

MODELIZACIÓN DE FACTORES FITOCLIMÁTICOS DE LA ESPAÑA PENINSULAR

J. Gonzalo Jiménez¹, J.M. García López² y C. Allué Camacho²

¹Departamento de Producción Vegetal y Recursos Forestales. E.T.S. de Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid. Avda. de Madrid 44. 34004 Palencia. España. jgonzalo@pvs.uva.es.

²Servicio Territorial de Medio Ambiente. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León. C/ Juan de Padilla s/n. 09006. Burgos. España.

Resumen

Para la realización de diagnosis fitoclimáticas territoriales basadas en los modelos de Allué-Andrade (1990, 1995, 1997) es imprescindible desarrollar una metodología para la *regionalización* de variables climáticas y factores fitoclimáticos a partir de técnicas de análisis geoestadístico. De esta forma y a partir de los datos meteorológicos de las series históricas comprendidas entre 1951 y 1999 procedentes de 1350 estaciones termoplumiométricas y 4100 estaciones pluviométricas seleccionadas de la red de estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Meteorología (Ministerio de Medio Ambiente), se construyen modelos de regresión de variables climáticas y factores fitoclimáticos por subregiones efectuando el análisis geoestadístico de los residuos. Las variables independientes que participan en los modelos son la altitud, latitud, continentalidad, radiación solar y nubosidad, lo que exige, a su vez, la elaboración de las bases de datos geográficas correspondientes a estas variables para todo el territorio de la España Peninsular, utilizando como fuente fundamental de datos el modelo digital de elevaciones europeo DEM 250 MONA pro Europe, cedido para el presente trabajo por la Unidad GI&GIS del Space Applications Institute del Joint Research Centre (Comisión Europea, Ispra-VA-Italia) de 0,0025° de resolución espacial y el modelo de radiación solar máxima elaborado para el territorio peninsular en colaboración con el Helios Environmental Modeling Institute, LLC (KS-USA).

Palabras Clave: Análisis Geoestadístico, Kriging, Regiones Fitoclimáticas.

INTRODUCCIÓN

El modelo fitoclimático de Allué-Andrade (1990,1995,1997) se alimenta de elaboraciones matemáticas sencillas sobre los datos climáticos; se trata de factores fitoclimáticos que tienen un valor preponderante en la determinación fitológica. La relativa escasez territorial de datos meteorológicos obliga a utilizar algún procedimiento de interpolación para calcular a partir de la muestra discreta de datos una superficie continua de valores.

En una primera aproximación a los métodos de interpolación espacial podemos diferenciar entre métodos de interpolación global, que suelen constituir un primer análisis necesario del área de estudio con objeto de detectar tendencias generales en los valores, y los métodos de interpolación local que actúan sobre los residuos una vez considerados los efectos anteriores. Entre los primeros podemos citar los trabajos de Ali (1998), Rajagopalan & Lall (1999), o los más recientes y aplicados a la España Peninsular de Sánchez Palomares *et al.* (1999) donde se establecen modelos de regresión de estimaciones climáticas termoplumiométricas (precipitación mensual, precipitación anual, temperatura media mensual, temperatura media de las máximas del mes más cálido, temperatura media de las mínimas del mes más frío y temperatura media anual) por subcuenca hidrográfica, en función de su posición geográfica (coordenadas X e Y y Altitud).

Dentro de los métodos de interpolación local podemos diferenciar entre métodos deterministas y métodos estocásticos. Entre los primeros destaca el uso de interpoladores lineales *IDW* (Inverse Distance Weighting Interpolator), Tomczak (1998) y funciones tipo *Spline* (*Thin Plate Splines*), Wendelberger (1998). Los últimos consideran que en el sistema intervienen factores que no se pueden pronosticar con precisión; consideran y miden la incertidumbre a través del uso de la probabilidad. Se trata de métodos basados fundamentalmente en la teoría de las variables regionalizadas (métodos geoestadísticos de interpolación). Probablemente son los métodos de análisis geoestadístico

(simplificando *Kriging*), las más utilizadas en interpolación de datos meteorológicos y climáticos en los últimos años, encontrando multitud de trabajos en sus diversas variantes: *Ordinary Kriging* (OK), *Indicator Kriging* (IK), *Class Kriging* (CK), etc.

