



Proyecto de beca nº 15: Formación en técnicas de diagnóstico y validación aplicadas a reanálisis e integraciones de modelos climáticos. Centro Meteorológico de Málaga

ANTONIO ÁNGEL SERRANO DE LA TORRE

Tutor: Jesús Riesco Martín

ÍNDICE

- 1.- ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL ANTICILÓN DE LAS AZORES. Adquisición de destreza en el tratamiento de datos climáticos.
- 2.- INTERPOLACIÓN A REJILLA COMÚN, DE DATOS DE MODELOS DEL PROYECTO ENSEMBLES.
- 3.- GENERACIÓN DE GRÁFICOS DE EVOLUCIÓN DE SIETE VARIABLES METEOROLÓGICAS EN ESPAÑA (CAMBIO CLIMÁTICO) utilizando datos de modelos regionales del Proyecto Ensembles.
- 4.- ADAPTACIÓN Y MEJORA DE UN MODELO ESTADÍSTICO DE PREDICCIÓN ESTACIONAL.

ANTICICLÓN DE LAS AZORES

Wenhong Li., Laifang Li., Rong Fu, Yi Deng, Hui Wang., 2011: *Changes to the North Atlantic Subtropical High and Its Role in the Intensification of Summer Rainfall Variability in the Southeastern United States.* Journal of Climate, 24, 1499–1506

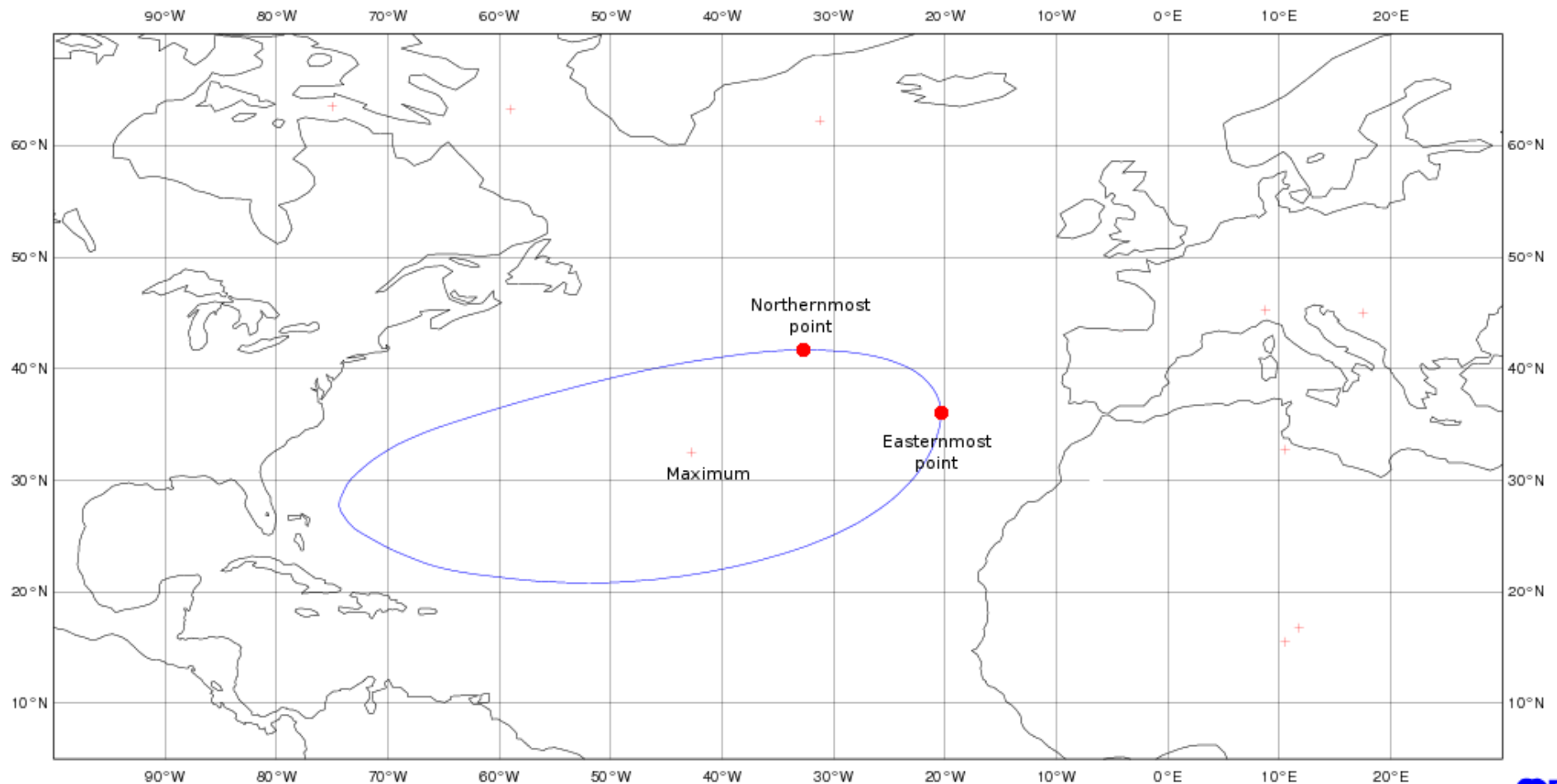
Encuentran un aumento con el tiempo, de la influencia del anticiclón de las Azores en el clima del sudeste de EEUU, en los meses de verano (JJA).

- Primero, establecen:
 - a) Un aumento del máximo de intensidad.
 - b) Un desplazamiento al oeste de la isohypsa de 1560 mgp.
- Después, correlacionan estos cambios, con otras variables meteorológicas.

