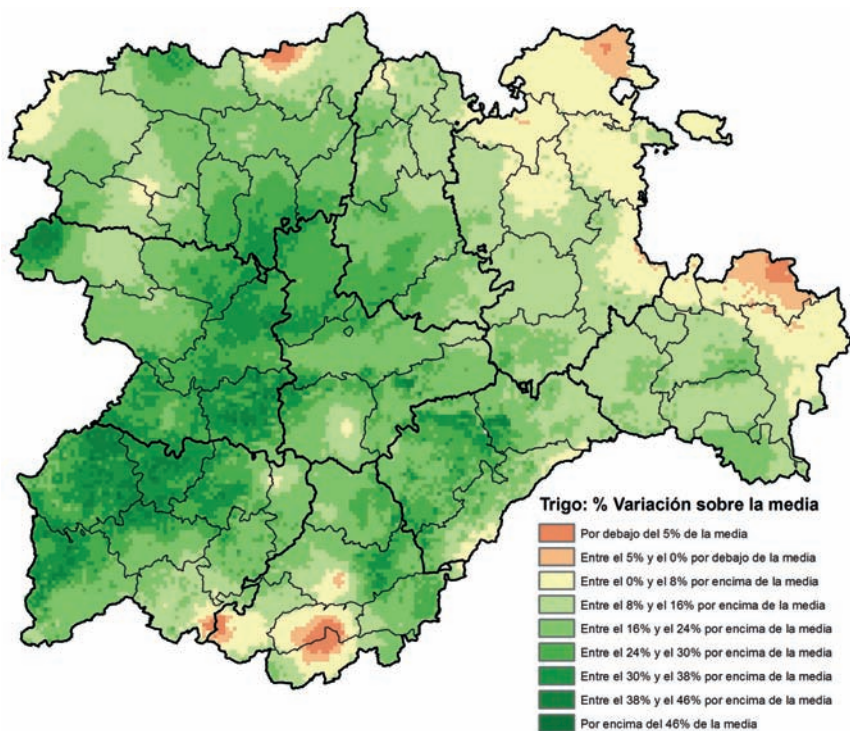


Figura 4. Variación relativa de rendimientos esperados de 2016 respecto a los simulados de los últimos 30 años.

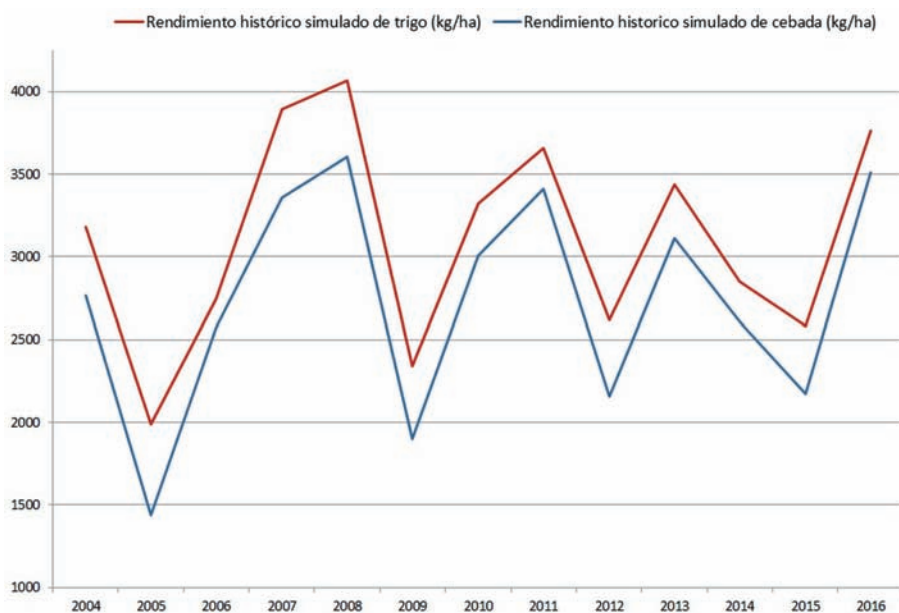


Figura 5. Evolución de los rendimientos históricos simulados para el trigo y cebada en el periodo 2004-2015. El dato de 2016 se corresponde con la simulación en la última campaña.