Una de las aproximaciones geoestadísticas que hoy en día despierta un mayor interés para la interpolación de datos meteorológicos y climáticos es el llamado *Kriging with external drift* (KED) que nos permite utilizar información externa (de otras variables), transfiriendo modelos físicos de regresión de la variable de estudio al procedimiento *Kriging*. Los trabajos que han utilizado esta aproximación son numerosos: Merlier (1998a, 1998b), Agnew *et al.* (1998), Ninyerola (2000, 2001). Otro tipo de aproximación muy interesante y de plena actualidad, es la combinación de los métodos de interpolación expuestos con métodos de clasificación del tipo *Redes Neuronales Artificiales* (ANN- Artificial Neural Networks) y *Lógica Difusa y Conjuntos Borrosos* (*Fuzzy Logic, Fuzzy Sets*). El primer caso constituye un conjunto de métodos utilizados fundamentalmente en simulación de procesos y clasificación; el segundo caso propone una lógica alternativa a la clásica booleana de clasificación de conjuntos. Gallo *et al.* (1998) utilizan como modelo de interpolación de variables meteorológicas B-Splines Borrosas Cúbicas (FBS- Fuzzy B-Splines), Huang *et al.* (1998) utilizan un estimador basado en una función *Fuzzy* dinámica (DFFE – Dynamic Fuzzy-reasoning-based Function Estimator), Demyanov *et al.* (1998) utilizan un tipo especial de redes neuronales, DNNRK (Direct Neural Network Residual Kriging) para la interpolación de valores de precipitación diaria con muy buenos resultados.

MATERIALES Y MÉTODOS

La colección de estaciones meteorológicas (Instituto Nacional de Meteorología) termopluviométricas seleccionadas para las series históricas de datos de 1951 a 1999 en la España Peninsular (1350) supone una densidad del dato de aproximadamente 1 estación cada 366 km². En el caso de las estaciones pluviométricas (4.100) la densidad asciende a 1 estación cada 120 km².

En el trabajo que nos ocupa se ha optado por una metodología de interpolación tipo *Kriging with external drift* (KED) para las variables climáticas y factores fitoclimáticos del sistema fitoclimático de Allué-Andrade (1990). El modelo físico de regresión transferido utiliza como variables independientes la altitud, latitud, longitud, distancia a la costa, y radiación solar corregida, mientras que para las variables climáticas o factores fitoclimáticos de carácter termopluviométrico o pluviométrico se han ensayado las mismas variables a excepción de la radiación solar corregida, que es en este caso, sustituida por una variable de nubosidad corregida. En el cálculo de los modelos de regresión se ha efectuado una estratificación espacial y temporal: los modelos de regresión se han calculado por regiones climáticas y subcuencas hidrográficas que varían de unos meses a otros tratando de efectuar, de esta forma, una clasificación previa según tipos de tiempo atmosférico dominante (Merlier, 1998b).

La metodología utilizada en el proceso de modelización se resume a continuación.

1. Análisis de la componente espacial: definición del área geográfica de estudio. Filtrado de las estaciones correspondientes a la España Peninsular.
2. Análisis de la componente temporal: definición del periodo (1951-1999) y número mínimo de observaciones (15 años para temperaturas y 20 años para precipitaciones).
3. Análisis exploratorio de los datos. Análisis de consistencia de datos. Consistencia de valores observados. Consistencia Topológica y Localización Geográfica. Ensayo de filtros lógicos y construcción de la cobertura de estaciones meteorológicas de la España Peninsular.
4. Análisis exploratorio de los datos. Análisis de coherencia de datos. Coherencia en el conjunto de datos: análisis univariante y multivariante. Coherencia en la estructura espacial de las variables: ensayos de variogramas.
5. Análisis exploratorio de datos. Análisis estructural de la red de observaciones. Análisis planimétrico de la red pluviométrica y termopluviométrica mediante Polígonos de Thiessen / Voronoi y Coeficiente de Representatividad (Dubois, 2000). Análisis altimétrico.

... ..

Ecuación 1. Expresión del Coeficiente de Representatividad (Dubois, 2000).