ANTICICLÓN DE LAS AZORES

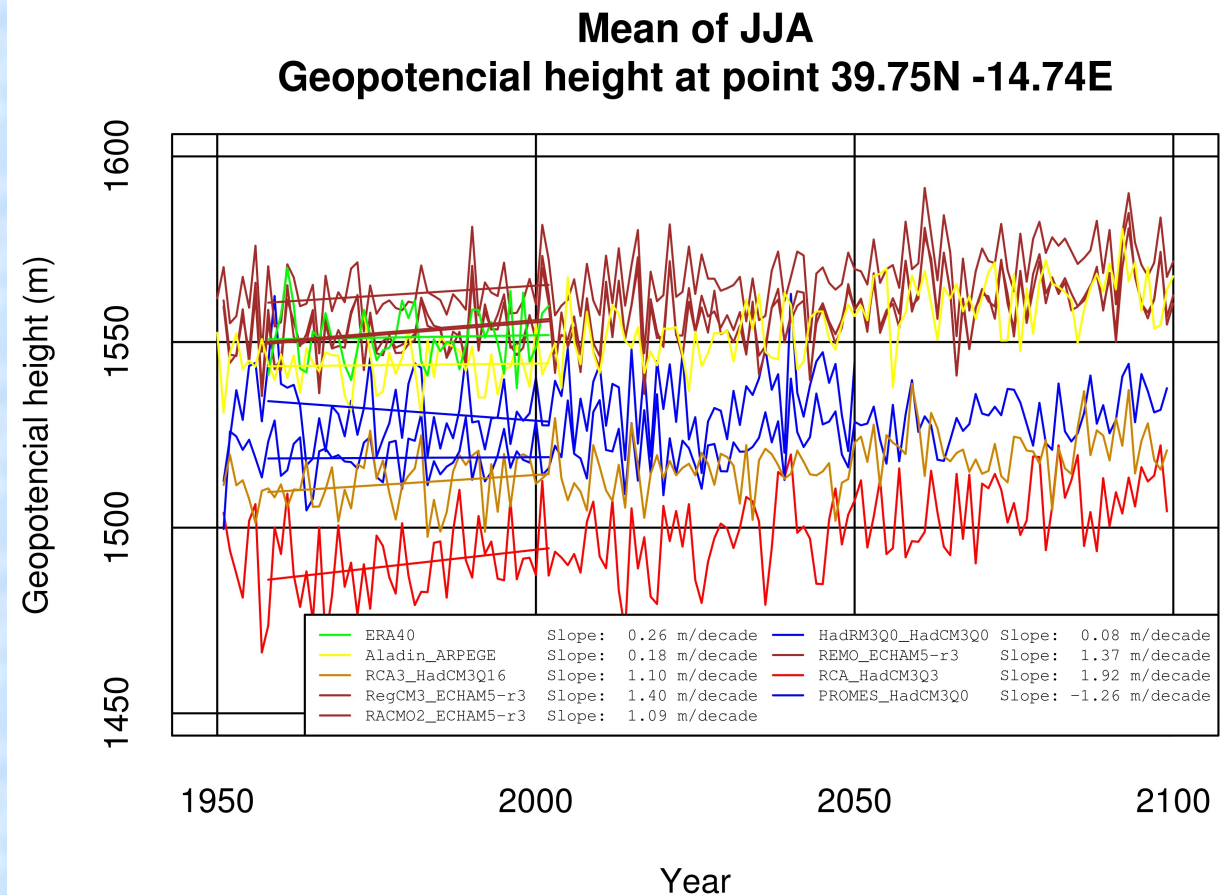
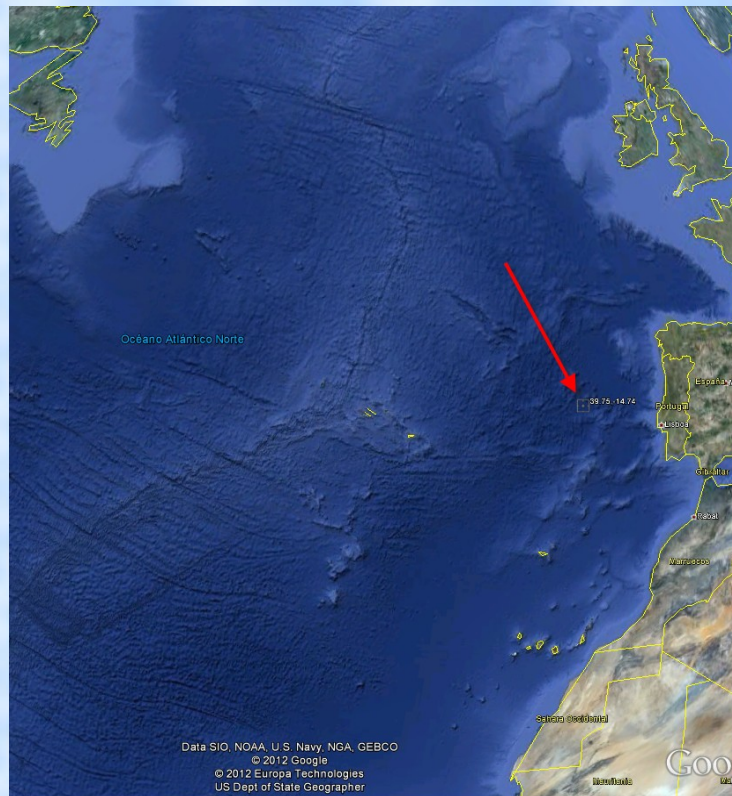
Seleccionamos una isohipsa y estudiamos:

- Intensidad del máximo.
- Longitud del punto más oriental.
- Latitud del punto más septentrional.



ANTICICLÓN DE LAS AZORES: CONCLUSIONES

- He podido observar una intensificación del máximo de las azores, y un desplazamiento hacia el este del punto más oriental de la isohipsa de 1570 m_gp.
- He confirmado esta tendencia con proyecciones de medelos regionales del proyecto Ensembles eligiendo un punto y observando la evolución de la altura geopotencial media de verano en dicho punto.



INTERPOLACIÓN A REJILLA COMÚN

- Objetivo. Interpolación a rejilla común de datos procedentes del proyecto Ensembles.
 - Área espacial: 34°N, -12°E, 47°N, 6,5°E
 - Resolución de la malla: 0.25°x0.25°
 - Periodos interpolados: 1961-2000, 2011-2040, 2041-2070, 2071-2100.
- Origen de datos.
 - Cinco modelos regionales: HadRM3Q0, HadRM3Q3, HadRM3Q16, CLM, PROMES.
 - Medias diarias.

Se ha utilizado un programa de interpolación desarrollado por Petra Ramos (Sevilla).

INTERPOLACIÓN A REJILLA COMÚN: RESULTADOS

Los ficheros generados pueden descargarse de www.aemet.es, Servicios climáticos → Cambio climático → Datos numéricos → Servicio de Escenarios Climáticos de la AEMET → TÉCNICAS DINÁMICAS → PROYECTO ENSEMBLES → Descargar Datos, y después, seleccionar el modelo regional que se desee.

