

Observatorio Cambio Climático Canarias – Souss Massa Drâa

## Boletín Informativo. CLIMATIQUE n. B03/13

### *Observatorio Cambio Climático Canarias – Souss Massa Drâa*

Tercer boletín informativo del proyecto Climatique. Pequeño dossier con información de interés y resultados que se han obtenido en este último mes.

*“No necesitas al hombre del tiempo para saber por dónde sopla el viento”. Bob Dylan*



## ULL. Universidad de La Laguna



Universidad de La Laguna, Departamento de Física Básica. La participación de la ULL en este proyecto se centrará en el desarrollo de “Propuestas para la generación de escenarios locales de cambio climático”, correspondiente a la acción 2 de la actividad 2.

La Universidad de La Laguna – ULL centro público de educación superior situado en Tenerife, archipiélago atlántico situado al Noroeste del continente africano, del que dista unos 100 kilómetros su punto más cercano. La institución docente localiza sus principales campus (Central, Anchieta, Guajara y Ofra) en el municipio de La Laguna y algunos centros dispersos en el de Santa Cruz de Tenerife.

Más Información en:  
<http://www.ull.es/>



Los investigadores del Grupo de Observación de la Tierra y la Atmósfera (GOTA) de la Universidad de La Laguna (ULL) poseen amplia experiencia en investigación relacionada con el medioambiente en general y la atmósfera y clima en particular.

Han participado en más de una quincena de proyectos de investigación en los últimos seis años y han realizado colaboraciones con multitud de centros de investigación nacionales e internacionales.

## Entrevista Técnica

Entrevista a D. Juan Pedro Díaz González,  
Responsable Técnico del Proyecto, Grupo GOTA.



### Que es el cambio climático?

Previamente hemos de definir el concepto de “clima” y ver claramente la diferencia con respecto a lo que entendemos por “tiempo meteorológico”. De una manera sucinta podemos definir “tiempo meteorológico” como la sucesión de estados atmosféricos, de condiciones de la atmósfera, a lo largo de los días, incluso horas. En contraposición el “clima” se refiere a las condiciones promedio de la atmósfera, calculadas en largos periodos de tiempo, normalmente varias decenas de años. Por ejemplo, el valor promedio de la temperatura, a lo largo de 30 años en la zona del Desierto del Sahara, es muy distinto del que podemos encontrar en la Antártida. La escala temporal es fundamental para poder definir las condiciones “climáticas” de una zona. Si estudiamos la historia climática del Planeta, veremos que se han ido

alternando los periodos glaciares, en los que la temperatura promedio en el Planeta fue más baja que la actual, con los interglaciares, que corresponde a las actuales condiciones. Por lo tanto, el cambio es algo inherente al clima. Ese cambio puede ser producido por condiciones naturales, por ejemplo las astronómicas, al variar la cantidad de energía procedente del Sol que llega al Planeta, o, como parece ser la situación actual, por causas achacables a la acción del hombre, al ser éste capaz de modificar la concentración de determinados gases en la atmósfera.

### Cómo se estiman las variaciones futuras en el clima, tanto a nivel global como a nivel local?

Podemos imaginar el sistema climático constituido por un conjunto de grandes subsistemas, como el mar, la atmósfera, la criosfera, la biosfera, el relieve, ... y las interrelaciones entre éstos. Las condiciones de temperatura en la superficie del Planeta, por ejemplo, son una consecuencia del equilibrio dinámico entre los diferentes constituyentes del sistema climático. Si alguna de las características de estos subsistemas o alguno de los mecanismos de interrelación cambia, esto se traduce en la modificación de dichas condiciones de equilibrio, lo cual implicaría, por ejemplo, que la temperatura promedio del Planeta, o el régimen pluviométrico de una determinada zona, también cambien. Un ejemplo concreto de esta posibilidad es la variación detectada, desde la era preindustrial hasta la actualidad, en las concentraciones de los denominados gases de efecto invernadero (GEI). Esta nueva situación produce un cambio en las condiciones de equilibrio del sistema, que en última instancia, por ejemplo, se traduciría en un cambio en los valores “climáticos” en la biosfera (entre todo un conjunto de posibles cambios en todo el sistema). Los últimos estudios apuntan que, con una alta probabilidad, estas variaciones

en las concentraciones de los GEI están relacionadas con la modificación de los valores climáticos en la temperatura promedio de la superficie del Planeta, desde la era preindustrial hasta la actualidad.

