

# MAPAS CLIMATOLÓGICOS DE USO AGRÍCOLA EN CASTILLA Y LEÓN

*Nieves Garrido del Pozo*

Jefa de la Unidad de Estudios y Desarrollos de la Delegación Territorial de AEMET en Castilla y León

*Diego Cubero Jiménez*

Ingeniero de Telecomunicación, Programa de becas de formación de AEMET

## 1. INTRODUCCIÓN

De todos es bien sabida la estrecha relación entre la meteorología y la agricultura, de cómo los fenómenos adversos pueden malograr las cosechas, o estas pueden beneficiarse de las buenas condiciones climáticas. Pero, sobre todo, hay que tener en cuenta los beneficios que produce un buen conocimiento del clima en la planificación de las tareas agrícolas.

Si la sociedad actual pretende utilizar los recursos de una forma sostenible, es imprescindible evaluarlos de manera cuantitativa y gestionarlos adecuadamente. El clima no es una excepción. La radiación solar, la precipitación, la temperatura, junto con la nutrición mineral y la gestión, son fundamentales para contar con un potencial primario en la producción agrícola. La información meteorológica basada tanto en la observación de datos como en el análisis climático de los mismos, ayuda a los agricultores a planificar sus actividades.

Dentro de este entorno y teniendo en cuenta que la agricultura es uno de los pilares más importantes de la economía de Castilla y León, se han desarrollado, en colaboración con el ITACyL (Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León), productos tanto climatológicos como de predicción que actualmente ya son de uso público.

Durante este año 2012 se espera publicar un atlas agroclimático de difusión *on-line*, con la inclusión de algunos mapas específicos que ayudan a la toma de decisiones a la hora de elegir determinados cultivos, periodos de siembra o recogida, elección de grano, etc., dentro del cual están los mapas que se explican a continuación.

## 2. MAPA DE AYUDA A LA ELECCIÓN DE TIPO DE GRANO DE MAÍZ EN FUNCIÓN DEL PROMEDIO DE LOS GRADOS-DÍA ACUMULADOS

En Castilla y León el cultivo de maíz es uno de los más importantes de regadío, en la actualidad es la primera comunidad de España en este cultivo (en el año 2011 se puso a la cabeza de España generando el 28 % del maíz nacional, siendo la provincia de León la mayor en tierras cultivadas seguida de la de Zamora y Salamanca). En apoyo a este tipo de cultivo se ha elaborado un mapa agroclimático que relaciona las variables medias climatológicas con los distintos tipos de grano de maíz.

Gracias a los programas de mejora de la Unión Europea, los agricultores tienen una amplia oferta de variedad de semillas de maíz. El objetivo es determinar cuál de ellas va a aportar un mejor rendimiento y calidad de cosecha, sin un aumento de costes y mejorando su competitividad. Todo esto está estrechamente relacionado con las condiciones agroclimáticas.

El maíz es una planta con una gran superficie foliar que se traduce en una gran capacidad para la fotosíntesis pero también para la evapotranspiración, por eso es una planta muy sensible a las altas temperaturas y a la falta de humedad del suelo. Requiere bastante incidencia de luz solar (en los climas húmedos el rendimiento es más bajo). Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 °C y los 20 °C.

La planta llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 6 °C y a partir de los 30 °C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de entre 20 °C y 32 °C. Es un cultivo exigente en agua, del orden de unos 5 l/m<sup>2</sup> al día y tan solo en zonas del norte de España y Pirineos se puede cultivar de secano, de manera que en Castilla y León el maíz ha de ser de regadío.

La variedad de maíz se define por su ciclo vegetativo (ciclo FAO) que determina el número de días transcurridos desde el nacimiento hasta alcanzar la madurez fisiológica, cuando el grano contiene el máximo de materia seca acumulable. La humedad del grano en ese momento es del 28 % al 30 % mientras que la madurez agronómica es cuando el grano puede ser cultivado (humedad entre 14 % y 18 %).

El ciclo se expresa en un número del 100 al 1 000:

- Ciclo de 200-300: muy corto o muy precoz.
- Ciclo de 400-500: corto o precoz.
- Ciclo de 600-700: ciclo medio.
- Ciclo de 800-900: largo o tardío.