GRÁFICOS DE EVOLUCIÓN

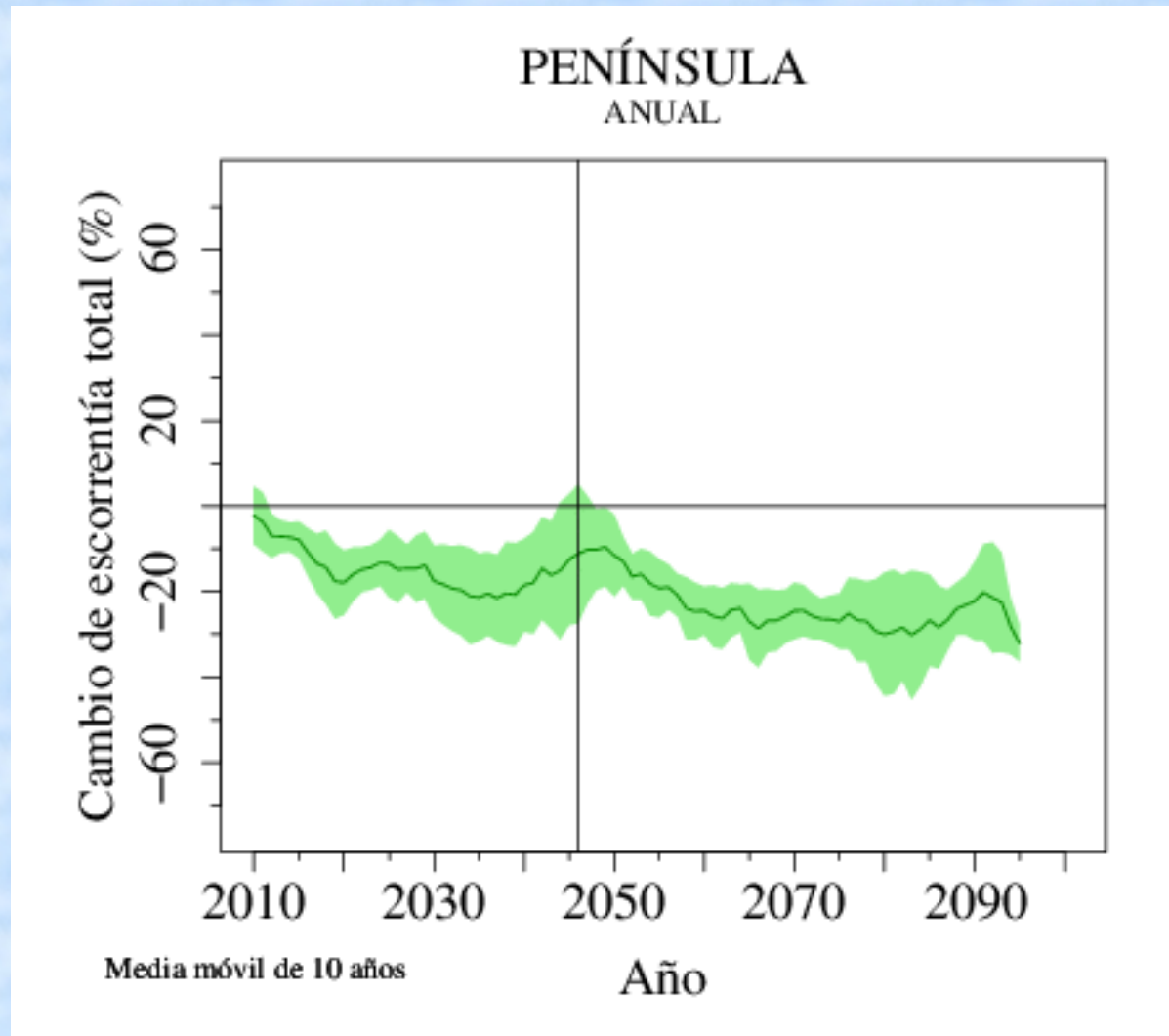
Se han generado gráficos de evolución de siete variables meteorológicas, a lo largo del siglo XXI, en España. Utilizando datos de modelos regionales del proyecto Ensembles. También se han generado ficheros csv con los datos.

Las variables representadas son:

- Escorrentía total
- Evapotranspiración
- Fracción total de cobertura nubosa
- Viento longitudinal a 10 m
- Viento latitudinal a 10 m
- Módulo de la velocidad del viento a 10 m
- Velocidad máxima diaria del viento a 10m

GRÁFICOS DE EVOLUCIÓN

Los gráficos y datos generados están disponibles en la Web de Aemet.



Desarrollo de un Modelo Numérico Estadístico de Predicción Estacional

- Adaptación de un modelo estadístico de predicción estacional desarrollado por IBIMET (Istituto di Biometeorologia*).
- El código original estaba en Python y el actual en Fortran.
- Mejora de la interacción con el usuario, a través de un fichero de configuración.
- Mejora de algunos de los cálculos y adición de otros.

En colaboración con el área de Ernesto Rodríguez Camino.

* Es el análogo italiano a Aemet en España.

MEDCOF

La OMM ha decidido crear distintos foros internacionales con países de regiones climatológicamente homogéneas.

Aemet forma parte del MEDCOF (Mediterranean Climate Outlook Forum), un foro de países ribereños del Mediterráneo para la predicción inter-regional creado en 2013 y cuyos objetivos principales son:

- Desarrollo y difusión de predicciones estacionales para invierno y verano, basándose en el consenso de los sistemas de predicción de los países miembros.
- Organización de actividades para mejorar las capacidades actuales de la predicción estacional.

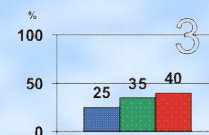
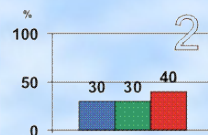
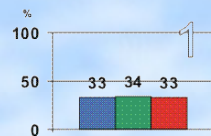
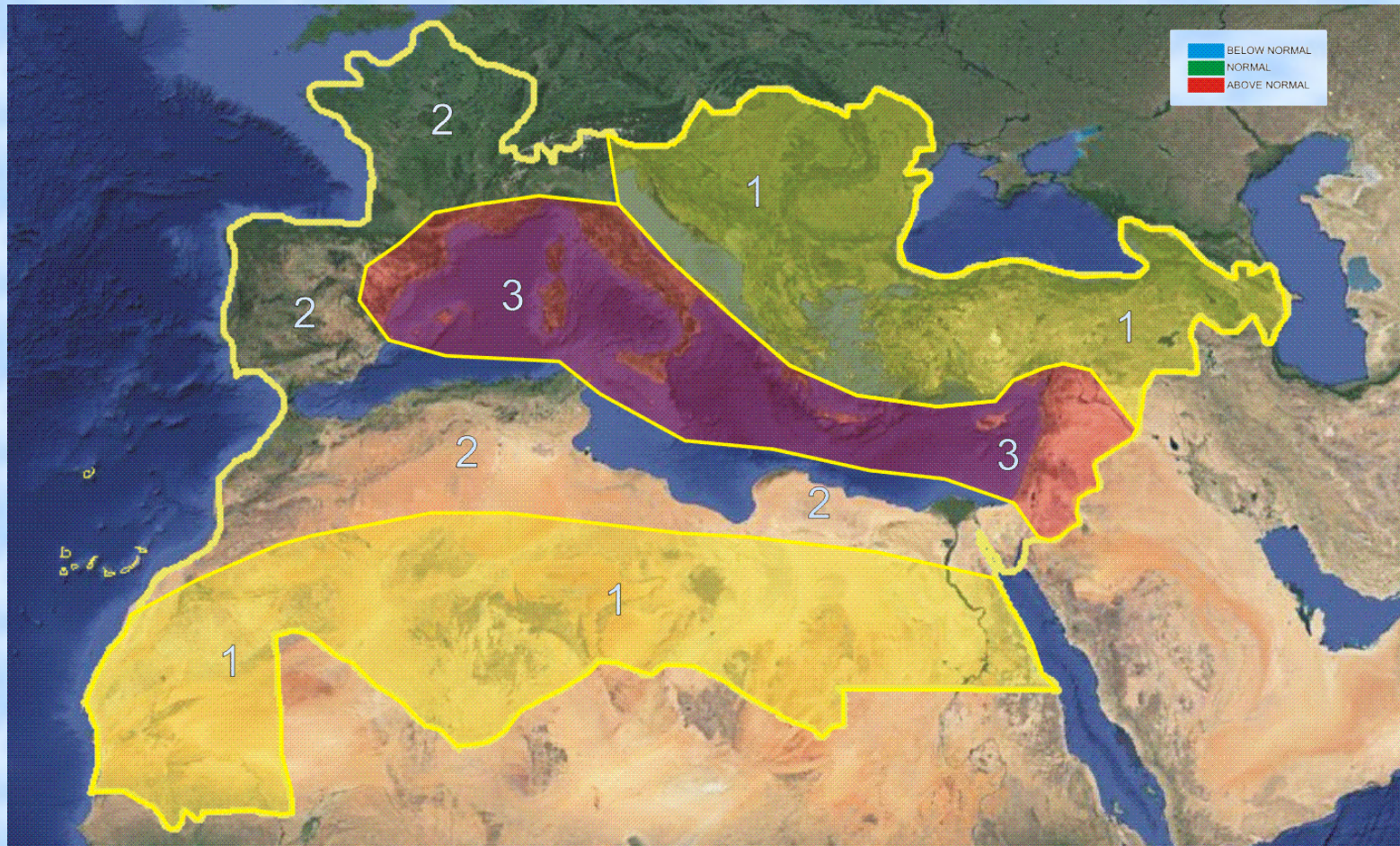
Mauritania ha sido incluida por no pertenecer a ningún otro RCOF (Regional Climate Outlook Forum).