Para realizar predicciones climáticas a futuro, una posible metodología es definir un conjunto de probables valores para los constituyentes atmosféricos. Estos diferentes “escenarios” de futuro podrían ser fruto, por ejemplo, del distinto desarrollo tecnológico de la humanidad. Si suponemos que la implantación de “tecnologías verdes” se hace extensiva a lo largo del siglo XXI, eso determinará que, por ejemplo, los niveles de gases de efecto invernadero, serán menores que las concentraciones de estos componentes si el desarrollo tecnológico tuviera lugar sobre las bases actuales. La indefinición de las condiciones futuras se traduce, por tanto, en la definición de un conjunto de posibles valores para los principales componentes atmosféricos. Estos diferentes “estados” de la atmósfera son las condiciones de entrada para los modelos climáticos, de manera que se pueden obtener las condiciones climáticas para un conjunto de posibles escenarios, esto es, un conjunto de hipotéticos futuros o distintas configuraciones de los elementos que definen el sistema climático.

### **Se dispone de un modelo climático regional para las regiones de Canarias y Souss-Massa-Drâa?**

La mayoría de los modelos que intenta resolver el clima a nivel de todo el Planeta, denominados modelos de circulación general, tienen resoluciones espaciales de cientos de kilómetros, lo que hace difícil su aplicación directa para regiones de orografía compleja como el caso de Canarias o de Souss-Massa-Drâa. Esto hace necesario el desarrollo de metodologías adecuadas para obtener información climática de utilidad a nivel regional. Para el caso de

Canarias y de Souss-Massa-Drâa es imprescindible implementar el modelo climático con una resolución espacial de pocos kilómetros. Esto fija, a su vez, la resolución temporal con la que se resuelven las ecuaciones que modelan los sistemas físicos implicados, para evitar problemas de estabilidad numérica. Entre las diferentes metodologías posibles, en el grupo GOTA estamos aplicando la técnica denominada “downscaling dinámico” empleado el modelo Weather Research and Forecasting (WRF). Se ha configurado este sistema de modelización para las condiciones particulares de Canarias y Souss-Massa-Drâa.

### **Cuál es la mejora conseguida por el Grupo GOTA respecto a los modelos climáticos regionales existentes para las regiones de estudio del CLIMATIQUE?**

Hasta la actualidad, y hasta donde conocemos, pocos han sido los proyectos de modelización climática que han incluido entre sus objetivos estudiar la zona de Canarias y de Souss-Massa-Drâa. Esto es principalmente debido a las altas resoluciones espaciales y temporales con las que se ha de abordar esta tarea, con el consecuente coste computacional, lo que se traduce en un encarecimiento notable de la ejecución del proyecto. Para abordar Canarias a unos pocos kilómetros el esfuerzo es notablemente superior al que se ha de hacer para modelar toda África a una resolución de unos 50 km. En el GOTA se ha configurado el WRF para obtener información climática de interés regional en diferentes escenarios y periodos de tiempo a lo largo del siglo XXI.

### **Cuál es la situación actual de desarrollo del proyecto?**

Se han probado diferentes configuraciones del sistema WRF para poder determinar aquella que mejor reproduce las condiciones climáticas de la zona de interés. Esta fase, ya finalizada, se ha desarrollado comparando las salidas de las diferentes configuraciones WRF con los datos observacionales obtenidos a partir de estaciones meteorológicas y con bases de datos conformadas a partir de magnitudes evaluadas desde satélites. Con la configuración WRF seleccionada se están en este momento ejecutando los diferentes escenarios de futuro. Se han seleccionado dos posibles escenarios, los denominados RCP4.5 y 8.5 para los decenios 2045-55 y 2090-2100. En unos meses podremos tener información de estas modelizaciones debido a los tiempos de cómputo necesarios. Este tipo de modelos se han de ejecutar en ordenadores de altas prestaciones con el consiguiente coste de configuración y mantenimiento de una infraestructura de estas características.



