

IMPACTO DE LA OSCILACIÓN MULTIDECADAL DEL ATLÁNTICO SOBRE EL CLIMA EUROPEO EN SIMULACIONES CON MODELOS ACOPLADOS DEL IPCC

Francisco J. ÁLVAREZ GARCÍA, William CABOS NARVÁEZ, María José ORTIZ BEVIÁ
Grupo de Física del Clima, Departamento de Física, Universidad de Alcalá
franciscoj.alvarez@uah.es, william.cabos@uah.es, mjose.ortiz@uah.es

RESUMEN

Este trabajo analiza cómo queda representado el impacto de la variabilidad multidecadal del Atlántico norte sobre Europa en simulaciones de control, de clima actual y de cambio climático ejecutadas con el modelo acoplado GFDL. Para la identificación de la variabilidad multidecadal en las diferentes simulaciones examinadas, se aplica un Análisis de Espectro Singular Multicanal a las anomalías anuales de temperatura de la superficie marina del Atlántico Norte. Una vez distinguidas las distintas fases de la oscilación, se construyen para cada una de ellas compuestos de las temperaturas máximas y precipitaciones diarias estivales en Europa, con el fin de examinar la influencia de la señal multidecadal en la región. Las simulaciones de control y de clima actual muestran un grado de concordancia apreciable con las observaciones, tanto en lo que respecta a las características de la variabilidad multidecadal como en lo referente a los impactos observados sobre Europa. En la simulación de cambio climático, nuestro análisis indica que la variabilidad multidecadal en el Atlántico norte está prácticamente eliminada.

Palabras clave: Oscilación Multidecadal del Atlántico, Análisis de Espectro Singular Multicanal, Modelos acoplados

ABSTRACT

This work analyzes the impact of North Atlantic multidecadal variability on European climate as simulated in control, present climate and climate change runs carried out with the GFDL coupled model. Multi-channel Singular Spectrum Analysis is applied to the annual anomalies of North Atlantic sea surface temperatures in order to identify the multidecadal variability. Composites of summer daily maximum temperature and precipitation in Europe are built according to the phase of the multidecadal signal, to determine its influence on that region. The control and present climate simulations show a good agreement with observations, regarding both the features of the multidecadal variability and its impact on Europe. As to the climate change simulation, our analysis suggests that multidecadal variability is essentially suppressed in it.

Key words: Atlantic Multidecadal Oscillation, Multi-channel Singular Spectrum Analysis, Coupled models

1. INTRODUCCIÓN

Las temperaturas de la superficie marina en el Atlántico Norte presentan variaciones con una periodicidad de alrededor de 60 u 80 años y con una estructura espacial uniforme que ocupa toda la cuenca, en lo que ha venido en denominarse Oscilación Multidecadal del Atlántico, abreviado en el acrónimo inglés AMO (KERR, 2000). Estas fluctuaciones, que han sido asociadas a cambios en la Circulación Termohalina (LATIF *et al.*, 2004), dejan su huella en diversos aspectos del clima tanto de América del Norte como de Europa: SUTTON y HODSON (2005) asocian a la fase cálida de AMO aumentos (descensos) de entre 0.1 y 0.3 mm/día en la precipitación diaria estival (Junio-Julio-Agosto) sobre Europa occidental (Norteamérica), e incrementos de temperatura de entre 0.25 – 0.75 °C tanto en Centroeuropa como en Norteamérica. Nuestra investigación actual persigue determinar cómo quedan representados AMO y su impacto en las áreas continentales adyacentes en las diversas simulaciones disponibles en la base de datos del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados –fase 3 (CMIP3), del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (WCRP).

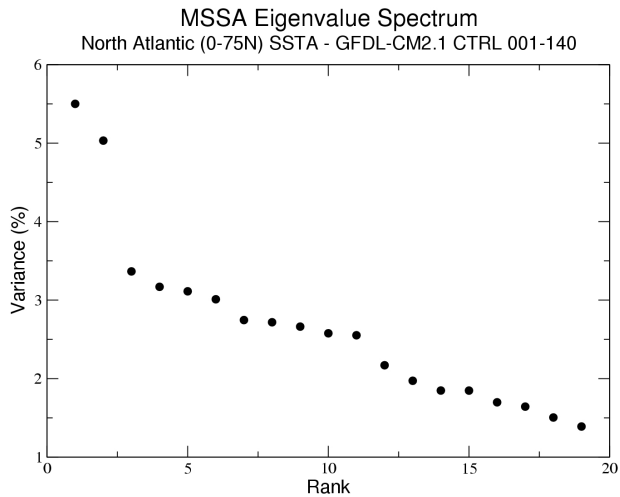


Fig. 1: Espectro de autovalores MSSA de las anomalías anuales de SST de la simulación de control.

2. DATOS

Presentamos aquí resultados del análisis de datos procedentes de tres simulaciones efectuadas con el modelo acoplado GFDL-CM2.1 (DELWORTH *et al.*, 2006), del Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, y disponibles en el archivo CMIP3.