Donde, S_{th} es la superficie del polígono de Thiessen

S_m es la superficie media, cociente de la superficie de estudio y tamaño de la red

NN_{dist} es la distancia entre un punto y su vecino más próximo

6. Análisis exploratorio de los datos. Análisis de coherencia de datos. Coherencia en el conjunto de datos: análisis univariante y multivariante. Coherencia en la estructura espacial de las variables: ensayos de variogramas.
7. Definición de unidades de clima peninsular: Clasificación espacial y temporal.
Tanto Sánchez Palomares *et al.* (1999) como Ninyerola (2001), en su modelización climática de variables termométricas de la España Peninsular, emplean la misma estratificación previa en diez cuencas hidrográficas principales. Para la modelización de las variables pluviométricas, sin embargo, Sánchez Palomares *et al.* (1999), construyen sus modelos para cada subcuenca hidrográfica (23 subcuencas principales). Esta división en cuencas o subcuencas hidrográficas responde a la necesidad de definir unidades de mayor homogeneidad climática, en este caso generadas por los elementos del relieve peninsular. No obstante, como señala Ninyerola (2001), se trata realmente de establecer conjuntos de estaciones meteorológicas para un mejor ajuste de los modelos de regresión, lo que se consigue bajo un compromiso de una cierta homogeneidad climática (no establecer gradientes en sentidos opuestos) y una cierta heterogeneidad, de tal forma que las variables independientes del modelo resulten explicativas de la variación regional de la variable dependiente. Sin embargo, en ninguno de los dos trabajos se plantea una estratificación geográfica distinta a lo largo del año para la interpolación de los valores medios mensuales.
En nuestro estudio se ha realizado una estratificación en regiones climáticas para las variables termométricas y en subcuencas hidrográficas para las variables pluviométricas. Se han ensayado los modelos de regresión para las distintas unidades de clima y para las distintas unidades fisiográficas, seleccionando en todo caso la división óptima (mejor ajuste del modelo y modelo óptimo en sentido físico). Para realizar la división de la Península Ibérica en regiones climáticas se ha seguido el trabajo realizado por Font Tullot (2000), utilizando como factores de división la Precipitación total anual (P), la Precipitación total estival (Pe), el Índice de Continentalidad (Gorezynski) (Ic) y la Estación de máxima pluviometría (y mínima invernal) (Figura 1), calculados a partir de los datos de las estaciones meteorológicas seleccionadas y técnicas sencillas de análisis geoestadístico (*Ordinary Kriging*). Mientras que para la división en subcuencas hidrográficas se han utilizado una colección de módulos programados sobre ArcInfo 8.3 que utilizan como fuente de datos el modelo digital de elevaciones DEM 250 MONA pro Europe (SAI-JRC-Comisión Europea) cuya resolución es de 0,0025° (278 m. aprox. en proyección UTM-Huso 30). Las tareas programadas para la división en subcuencas hidrográficas son: cálculo de la dirección del flujo, cálculo de acumulación de flujo, cálculo de la red de drenaje, y cálculo de la cuenca tributaria.
8. Análisis exploratorio de datos. Análisis estructural de la red de observaciones en las unidades definidas. Análisis planimétrico de la red pluviométrica y termoplumiométrica mediante Polígonos de Thiessen / Voronoi y Coeficiente de Representatividad (Dubois, 2000). Análisis altimétrico.
9. Cálculo de las variables dependientes: variables climáticas y factores fitoclimáticos. Los 14 factores fitoclimáticos fueron calculados en cada estación de la red termoplumiométrica y pluviométrica de la España Peninsular mediante una nueva versión programada en Visual Basic (Microsoft® Visual Studio) de la aplicación informática Fitoclimoal' 2000, realizada para el presente proyecto.
10. Selección de variables independientes explicativas que participan en los modelos de interpolación espacial de variables climáticas y factores fitoclimáticos efectuada según tres procesos principales:
 - i) Selección de las variables independientes que resultan explicativas del fenómeno físico analizado, revisión bibliográfica y análisis de experto.
 - ii) Procesos de obtención de las variables independientes: análisis de la información

regional de dichas variables (resolución y calidad del dato) y métodos de obtención.

- iii) Modelización Estadística: grado de cumplimiento de los supuestos paramétricos, análisis de la matriz de correlaciones, análisis de correlación múltiple, selección de las variables independientes que entran en el modelo mediante el método *stepwise*.