## Proyecciones de escenarios climáticos para las regiones de Souss-Massa-Draâ y Canarias usando técnicas de downscaling

### Grupo de Observación de la Tierra. Universidad de La Laguna

Septiembre 2013

Actualmente, se ha convertido en tarea habitual acceder a los diversos medios de comunicación: prensa, radio, TV y, especialmente, Internet para consultar las predicciones meteorológicas para las próximas horas o días. También hemos sido testigos de la evolución, en pocos años, de este tipo de información, no sólo en su presentación, tradicionalmente mediante un mapa sobre el que se superponen soles, nubes o los signos de gota en señal de lluvia, sino en la precisión con la que se proporciona en la actualidad: previsiones de temperaturas, cantidad de precipitación, intensidad y dirección del viento, radiación solar, ... personalizadas para cada región o localidad. La pregunta que nos surge es: ¿Cómo se realizan estas predicciones?

Existen diversas técnicas que se utilizan para las predicciones meteorológicas o climáticas, como son los métodos estadísticos, las técnicas de análogos o la utilización de modelos numéricos. En este artículo nos vamos a centrar precisamente en este último tipo de técnicas que son las más utilizadas en la actualidad. Las predicciones basadas en modelo resuelven el conjunto de ecuaciones físicas que describen la dinámica de fluidos, en este caso la atmósfera, las cuales permiten describir la evolución del sistema a partir de las condiciones actuales (condiciones iniciales) y aplican aproximaciones para aquellos procesos que se producen a una escala menor a la que los modelos pueden resolver. Sin embargo, las claves para obtener una buena solución aproximada, depende de varios factores asociados a la complejidad del sistema Tierra-Atmósfera:

- **El conocimiento preciso de las condiciones iniciales.**

Esto implica conocer con exactitud un gran conjunto de variables a nivel global, como la temperatura, presión, humedad, vientos, etc., tanto en la superficie como en los diferentes niveles de la atmósfera. Esto se consigue con observaciones meteorológicas realizadas mediante estaciones fijas o móviles distribuidas por todo el planeta. Sin embargo, la distribución de estas estaciones no es homogénea, agrupándose principalmente en las zonas habitadas de los países desarrollados. No obstante, en las últimas décadas, con la utilización de los satélites artificiales para este fin, se ha mejorado el conocimiento del “estado” del sistema a nivel global.



- **La resolución de las ecuaciones para el sistema Tierra en su conjunto.**

Las ecuaciones que describen el sistema no pueden ser resueltas de forma exacta. Por lo tanto, es necesario realizar una serie de hipótesis que permitan obtener de forma aproximada la solución a las mismas. El primer factor a tener en cuenta es la resolución, tanto horizontal como vertical con la que se define el modelo. Por una parte, una mayor resolución permite al modelo simular más fielmente los procesos que ocurren. Sin embargo, un aumento en la resolución implica una demanda de potencia de cómputo que se dispara dramáticamente. Por tanto, es necesario recurrir a soluciones de compromiso que permitan la simulación global con las herramientas de cómputo del momento. He aquí otra de las claves para la mejora de las predicciones en los últimos años: la aparición continua de sistemas de cómputo más potentes ha hecho posible mejorar la resolución de los modelos “globales”, pasando de ser de cientos a decenas de kilómetros.

Sin embargo, a pesar de esta mejora en la resolución, estos modelos aún no son capaces de simular procesos que ocurren a escalas más pequeñas, como es el caso de los procesos convectivos o los procesos en los que la orografía del terreno juega un papel importante. Para solventar estos inconvenientes, los modelos hacen uso de las “parametrizaciones”. La idea básica consiste en suponer que "existe un equilibrio estadístico entre los fenómenos cuya escala es menor que la de la rejilla de simulación y las variables que sí pueden ser calculadas por el modelo en su rejilla". De esta manera no nos interesan los detalles de funcionamiento del proceso dentro de una celda, sino solo sus efectos estadísticos sobre el flujo general. El estudio de todos los procesos físicos que ocurren en el sistema y la elaboración de parametrizaciones eficientes es uno de los campos de trabajo más activo en la actualidad para la comunidad científica.