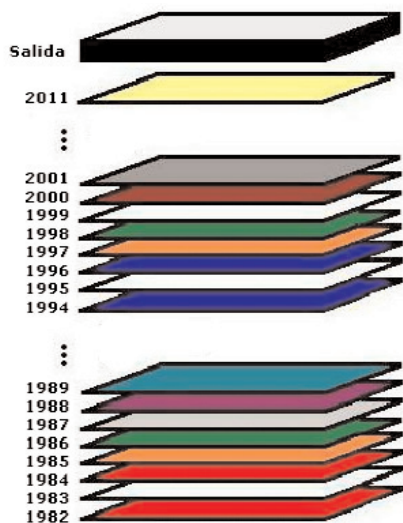
Se pueden caracterizar todas las etapas del ciclo vegetal (germinación, crecimiento, floración, madurez de frutos...) por el número de días entre eventos. Para cada una de ellas existe una temperatura crítica, llamada temperatura base, que marca el límite inferior de que esa etapa puede llevarse a cabo. Por este motivo, usar como unidad los días puede resultar una mala herramienta. Al depender las tasas de crecimiento de la temperatura, la medición de eventos puede ser mejorada si se expresan las unidades de desarrollo en términos de tiempo fisiológico en lugar de tiempo cronológico, por ejemplo en términos de acumulación de temperatura. En la práctica es muy común estimar el tiempo fisiológico en función del tiempo térmico, medido en grados-día, es decir, la suma de temperaturas medias diarias a lo largo del período necesario para que se complete el ciclo fisiológico, menos la temperatura umbral, llamada cero vital por debajo de la cual no existe crecimiento. Cuanto más baja sea esta temperatura, más tiempo se necesitará para alcanzar los grados-día.

La fórmula para el cálculo de los grados-día es la siguiente:

$$GDD = \frac{(T_{Max} + T_{Min})}{2} - T_{base}$$

Las temperaturas base de referencia difieren según el tipo de cultivo. Típicamente, en el modelo europeo para el maíz, se utilizan 30 °C para  $T_{Max}$  y 6 °C para  $T_{base}$ .

A partir de los datos almacenados en la base de datos climatológica de AEMET, se generó un mapa estadístico de grados-día para la Comunidad de Castilla y León con los límites anteriormente establecidos, que permita a los agricultores disponer de una ayuda u orientación a la hora de elegir la variedad a sembrar en cada zona.



El periodo idóneo para un análisis de datos climáticos es de treinta años, por lo que se decide usar los datos más recientes disponibles, comprendidos entre 1982 y 2011, para la realización del estudio.

Hay que tener en cuenta que se pretende realizar un mapa continuo a partir de valores discretos localizados en la ubicación de las estaciones disponibles. Dicha ubicación espacial está irregularmente distribuida en la superficie de la Comunidad. A su vez, existe el problema relativo a la cantidad y la calidad de los datos, ya que no todas las estaciones han existido simultáneamente y no siempre se tienen datos almacenados con la regularidad deseada.

El cálculo de los grados-día se realiza inicialmente para cada año del estudio, en el periodo entre la última helada de la primavera y la primera helada del otoño. En dicho periodo, se acumulan los valores diarios de la fórmula hasta obtener la suma total. Es por este motivo que este método también se conoce como el de **integrales térmicas** o **sumas térmicas**.

Como se ha explicado, existe el problema de que la base de datos pueda contener lagunas. Para solventar este problema, se estudia la naturaleza de estos días sin información. Se realiza una depuración y relleno de lagunas de los datos diarios de temperaturas máximas y mínimas.

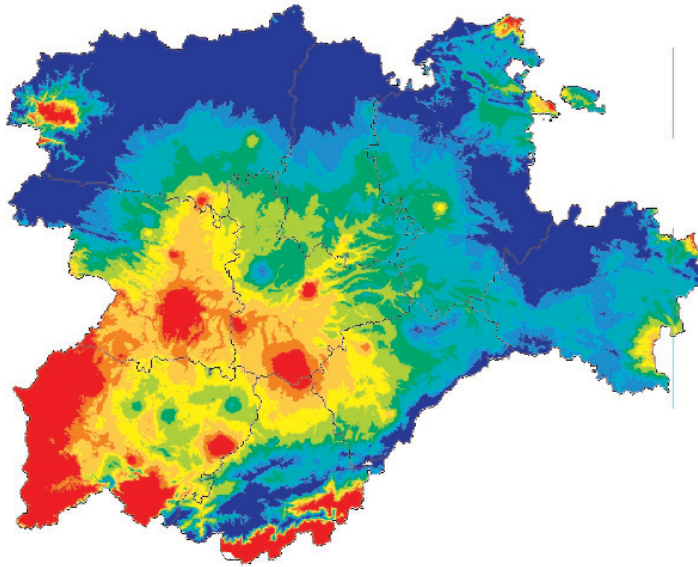
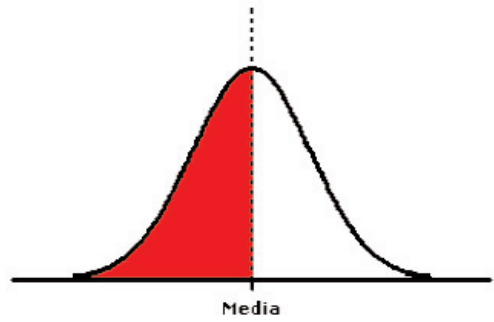
Paralelamente se genera el mapa teórico de grados-día, correlacionando los valores medios en la ubicación de la estación con variables geográficas tales como la latitud, longitud, altitud, distancia a los ríos, mares, etc.