Las variables independientes finalmente seleccionadas fueron:

- Altitud (MDE). Extraída del modelo digital de elevaciones cedido por el *Space Applications Institute* (Joint Research Centre-Comisión Europea) para el presente estudio. Este producto denominado DEM 250 MONA pro Europe ha sido elaborado por la empresa GEOSYS DATA y se encuentra disponible para 22 países en Europa. Su resolución es de 0,0025° (278 m. aprox. en proyección UTM-Huso 30) con una precisión caracterizada por un RMS de 3,5 m. (12,5 m. en áreas montañosas).
 - Latitud. Se ha calculado el valor del coseno de la latitud en grados de cada celda del modelo digital anterior, elaborando, por tanto un Modelo Digital de Latitudes (MDLAT) con la misma extensión y resolución que en el caso anterior.
 - Longitud. Se ha calculado el valor del coseno de la longitud geográfica en grados de cada celda del modelo digital inicial, elaborando, por tanto un Modelo Digital de Longitudes (MDLONG) con la misma extensión y resolución que en los casos anteriores.
 - Distancia a la Costa. Se ha calculado la distancia lineal a la costa en metros desde cada celda del modelo digital inicial, elaborando por tanto un Modelo Digital de Distancias a la Costa (MDCONT) proyectando la posición geográfica de cada estación meteorológica pluviométrica o termopluviométrica para obtener el valor de la variable independiente en cuestión.
 - Radiación solar (RAD). Se ha calculado un modelo particular elaborado a partir del *Solar Analyst Model 1.0* (facilitado para el presente proyecto por el Helios Environmental Modeling Institute, LLC HEMI 1616 Vermont St KS, 66044 USA). El presente modelo realiza el cálculo de la irradiancia solar global (directa y difusa) en condiciones de cielo claro (sin nubosidad – irradiancia potencial máxima) como los *Broad Band Models* de tipo paramétrico, pero considera el efecto local topográfico calculando para cada celda del DEM 250 MONA una vista semiesférica determinando el ángulo máximo de obstrucción celeste (ángulo de horizonte efectivo) según 16 direcciones principales (cada 22,5°). De esta forma se calcula el *mapa de cielo despejado* que se superpone al *mapa solar* (cálculo de la posición del sol en la bóveda celeste a lo largo del año, ángulos cenitales y azimutales, para una latitud determinada para cada intervalo considerado de tiempo, 1/2 hora, utilizando las fórmulas astronómicas) para integrar el cálculo de la Radiación Solar Directa, o al *mapa celeste* (cálculo de 16 divisiones azimutales, sectores de 22,5° y 16 divisiones cenitales, sectores de 5,625°) para integrar el cálculo de la Radiación Solar Difusa (Figura 2). El modelo de radiación solar potencial, considerado el efecto topográfico, es corregido mediante la red de observaciones del Instituto Nacional de Meteorología y la malla de interpolación MARS con una resolución de 50 km. compilada y grabada por el Joint Research Centre (Comisión Europea) y facilitada para el presente estudio.
 - Nubosidad (NUB). Se han ensayado distintas coberturas de nubosidad general media como producto derivado de imágenes satélite de los sensores: SPOT-VEGETATION y LANDSAT 7 (ETM+), sustituyendo a la Radiación Solar en los modelos de variables climáticas y factores fitoclimáticos de tipo pluviométrico.
11. Construcción de los modelos de variables climáticas y factores fitoclimáticos El análisis realizado ha sido un análisis de regresión múltiple (*stepwise*). En todos los casos $\alpha = 0,05$ y los p-valores han sido significativos. Para realizar el ajuste se ha utilizado el 60% de las estaciones seleccionadas. El 40% restante se ha utilizado para comparar la bondad del modelo ajustado. Finalmente en la elaboración de los modelos finales se utilizan todas las estaciones.
12. Cálculo e interpolación de residuos mediante **Ordinary Kriging** (OK). Cálculo de la diferencia entre los valores de las variables climáticas y factores fitoclimáticos calculados (punto 9) y los predichos por los modelos de regresión en cada estación termopluviométrica y pluviométrica. Estos residuos son interpolados en la región de estudio (modelización de variogramas) y utilizados en la corrección de los valores calculados con los modelos de regresión.
13. Cálculo mediante álgebra de mapas de la cartografía de variables climáticas y factores fitoclimáticos regionales según modelos de regresión y según modelos corregidos mediante la

interpolación de residuos (aplicación completa del método *Kriging with external drift*, KED).