### **Modelos regionales o mesoescalares**

Una solución intermedia a los problemas de resolución la aportan los denominados modelos numéricos mesoescalares. El objetivo en este caso consiste en “resolver” la dinámica del sistema con un tamaño de malla lo suficientemente fino para poder considerar los procesos mesoescalares y una topografía más aproximada del territorio, a cambio de focalizar el estudio en una región determinada del Planeta. Para conseguirlo, a estos modelos numéricos es necesario suministrarles información de lo que ocurre en la frontera de la región seleccionada (dominio) durante todo el tiempo que dura la simulación. Normalmente, esta información de contorno se obtiene a partir de las salidas de los modelos globales de más baja resolución. A partir de ella, el modelo resuelve las ecuaciones en el interior del dominio con una resolución adecuada y unos tiempos de cálculo asequibles.

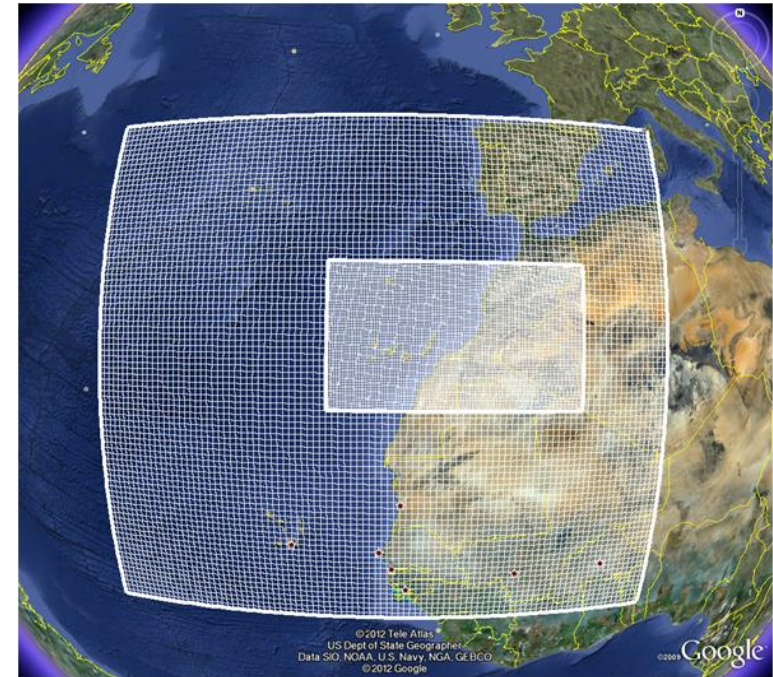
### Proyecciones de escenarios climáticos en Climatique

Estas técnicas, denominadas “downscaling” son las que permiten obtener predicciones más precisas, especialmente en regiones orográficamente complejas como pueden ser las Islas Canarias o la región de Souss-Massa-Draâ. En nuestro caso, hacemos uso de la estrategia de “dominios anidados” o “anidamiento telescópico” para poder obtener información con una resolución espacial adecuada en cada región. En la siguiente figura se muestra la configuración de dominios utilizada para los estudios climáticos en estas regiones en las que se ha superpuesto la rejilla utilizada por el modelo para cada uno de los dominios definidos.

### Selección del conjunto de parametrizaciones

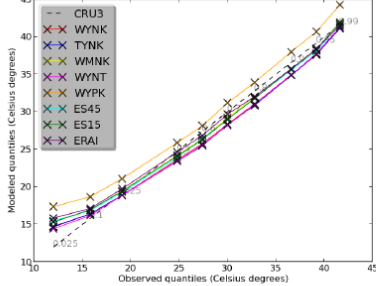
Una vez seleccionado el modelo numérico (WRF, Weather Research and Forecasting, en nuestro caso) y la región de interés, es necesario realizar un estudio del comportamiento del mismo para la región específica. Como se indicó previamente, los modelos usan parametrizaciones para aproximar los procesos no resueltos explícitamente. Estas parametrizaciones se comportan de forma diferente para distintas regiones. Por tanto, es recomendable "sintonizar" el modelo para la región de estudio. En el presente proyecto se han realizado un conjunto de experimentos con este fin, evaluando diferentes conjuntos de parametrizaciones para el periodo 2004-2008. Con el fin de reducir las incertidumbres, los datos usados como condiciones iniciales y de contorno han sido datos de reanálisis, en concreto ERA-Interim, generados a partir de observaciones. Los datos simulados (temperaturas, precipitaciones, vientos, cobertura nubosa, ...) son comparados con datos observacionales.