Otros Forums son: CariCOF (The Caribbean Climate Outlook Forum), GHACOF (Greater Horn Of Africa Climate Outlook Forum), etc.

Página web: <http://medcof.aemet.es/Medcof/home.html>

MEDCOF

Pronóstico de la temperatura invernal en 2013/2014:



Tipos de modelos numéricos

Existen dos grandes tipos de modelos numéricos:

- **Dinámicos.** Implementan la compleja física de la atmósfera y requieren gran cantidad de recursos humanos y tecnológicos (grandes ordenadores, tiempo de cómputo).
- **Estadísticos.** Buscan relaciones estadísticas entre variables meteorológicas que permitan predecir unas a partir de otras. Requieren pocos recursos humanos (una sola persona) y tecnológicos (un solo PC, poco tiempo de cómputo).

En general, los modelos dinámicos dan mejores resultados que los estadísticos, si se encuentran suficientemente desarrollados.

Escalas de tiempo

- Días. Modelos dinámicos. Problema de valores iniciales.
- Semanas. Modelos dinámicos+estadística. EPS, sistema de predicción por conjuntos.
-
- Décadas, siglos → Proyecciones para el estudio del cambio climático. Modelos dinámicos. Problema de valores en la frontera.

Escalas de tiempo

- Días. Modelos dinámicos. Problema de valores iniciales.
- Semanas. Modelos dinámicos+estadística. EPS, sistema de predicción por conjuntos.
- Meses y estaciones. En el estado actual de su desarrollo, los modelos dinámicos dan peores resultados que los estadísticos.
- Décadas, siglos → Proyecciones para el estudio del cambio climático. Modelos dinámicos. Problema de valores en la frontera.

Por qué un modelo estadístico

- Da mejores resultados que el dinámico, a escala estacional.
- Sus resultados pueden servir para mejorar los modelos dinámicos.
- Por su bajo requerimiento de recursos, es un excelente punto de partida para el estudio de la predicción estacional.

Tipos de modelos estadísticos

- **Regresión Lineal Múltiple.** Predice un valor futuro (no observado) de una variable, a partir de valores pasados (observados) de otras variables. Ajusta el modelo relacionando valores pasados (observados) con valores posteriores a las observaciones (y también observados).
- **Análisis de Correlación Canónica (CCA).** Igual, pero elimina colinealidad.
- **Perfect Prog.** Utiliza RLM para predecir el valor futuro de una variable (no observada), a partir del valor futuro (no observado, sino obtenido por modelos dinámicos) de otras variables. Ajusta el modelo relacionando valores simultáneos de las variables predictoras (observadas) y predictandos (también observados). Pero para la predicción, utiliza los valores futuros (no observados) de los predictores obtenidos del modelo dinámico.
- **MOS** (model output statistics). Utiliza RLM para predecir el valor futuro (no observado) de una variable, a partir del valor futuro (obtenido por modelos dinámicos) de otras variables. Ajusta el modelo relacionando valores simultáneos de las variables predictoras (obtenidas del modelo dinámico) y predictandos (observados). Para la predicción, utiliza los valores de los predictores obtenidos del modelo dinámico.
- **Modelos no lineales:** Regresión logística, redes neuronales, Support vector machines, Composites, etc.

RLM: Regresión Lineal Múltiple.

El modelo adaptado por Aemet

- Es un modelo estadístico que hace una regresión lineal múltiple.
- Se predice la temperatura y la precipitación para los tres meses (considerados como un todo) siguientes al mes de ejecución del programa.
- Se compara la predicción con la climatología para obtener una predicción categórica con tres intervalos: por debajo de lo normal, normal y por encima de lo normal.

Datos de entrada

Buscamos relaciones lineales entre **predictandos:**

- Temperatura media en una estación del año.
- Precipitación acumulada en una estación del año.

Y **predictores:**

- Índices climáticos. Un valor del índice por cada mes.

Datos de entrada

- Los predictandos son valores en una rejilla* espacial. Por tanto, tenemos una serie de tiempo en cada punto de grid.
- Los predictores son series de tiempo sin estructura espacial, y se usan en el ajuste en cada punto de grid.

*El programa sólo se ha probado con rejillas regulares, aunque debería funcionar con cualquier tipo de rejilla.

Índices climáticos (predictores)

Resumen el estado de una parte del sistema climático, simplificando su tratamiento.

Por ejemplo, un índice de El Niño. Las temperaturas de la superficie de una importante porción del pacífico, y las presiones atmosféricas en una parte del mismo océano, siguen un patrón de variabilidad fijo. El punto concreto en que se encuentran las temperaturas y presiones, dentro de esa variabilidad, nos la proporciona un índice de El Niño.

En vez de usar todo el campo de temperaturas y presiones, usamos un sólo número, lo que simplifica los cálculos.

Los índices son calculados y puestos a disposición del público, por algunas instituciones como el CPC de EEUU.

Regresión lineal múltiple

Requerimientos para que funcione bien:

- **NO MULTICOLINEALIDAD:** Los predictores han de formar vectores l.i. Para ello, se seleccionan sólo los que lo sean, y/o se transforman en independientes. Si este requerimiento no se cumple, las ecuaciones son inestables. (No implementado)
- **NORMALIDAD DE LOS RESIDUOS.** Se verifica mediante un gráfico de distribución de los residuos. Es un supuesto básico en el desarrollo de la teoría de la regresión lineal múltiple. (No implementado)
- **HOMOSCEDASTICIDAD.** Los residuos no deben depender del valor estimado correspondiente. Se verifica mediante un gráfico. Si dependen, se debe a que los predictandos no están normalmente distribuidos, y se los transforma para que lo estén.
- **NO SOBREAJUSTAR.** N° de observaciones \gg n° de predictores.
- **NO AUTOCORRELACIÓN** de los residuos. Hay varios tests para su comprobación. Se puede corregir eliminando datos y/o *blanqueándolos*. (No implementado).