14. Composición de los mapas de variables climáticas y factores fitoclimáticos de la España Peninsular, mediante la integración de los mapas regionales calculados en el punto anterior.

RESULTADOS

Como primer resultado se han obtenido y validado 576 modelos de regresión para el caso de las variables climáticas (6 x 12 meses x n° regiones climáticas) y 49 para el caso de los factores fitoclimáticos (14 x n° regiones climáticas) (Tabla 1).

Los modelos generales elaborados han sido:

$$Y = b_0 + b_1(\text{MDE}) + b_2(\text{MDLAT}) + b_3(\text{MDLONG}) + b_4(\text{MDCONT}) + b_5(\text{RAD})$$

$$Y = b_0 + b_1(\text{MDE}) + b_2(\text{MDLAT}) + b_3(\text{MDLONG}) + b_4(\text{MDCONT}) + b_5(\text{NUB})$$

Como resultado final del estudio realizado se han elaborado 86 mapas de las variables climáticas y factores fitoclimáticos (Figura 3).

CONCLUSIONES

La aplicación del método geoestadístico de interpolación, *Kriging with external drift* (KED) nos permite, utilizando técnicas de álgebra de mapas, obtener cartografías regionales del conjunto de variables climáticas y factores fitoclimáticos para la España Peninsular, que son la base para los trabajos de diagnosis, homologación o idoneidad fitoclimática. Se trata de un interpolador exacto ya que el valor interpolado (valor del modelo de regresión menos el residuo) coincide con el dato en cada punto de muestreo (estación meteorológica).

Como mejoras de interés en las que actualmente se está trabajando, podemos indicar la combinación de métodos de interpolación *B-Splines* con métodos de clasificación *Fuzzy Logic*, así como los modelos de obtención de las variables Radiación Solar y Nubosidad (utilizando en este caso nuevos sensores y modelos de clasificación de nubes).

BIBLIOGRAFÍA

- AGNEW, M.D., PALUTIKOF, J.P. (1998). Gis-based downscaling of climate data for the Mediterranean Basin using terrain information. *Seminar on Data Spatial Distribution in Meteorology and Climatology. COST Action 79. Volterra. EUR 18472*: 201-206.
- ALÍ, A. (1998). Nonparametric spatial rainfall characterization using adaptive kernel estimator. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 2(2), 34-47.
- ALLUÉ ANDRADE J.L. (1990). *Atlas Fitoclimático de España. Taxonomías*. MAPA-INIA. Madrid.
- ALLUÉ ANDRADE J.L. (1995). El Cambio climático y los montes españoles. *Cuadernos de la S.E.C.F.*, nº 2: 35-64.
- ALLUÉ ANDRADE, J.L. (1997). Tres nuevos modelos para la fitoclimatología forestal. Diagnosis, Idoneidad y Dinámica de Fitoclimas. *Conferencia Invitada al I Congreso Forestal Hispano-Luso. II Congreso Forestal Español. IRATI 1997*. Tomo I: 31-40. Pamplona.
- DEMYANOV, V., KANEVSKY, M., CHERNOV, S., SAVELIEVA, E., TIMONIN, V. (1998). Neural network residual kriging application for climatic data. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 2(2), 234-252.
- DUBOIS, G. (2000). How representative are samples in a sampling network?. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 4(1): 1-10.
- FONT TULLOT, I., (2000). *Climatología de España y Portugal*. Ediciones Universidad de Salamanca. Salamanca. 422 pp.
- GALLO, G., SPAGNUOLO, M., SPINELLO, S. (1998). Rainfall estimation from sparse data with fuzzy B-Splines. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 2(2), 212-222.
- HUANG, Y., WONG, P., GEDEON, T. (1998). Spatial interpolation using fuzzy reasoning and genetic algorithms. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 2(2), 223-233.
- MERLIER, C. (1998a). Cartography of statistical pluviometric fields with an automatic allowance for

regional topography. *Proceedings Workshop: Dealing on Spatialisation. COST Action 79. Integration of Data and Methods in agroclimatology. Toulouse.* EUR 18473: 57-67.