A modo de ejemplo, en la siguiente figura se muestran los resultados obtenidos para las temperaturas máximas, mínimas y medias en la región de Souss-Massa-Draâ para el período indicado. Para observar el comportamiento del modelo en los diferentes rangos de temperatura, las gráficas muestran la comparación, en término de cuantiles, de los resultados obtenidos para los 6 experimentos realizados con los datos observacionales proporcionados por CRU-TS 3.10 así como con los datos de reanálisis ERA-Interim utilizados como condiciones de contorno.

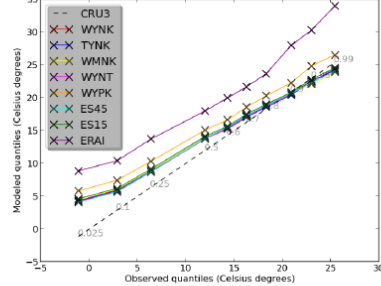




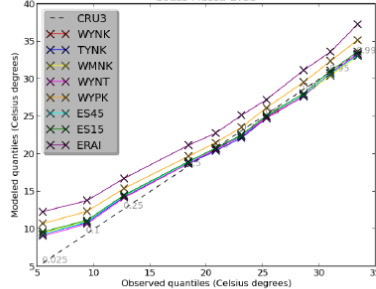
2004-2008 Monthly maximum 2-metre temperature Quantiles  
Souss-Massa-Draa



2004-2008 Monthly minimum 2-metre temperature Quantiles  
Souss-Massa-Draa



2004-2008 Monthly mean 2-metre temperature Quantiles  
Souss-Massa-Draa



De igual forma, en la siguiente figura se muestran las precipitaciones anuales medias obtenidas para el periodo analizado en el dominio de Canarias (5 kms. de resolución horizontal) para 3 de los experimentos realizados, aquellos que presentan la mayor dispersión de resultados. Además, en la esquina inferior izquierda se muestran las precipitaciones medias en Canarias observadas por la red de estaciones de la Agencia Estatal de Meteorología y presentadas en el Atlas Climático para el período 1971-2000 ([http://www.aemet.es/es/conocerlas/publicaciones/detalles/segundo Atlas climatologic](http://www.aemet.es/es/conocerlas/publicaciones/detalles/segundo%20Atlas%20climaticol%20ogic)), donde se puede observar que el comportamiento del conjunto de parametrizaciones utilizado en el experimento central proporciona unos resultados de precipitaciones muy similares a los observados.

### Proyecciones climáticas

Una vez sintonizado el modelo y evaluados los errores, hemos procedido a la generación de proyecciones climáticas para la región de interés. En este proyecto, se pretende evaluar el cambio climático en las regiones indicadas para dos periodos: 2045-2055 y 2090-2100 para dos escenarios de concentraciones y emisiones de gases de efecto invernadero propuestos para el 5º Informe del IPCC (<http://www.pik-potsdam.de/~mmalte/rcps/>), en concreto el RCP4.5 y el RCP8.5.

Puesto que en este caso las condiciones iniciales y de contorno no son conocidas, el procedimiento que se está llevando a cabo consiste en utilizar los resultados del proyecto CMIP5 (<http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/>), en el que múltiples centros internacionales utilizan sus modelos globales (con resoluciones horizontales en torno a los 100 kms), para generar las proyecciones hasta finales de siglo. Estos resultados son utilizados como condiciones iniciales y de contorno para realizar la regionalización en las dos zonas de interés (Canarias y Souss-Massa-Draâ). Este proceso requiere una gran capacidad de cálculo dado que, a las resoluciones espaciales requeridas, es necesario resolver todas las ecuaciones cada 15 segundos durante todo el periodo simulado. En la actualidad, se está finalizando la proyección a mitad de siglo para los dos escenarios contemplados y en breve se iniciarán las proyecciones para la última década del siglo XXI.