Orígenes de datos

Sólo usamos datos mensuales.

- Predictores (índices climáticos): principalmente, del IRI (International Research Institute), <http://iridl.ldeo.columbia.edu/>, y algunos de otras páginas, como departamentos de universidades.
- Predictandos. Son valores mensuales, pero nosotros los promediamos (o sumamos) para estaciones de tres meses. Usamos tres orígenes:
 - **Reanálisis de NCAR.** Para la cuenca Mediterránea. Temperatura y precipitación. La precipitación es un campo derivado y, por tanto, poco realista. Los obtenemos del IRI.
 - **Spain02.** Para la España Peninsular. Datos observacionales interpolados a rejilla de 0,2x0,2°. Alta calidad. Precipitación, temperatura máxima, y temperatura mínima. Desarrollados por Aemet y la Universidad de Cantabria. http://escenarios.aemet.es/escenarios/Ind_dat_rejilla_20km.html
 - **E-Obs.** (Aún no incluidos por tratarse de datos diarios). Para Europa. Datos en rejilla 0,25x0,25°. Temperaturas media, máxima y mínima, precipitación acumulada y presión en superficie. <http://eca.knmi.nl/download/ensembles/download.php>

Preprocesamiento de datos

- Eliminación de **tendencia lineal**. Mediante recta de regresión. A los predictores, y a los predictandos en cada punto de malla. Se calculan la pendiente y ordenada en el origen para los datos en el periodo de calibración. Estos parámetros se aplican a los últimos valores disponibles de los predictores, que se utilizan para hacer la predicción.
- Transformar predictandos a **distribución normal** (para cumplir el requerimiento de homocedasticidad).
 - Temperatura. Podemos considerar que sigue una distribución normal.
 - Precipitación acumulada. No sigue una distribución normal. La transformamos a normal. (Actualmente, se le aplica la raíz cuadrada, pero hay métodos mejores, a implementar).
- **Agrupamos por estaciones** los valores de los predictandos.
 - Para la temperatura, *promediamos*, a partir de tres valores mensuales, el valor para la estación.
 - Para la precipitación acumulada, *sumamos* los valores de los tres meses.

Postprocesamiento de resultados

- **Tendencia lineal.** Se vuelve a añadir la tendencia lineal a cada punto de rejilla de cada predictando. Para ello, utilizamos el valor guardado previamente de la pendiente y ordenada en el origen, de la recta de regresión en cada punto de rejilla. A los predictores no es necesario añadirle la tendencia, ya que no los utilizamos más.
- **Distribución normal.** Una vez calculadas las estadísticas, la predicción del valor del predictando es des-transformada. (Actualmente, la elevamos al cuadrado).

Ecuación de la predicción

Queremos obtener la siguiente ecuación:

The diagram shows the prediction equation $\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_Kx_K$ with several annotations. A downward arrow from the text 'Valor a predecir (predictando)' points to the \hat{y} term. A bracket above the equation groups the terms $b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_Kx_K$, with a downward arrow from the text 'Último valor observado de los predictores (índices climáticos)' pointing to this bracketed group. Another bracket below the equation groups the coefficients $b_0, b_1, b_2, \dots, b_K$, with an upward arrow from the text 'Coeficientes que debemos obtener mediante ajuste' pointing to this bracketed group.

Valor a predecir (predictando)

Último valor observado de los predictores (índices climáticos)

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_Kx_K$$

Coeficientes que debemos obtener mediante ajuste

Para ello, hallamos los coeficientes de esta ecuación, en cada punto de grid.

Tendremos una ecuación por cada punto de grid.

Pero los predictores para el ajuste, son los mismos en todo el grid.

En una versión posterior (en desarrollo) sólo se usarán los mejores predictores para cada punto de grid.

Ecuación de la predicción

Para hacer la predicción, en la ecuación de la predicción, sustituimos cada x_i por el último valor conocido del índice correspondiente:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_K x_K$$

↑
Temperatura
veraniega
2015 (a predecir)

↑
Índice NAO
noviembre 2014
(observado)

En este caso, lanzaríamos la predicción en el mes de mayo, para predecir la temperatura media en JJA.

Es importante el *mes de lanzamiento* (issue date) de la predicción. Nos dice de qué valores observados disponemos.

Ecuación del ajuste

Los coeficientes, b_i , se obtienen resolviendo el sistema:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{1,1} & x_{1,2} & \cdots & x_{1,K} \\ 1 & x_{2,1} & x_{2,2} & \cdots & x_{2,K} \\ 1 & x_{3,1} & x_{3,2} & \cdots & x_{3,K} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & x_{n,1} & x_{n,2} & \cdots & x_{n,K} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_K \end{bmatrix}$$

↑
Serie de tiempo de observaciones de la variable a predecir (predictando)

↑ ↑ ↑
Serie de tiempo de cada índice climático (predictores)

↑
Coeficientes a calcular

$$\mathbf{y} = [\mathbf{X}]\mathbf{b}$$

Ecuación del ajuste

Para obtener los coeficientes, b_i , se utilizan datos del periodo de calibración, por ejemplo, 1961-2013. Así, si queremos predecir la temperatura media de verano:

The diagram shows a matrix equation for linear regression. On the left, a column vector of observed summer temperatures $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ is shown, with arrows pointing to it from the labels 'Verano 1961', 'Verano 1962', 'Verano 1963', and 'Verano 2013'. Below this vector is the label 'Temperatura media de verano (observada)'. In the middle, an equals sign is followed by a matrix of predictors. The first column of this matrix is all ones. The subsequent columns are labeled $X_{1,1}, X_{1,2}, \dots, X_{1,K}$ for the first row, and $X_{n,1}, X_{n,2}, \dots, X_{n,K}$ for the last row. Below this matrix is the label 'Serie de tiempo de cada índice climático (predictores)'. On the right, a column vector of coefficients $b_0, b_1, b_2, \dots, b_K$ is shown, with an arrow pointing to it from the label 'Coeficientes a calcular'.

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{1,1} & X_{1,2} & \cdots & X_{1,K} \\ 1 & X_{2,1} & X_{2,2} & \cdots & X_{2,K} \\ 1 & X_{3,1} & X_{3,2} & \cdots & X_{3,K} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & X_{n,1} & X_{n,2} & \cdots & X_{n,K} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_K \end{bmatrix}$$

Verano 1961
Verano 1962
Verano 1963
Verano 2013

Temperatura media de verano (observada)

Serie de tiempo de cada índice climático (predictores)

Coeficientes a calcular

Ecuación del ajuste

Si para la temperatura media de verano, uno de los predictores es el índice NAO de marzo:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,K} \\ 1 & x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,K} \\ 1 & x_{3,1} & x_{3,2} & \dots & x_{3,K} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & x_{n,1} & x_{n,2} & \dots & x_{n,K} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_K \end{bmatrix}$$

Verano 1961 → y_1 Índice NAO marzo 1961

Verano 1962 → y_2 Índice NAO marzo 1962

Verano 1963 → y_3 Índice NAO marzo 1963

Verano 2013 → y_n Índice NAO marzo 2013

Temperatura media de verano (observada)

Serie de tiempo de cada índice climático (predictores)