Con los datos de las estaciones de grados-día para cada año y el mapa teórico, se calculan los valores denominados «residuos», entendidos como la diferencia entre el valor de la estación y el valor en ese mismo punto en el mapa teórico continuo. Con el conjunto de residuos se realizará una interpolación inversa con la distancia para obtener un mapa de residuos para cada año, que sumado al teó-


rico, proporciona el mapa continuo de los grados-día anual, manteniendo el valor en la estación y rellenando el espacio entre ellas con dichos valores fruto de una interpolación condicionada por las variables geográficas anteriormente enunciadas.

Observando el valor de un mismo punto en cada uno de los treinta mapas de grados-día anuales se percibe que dichos valores tienen una distribución similar a la curva de distribución normal o gaussiana.

Para la generación del mapa definitivo, se lee el valor del mismo píxel de cada mapa y con esos datos se obtiene la cuantía con 50 % de probabilidad.



El mapa nos muestra la distribución del promedio de los grados-día acumulados para los últimos treinta años, y la tabla asociada que relaciona dichos grados con la variedad del maíz según el ciclo FAO.

VALORES DEL ÍNDICE DE MADUREZ (30 % de humedad)				
	Ciclo FAO	Denominación	Mínimo	Máximo
	100	Ultraprecoces	-	1 725
	200	Muy precoces	1 726	1 825
	300	Precoces	1 826	1 925
	400	Semiprecoces	1 926	2 000
	500	Semiprecoces	2 001	2 075
	600	Ciclo medio	2 076	2 125
	700	Semitardíos	2 126	2 175
	800	Tardíos	2 176	2 225
			2 225	-

Observamos como las provincias más occidentales, la cuenca occidental del Duero, y la cuenca de los ríos Sil, Miño y Tajo, permitiría la siembra de cualquier variedad de maíz, mientras que en las provincias más orientales solo se podrían sembrar de media, variedades precoces o semiprecoces.

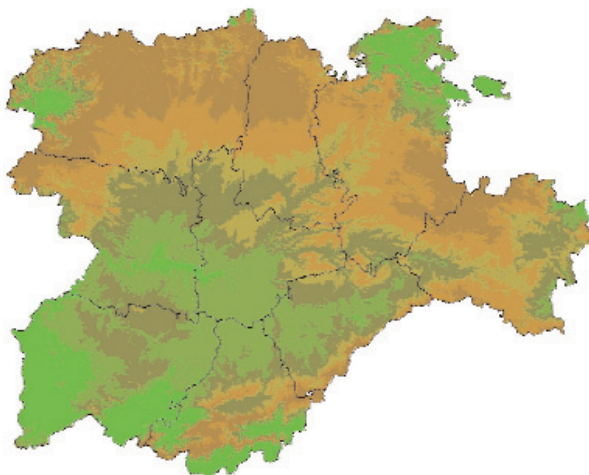
### 3. MAPA «DÍA DE INICIO DE CRECIMIENTO»

De igual modo que los grados-día se utilizan para controlar el «tiempo» entre dos estados del desarrollo vegetal, la temperatura también juega un papel determinante a la hora de establecer el momento de inicio de crecimiento vegetal. Obviamente, este valor depende de otros factores, principalmente del tipo de cultivo, pero el mapa resultado puede ser útil para hacer una estimación de en qué zonas comienza antes el proceso vegetal.

Se busca, para la realización de este mapa, el día del año tras 5 días consecutivos con temperatura superior a 5 °C, tomando datos de los últimos treinta años, es decir, del periodo 1982-2011.

El análisis se hace de manera similar al mapa anterior, primeramente por cada uno de los años, homogeneizando las series de datos, y buscando la correlación con los parámetros descritos en el modelo de regresión lineal múltiple.

Una vez que se tienen los mapas de cada uno de los años, se hará una media aritmética, píxel a píxel, de la misma posición en los distintos años. Con ese conjunto de valores se generará el mapa de inicio de crecimiento. El mapa nos muestra una distribución muy similar al anterior, con un fuerte gradiente de suroeste a nordeste, junto con las cuencas de los ríos no pertenecientes al Duero (Sil, Ebro y Tajo). Así, mientras que en la provincia de Salamanca el inicio sería hacia la mitad de febrero, en grandes zonas de León, Palencia, Burgos y Soria sería un mes posterior (a mediados de marzo).



DÍA DE INICIO DE CRECIMIENTO		
	Fecha entre	y
	15 de enero	5 de febrero
	5 de febrero	8 de febrero
	8 de febrero	11 de febrero
	11 de febrero	13 de febrero
	13 de febrero	17 de febrero
	17 de febrero	13 de marzo