MERLIER, C. (1998b). Mean daily precipitation values over France related to 700hPa geopotential heights patterns. *Seminar on Data Spatial Distribution in Meteorology and Climatology. COST Action 79. Volterra.* EUR 18472: 65-71.

NINYEROLA, M., PONS, X., ROURE, J.M. (2000). A methodological approach of climatological modelling of air temperature and precipitation through gis techniques. *International Journal of Climatology* 20: 1823-1841.

NINYEROLA, M. (2001). *Modelització climàtica mitjançant tècniques SIG i la seva aplicació a l'anàlisi quantitativa de la distribució d'espècies vegetals a l'Espanya peninsular.* Tesi doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona, Facultat de Ciències, Departament de Biologia Animal, de Biologia Vegetal i d'Ecologia. Barcelona

RAJAGOPALAN, B., LALL, U. (1999). A k-nearest-neighbor simulator for daily precipitation and other weather variables. *Water Resources Research*, 35(10), 3089-3101.

SÁNCHEZ PALOMARES, O., SÁNCHEZ SERRANO, F., CARRETERO CARRERO, M^a.P. (1999). *Modelos y cartografía de estimaciones climáticas termopluviométricas para la España Peninsular.* Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid

TOMCZAK, M. (1998). Spatial interpolation and its uncertainty using automated anisotropic inverse distance weighting (IDW) – Cross- validation/Jackknife approach. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 2(2), 18-33.

WENDELBERGER, J.G. (1998). The estimation of rainfall distribution for emergency response to Chernobyl type incidents utilizing multidimensional smoothing splines. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 2(2), 200-211.

| FACTOR | CONST | MDE | MDLAT | MDLONG | MDCONT | RAD | NUB | R | R ² | (c)R ² |
|--------|----------|--------|----------|----------|-----------|--------|--------|------|----------------|-------------------|
| T | -89,623 | -0,005 | 62,878 | 57,074 | 0,000003 | 0,413 | | 0,96 | 0,91 | 0,91 |
| PE | -540,354 | 0,007 | -348,093 | 789,728 | -0,000031 | | 0,864 | 0,86 | 0,73 | 0,73 |
| A | -115,302 | -0,002 | 51,523 | 81,402 | 0,000003 | | -0,039 | 0,83 | 0,69 | 0,69 |
| TMF | 77,592 | -0,005 | 67,419 | -116,744 | -0,000006 | -0,920 | | 0,93 | 0,86 | 0,86 |
| TMC | -289,960 | -0,005 | 69,525 | 256,379 | 0,000013 | 1,784 | | 0,92 | 0,85 | 0,85 |
| TMMF | 121,552 | -0,005 | 57,731 | -158,064 | -0,000007 | -0,911 | | 0,86 | 0,74 | 0,74 |
| TMMC | -267,989 | -0,005 | 71,183 | 235,971 | 0,000022 | 2,811 | | 0,87 | 0,75 | 0,75 |
| F | 382,023 | -0,008 | 108,412 | -467,030 | -0,000004 | -1,697 | | 0,76 | 0,58 | 0,58 |
| C | -88,708 | -0,004 | 57,119 | 85,494 | 0,000012 | 0,915 | | 0,69 | 0,48 | 0,48 |

Tabla 1. Coeficientes de los modelos de regresión de Factores Fitoclimáticos para la España Peninsular. Coeficiente de Correlación Múltiple (R), y los Coeficientes de Determinación Normal (R²) y Corregido ((c)R²).

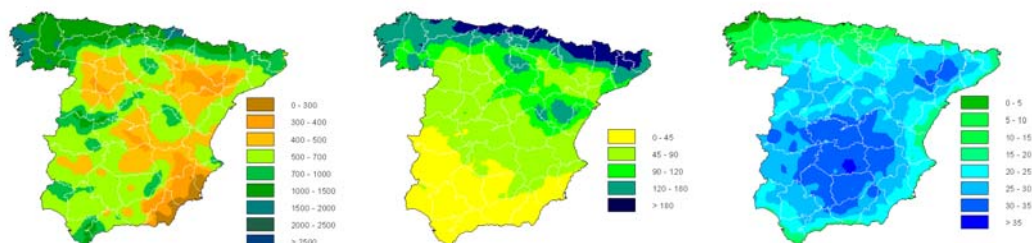


Figura 1. Factores climáticos utilizados para la división peninsular en regiones y subregiones climáticas: 1. Precipitación Total Anual (mm.). 2. Precipitación Total Estival (mm.). 3. Índice de Continuidad de Gorenzinski.