Coeficientes a calcular

Ecuación del ajuste

Si en vez de ser el índice NAO de marzo, fuese el de noviembre, relacionaríamos en NAO de noviembre del año anterior, porque para la predicción, deberemos usar datos que ya conozcamos:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{1,1} & X_{1,2} & \dots & X_{1,K} \\ 1 & X_{2,1} & X_{2,2} & \dots & X_{2,K} \\ 1 & X_{3,1} & X_{3,2} & \dots & X_{3,K} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & X_{n,1} & X_{n,2} & \dots & X_{n,K} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_K \end{bmatrix}$$

Verano 1961 → y_1 Índice NAO novie. 1960
Verano 1962 → y_2 Índice NAO novie. 1961
Verano 1963 → y_3 Índice NAO novie. 1962
Verano 2013 → y_n Índice NAO novie. 2012

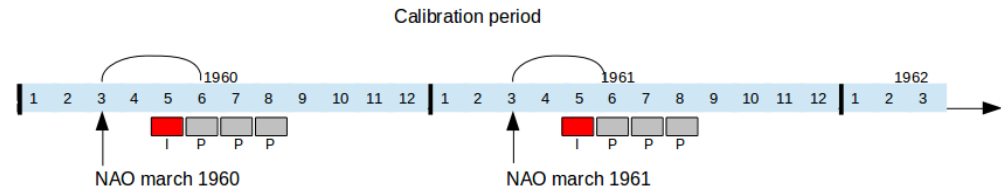
Temperatura media de verano (observada) Serie de tiempo de cada índice climático (predictores) Coeficientes a calcular

Por ello, debemos disponer de datos de predictores de un año antes al primer año del periodo de calibración.

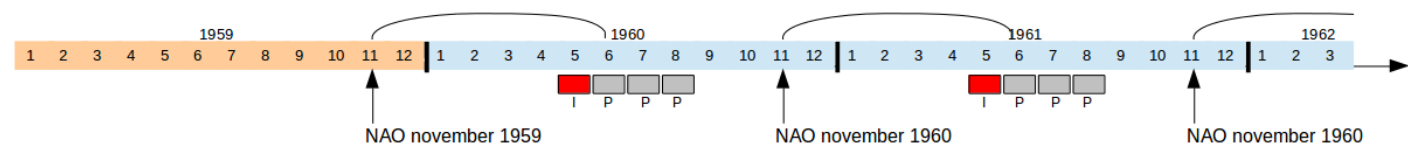
Ecuación del ajuste

(Predicted months + issue month) is within one year.

Predictor month is *previous* to
(Predicted months + issue month):

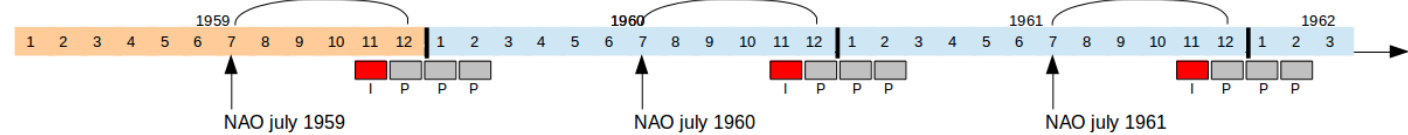


Predictor month is *after or within*
(Predicted months + issue month):

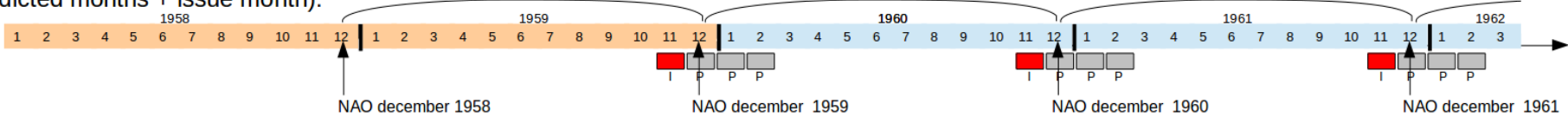


(Predicted months + issue month) span two years.

Predictor month is *previous* to
(Predicted months + issue month):



Predictor month is *within*
(Predicted months + issue month):



Ecuación del ajuste

$$\mathbf{y} = [\mathbf{X}]\mathbf{b}$$

Solución para los coeficientes b_i :

$$([\mathbf{X}]^T[\mathbf{X}])^{-1}[\mathbf{X}]^T\mathbf{y} = \mathbf{b}$$

La inversión de la matriz hace necesario que los predictores no sean colineales.

Una medida de la colinealidad nos la da el **número de condición**.

La varianza de la predicción la obtenemos de:

$$s_{\hat{y}|\mathbf{x}_0}^2 = s_e^2 \mathbf{x}_0^T ([\mathbf{X}]^T[\mathbf{X}])^{-1} \mathbf{x}_0$$

Donde S_e^2 es la varianza de los residuos, y donde

$$\mathbf{x}_0^T = (1, x_1, x_2, \dots, x_K)$$

son los valores más recientes de los predictores.

Climatología

- Los resultados se comparan con la climatología.
- Escogemos un periodo para la climatología, por ejemplo, 1983-2013.
- Hallamos la media y la desviación estándar del predictando en ese periodo. Esto determina unívocamente la función de distribución de esta variable, ya que esta distribución es la normal. Si no lo era, la variable se transformó para que lo fuese.
- Por ejemplo, la media y desviación estándar de temperatura veraniega en todo el periodo de la climatología (1983-2013).
- Si el predictando fuese una variable en invierno, se cogerían DJF, empezando por diciembre del año anterior.
- Por tanto, hay que disponer de datos del predictando correspondientes a un año antes del comienzo del periodo climatológico.

Funcionamiento

1. Bajar datos de entrada (predictores y predictandos) mediante scripts al efecto.
2. Configurar la predicción mediante dos ficheros de configuración: uno para configurar el cálculo (qué meses o estaciones predecir, dónde se ubican los ficheros de predictores y predictandos, etc.) y otro para configurar el aspecto de los mapas que se generen.
3. Ejecutar programa de cálculo de la predicción, que la guardará en ficheros NetCdf.
4. Ejecutar el programa de generación de gráficos, que usará los datos anteriores para generar los mapas en formato postscript.
5. Ejecutar programa de conversión de postscript a png.