— Estimación de superficies y producción (tabla 2): a través de los datos facilitados por la Consejería de Agricultura y Ganadería y con los datos de las declaraciones de ayuda de la PAC (Política Agraria Común), se realiza una estimación de la superficie sembrada de cada cultivo y se elabora una estimación de la producción total de grano tanto a nivel provincial como a nivel de toda la comunidad.

Por último, el boletín también incluye un avance de la predicción para las siguientes dos semanas, en el cual se muestra la anomalía de precipitación con respecto a los datos normales en forma de mapas. La predicción a 15 días ha demostrado ser muy efectiva a la hora de analizar tendencias que acaban teniendo impactos sobre la producción final.

ESTIMACIÓN DE SUPERFICIES Y PRODUCCIONES						
PROVINCIAS	CEBADA			TRIGO		
	Superficie (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (t)	Superficie (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (t)
Ávila	47 650	3038	144 761	40 300	3302	133 071
Burgos	148 000	3808	563 584	216 500	4356	943 074
León	18 000	2907	52 326	57 000	3095	176 415
Palencia	113 000	3470	392 110	127 100	3625	460 738
Salamanca	36 000	3501	126 036	70 000	3453	241 710
Segovia	55 000	3421	188 155	72 940	3571	260 469
Soria	95 000	3131	297 445	103 500	3441	356 144
Valladolid	187 500	3708	695 250	101 000	3918	395 718
Zamora	44 300	3543	156 955	79 067	3604	284 957
<b>Castilla y León</b>	<b>744 450</b>	<b>3509</b>	<b>2 612 275</b>	<b>867 407</b>	<b>3760</b>	<b>3 261 450</b>

ESTIMACIÓN DE SUPERFICIES Y PRODUCCIONES						
PROVINCIAS	CEBADA			TRIGO		
	Superficie (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (t)	Superficie (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (t)
Ávila	47 650	3103	147 858	40 300	3458	139 357
Burgos	148 000	3833	567 284	216 500	4433	959 745
León	18 000	2903	52 254	57 000	3113	177 441
Palencia	113 000	3475	392 675	127 100	3676	467 220
Salamanca	36 000	3563	128 268	70 000	3531	247 170
Segovia	55 000	3457	190 135	72 940	3709	270 534
Soria	95 000	3181	302 195	103 500	3611	373 739
Valladolid	187 500	3745	702 188	101 000	4065	410 565
Zamora	44 300	3565	157 930	79 067	3655	288 990
<b>Castilla y León</b>	<b>744 450</b>	<b>3542</b>	<b>2 636 842</b>	<b>867 407</b>	<b>3856</b>	<b>3 344 721</b>

Tabla 2. Estimación de las superficies y producciones para los cultivos de cebada y trigo de secano correspondientes a los boletines n.º 4, de 3 de junio de 2016 (arriba), y n.º 3, de 16 de mayo de 2016 (abajo).



La respuesta al boletín tanto desde las instituciones de la comunidad como desde los usuarios especializados ha sido muy positiva; prueba de ello es que los resultados del mismo se han tomado como referencia en mucha prensa especializada del sector, lo que da ánimos para seguir trabajando en la mejora y ampliación del mismo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- DOBOS, E. *et al.* (2006). Digital Soil Mapping as a support to production of functional maps. EUR 22123 EN, 68 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- HENGEL, T. (2009). Geomorphometry concepts software and applications. Elsevier.
- KABACOFF, R. (2011). R in Action. Manning Publications Co. ISBN: 9781935182399.
- RAES, D. *et al.* (2012). AquaCrop Reference Manual AquaCrop Version 4.0. <http://www.fao.org/nr/water/docs/>.
- RICHARD, G. A. *et al.* (2006). FAO Irrigation and Drainage Paper n.º 56. <http://www.kimberly.uidaho.edu/water/fao56/fao56.pdf>.
- RODRÍGUEZ, J. A. (2009). Inferencia espacial de propiedades físico-químicas e hidráulicas de los suelos de Andalucía. Estudios en la zona no saturada del suelo. Vol. IX.
- SAXTON, K. E. (2006). Soil Water Characteristic Estimates by Texture and Organic Matter for Hydrologic Solutions. *Soil Science Society of America Journal*, 1569-1578.