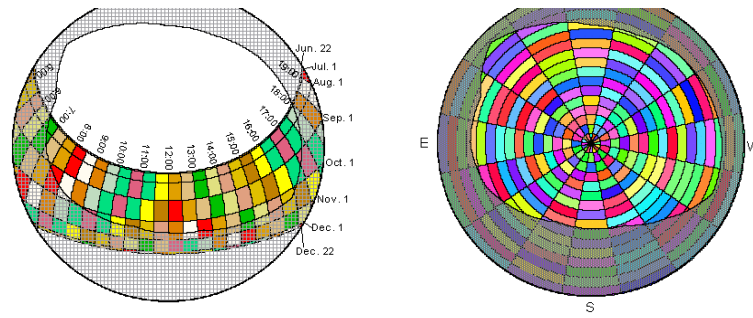


Figura 2. Superposición de los mapas de cielo despejado y mapa solar y mapa celeste. Fuente: Pínde Fu & Paul M. Rich, Helios Environmental Modeling Institute, LLC. y elaboración propia.

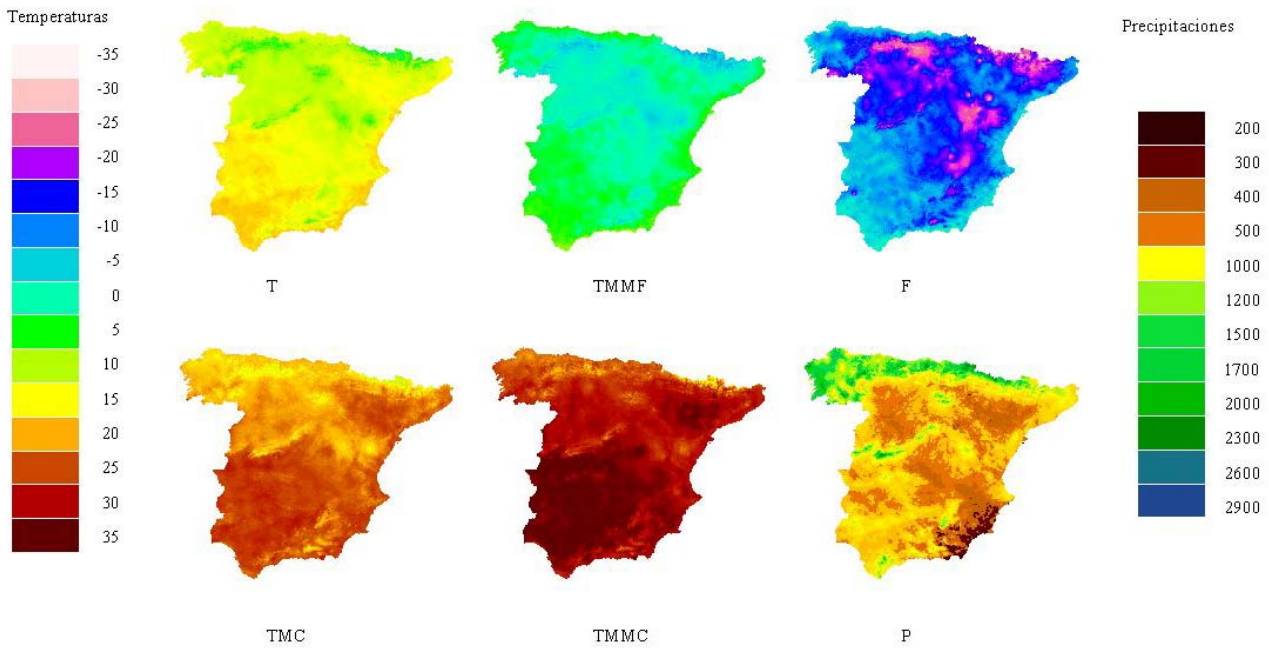


Figura 3. Factores fitoclimáticos de la España Peninsular (T, TMMF, F, TMC, TMMC, P). Temperaturas en °C y Precipitaciones en mm.