Valores calculados

En cada punto de grid, se calcula (presentamos los nombres con que se guardan en el netCdf resultante):

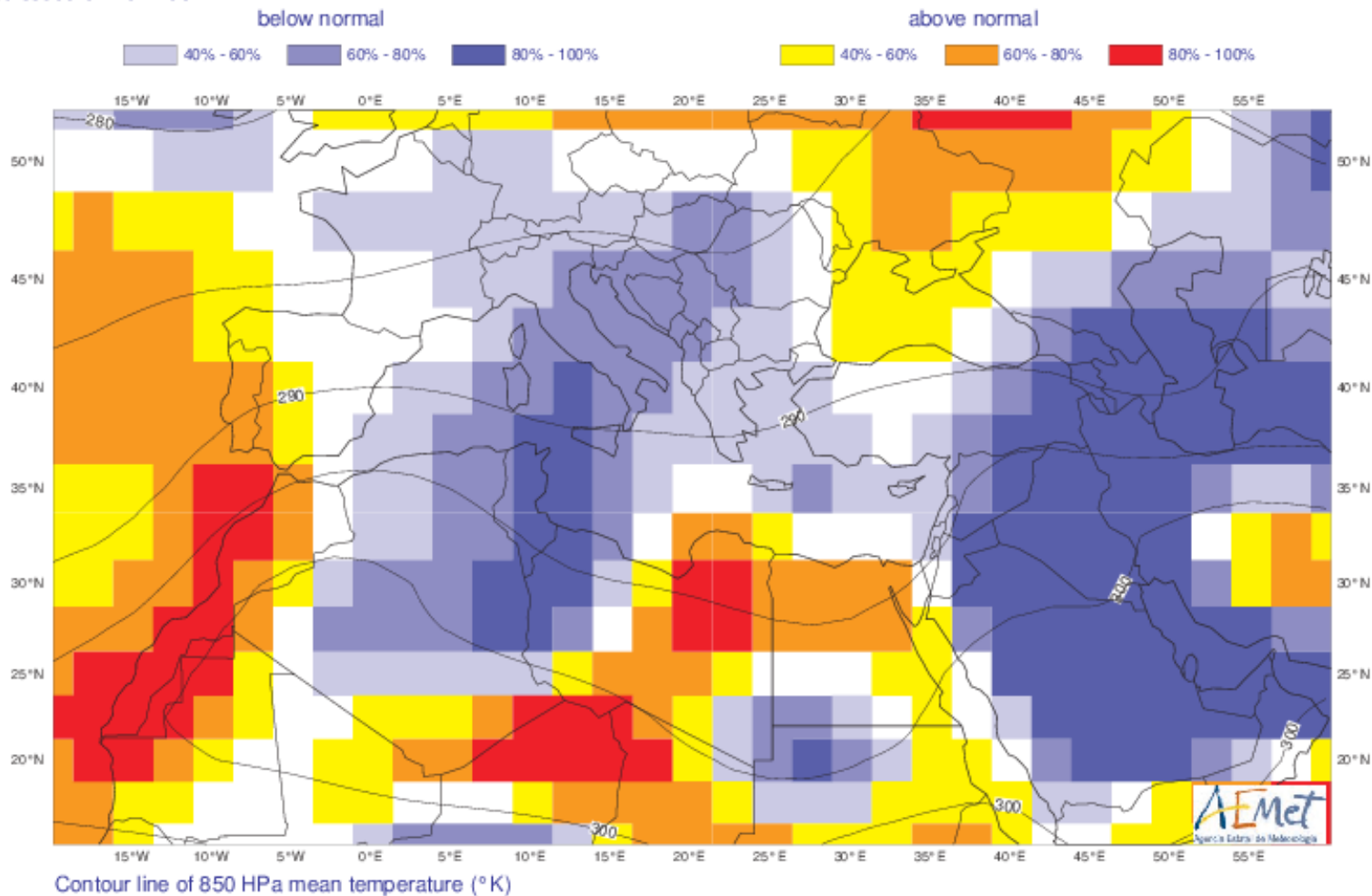
- *Prevision*. El valor de la predicción, en las mismas unidades que el predictando de entrada.
- *Tercile*. Tercil de la distribución de la climatología, en el que cae la predicción. Es la variable que se utiliza en el MedCof.
- *ProbBelow*. Probabilidad de que la variable predicha se encuentre en el tercil inferior de la distribución de la climatología.
- *ProbAbove*. Probabilidad de que la variable predicha se encuentre en el tercil superior de la distribución de la climatología.
- *ProbNormal*. Probabilidad de que la variable predicha se encuentre en el tercil medio de la distribución de la climatología.
- *ProbBottom*. Probabilidad de que la variable predicha esté muy por debajo de lo normal (valor extremo). Corresponde al 15% de la superficie bajo la curva de la distribución normal, en su cola izquierda.
- *ProbTop*. Probabilidad de que la variable predicha esté muy por encima de lo normal (valor extremo). Corresponde al 15% de la superficie bajo la curva de la distribución normal, en su cola derecha.
- *NormAnom*. Anomalía normalizada: $(\text{Prevision} - \text{Climatology}) / \text{StdDevOfClima}$.
- R^2 . Coeficiente de determinación. Es una medida de la bondad del ajuste.
- R^2 corregido por grados de libertad.
- *MaxRelErr_b*. Error relativo del coeficiente de la regresión que presenta el mayor valor de éste.
- s_y . Desviación estándar de la predicción.
- *RelErr_Y*. Error relativo de la predicción: $\text{Prevision} / s_y$.
- *quant1, quant2, quant3, quant4*: Cuantiles de la climatología de cada punto de grid, a las probabilidades de: 0,15, 1/3, 2/3, 0,85. Se utilizan para hallar las probabilidades indicadas más arriba.

Salidas

Summer 2014

Most likely category for 850 hPa mean temperature
Forecast issued on 2014-05-27

Seasonal Forecast
multi-regressive model

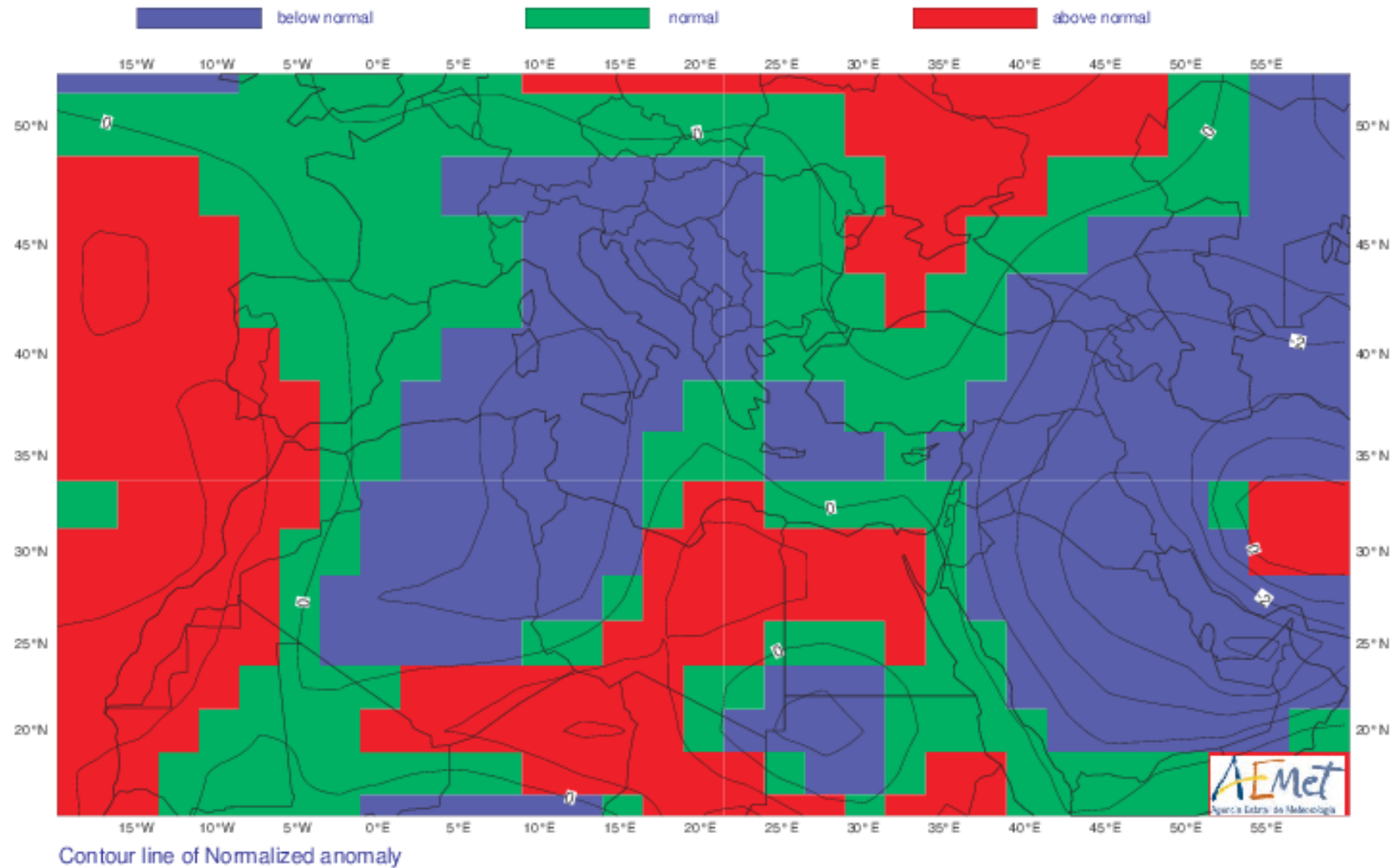


Based on NOAA NCEP-NCAR CDAS-1 monthly dataset at 2.5x2.5 spatial resolution with 1983-2013 climatological reference

Summer 2014

850 hPa mean temperature: Tercile
Forecast issued on 2014-05-27

Seasonal Forecast
multi-regressive model

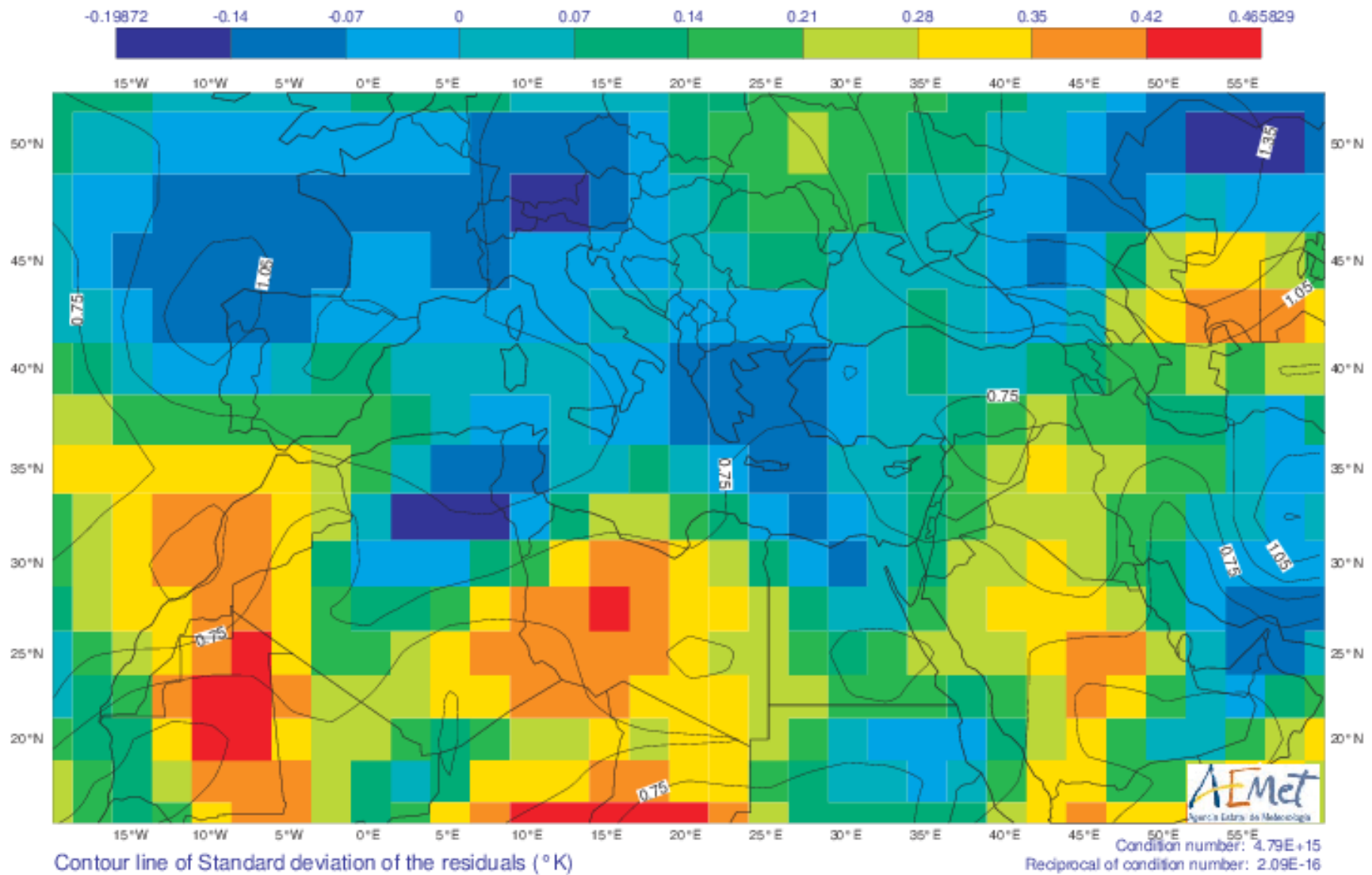


Based on NOAA NCEP-NCAR CDAS-1 monthly dataset at 2.5x2.5 spatial resolution with 1983-2013 climatological reference

Summer 2014

850 hPa mean temperature: Corrected coefficient of determination
Forecast issued on 2014-05-27

Seasonal Forecast
multi-regressive model



Based on NOAA NCEP-NCAR CDAS-1 monthly dataset at 2.5x2.5 spatial resolution with 1983-2013 climatological reference

ESTADO ACTUAL Y FUTURO

- Implementación de características ya mencionadas: comprobación y solución de autocorrelaciones, mejora de transformaciones a distribución normal, etc.
- Ampliación del programa para que busque los mejores predictores en cada punto de malla.
- Implementar la evaluación del modelo y algunos parámetros de verificación.

ELEMENTOS DESTACABLES DE LA BECA

- He recibido una formación inestimable para mi carrera profesional.
- Se han desarrollado productos operativos para Aemet.
- Como continuación, la mejora del modelo de predicción estacional, será motivo de mi tesis doctoral en la Universidad de Granada.

FIN

Muchas gracias