Las simulaciones se han llevado a cabo con una resolución horizontal de $2^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ (latitud y longitud, respectivamente) en la atmósfera y de $(1-1/3)^{\circ} \times 1^{\circ}$ en el océano; la parte atmosférica posee 24 niveles en la dirección vertical, y la oceánica 50. El paso de acoplamiento océano-atmósfera es de 2 horas.

Examinamos en primer lugar una simulación de control, de 500 años de longitud, en la que las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) se mantienen constantes en sus valores de la era pre-industrial; la segunda simulación analizada corresponde al clima actual y se ha llevado a cabo utilizando las concentraciones variables de GEI del período de 140 años entre 1861 y 2000; por último, consideramos una tercera simulación del clima del siglo XXI que utiliza concentraciones de GEI correspondientes al escenario de emisiones futuras A2 del Informe Especial de Escenarios de Emisión (SRES) del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC). Las variables estudiadas han sido las temperaturas de la superficie marina (SST), la precipitación diaria (PR) y la temperatura máxima diaria (TX).

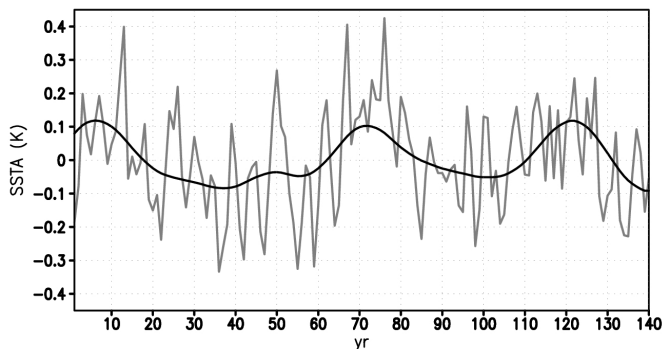


Fig. 2: Simulación de control: (gris) anomalías anuales de SST promediadas en [80-10°O, 0-70°N]; (negro) reconstrucción del mismo índice con las componentes multidecadales MSSA.

3. METODOLOGÍA

Computamos en primer lugar las anomalías anuales de SST, relativas a la climatología del período completo de simulación bajo estudio, en el dominio del Atlántico Norte (entre 0°N y 75°N). A estas anomalías se les aplica un Análisis de Espectro Singular Multicanal (GHIL *et al.*, 2002), que abreviaremos en lo sucesivo en MSSA, tras haber retenido un 90% de varianza en un análisis previo de Componentes Principales.

Tras separar la variabilidad multidecadal de SST en el Atlántico Norte simulado mediante el análisis MSSA, identificamos sus intervalos cálidos y fríos y calculamos, mediante promedios, los mapas de anomalías anuales de SST y de anomalías de PR y TX asociados a ellos. Nos restringimos a los valores estivales (Junio-Julio-Agosto) de estas dos últimas variables.

4. RESULTADOS

Detallamos a continuación los resultados obtenidos en el análisis de cada una de las simulaciones.

4. 1. Simulación de control

La figura 1 muestra el espectro de autovalores del análisis MSSA aplicado a la simulación de control. Los dos primeros autovalores, que explican en conjunto alrededor de un 10% de la

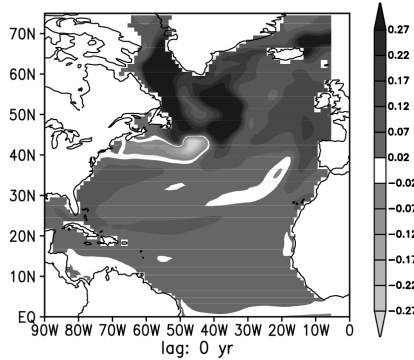


Fig. 3: Simulación de control: regresión de las anomalías anuales de SST sobre la reconstrucción multidecadal del promedio de anomalías de SST en [80-10°O, 0-70°N].

varianza, se hallan asociadas a la variabilidad multidecadal del Atlántico Norte, como revela la figura 2, en la que se representa la reconstrucción, efectuada con las autofunciones correspondientes, de la serie de anomalías anuales de SST promediadas en toda la cuenca. La regresión de las anomalías de SST sobre esta serie reconstruida (figura 3) presenta una estructura espacial de signo uniforme en toda la región, con la salvedad de una estrecha franja latitudinal frente a Norteamérica alrededor del paralelo 40°N; las anomalías de la banda tropical resultan asimismo débiles en comparación con la configuración observada (p. ej., SUTTON y HODSON, 2005).

Hemos seleccionado los 30 años más cálidos (1-11, 68-76 y 117-126) de la serie reconstruida en la figura 2, y los 30 más fríos (25-44, 100-103 y 135-140), para obtener compuestos de TX y PR cuyas diferencias de una fase a otra se representan en las figuras 4a y 4b, para TX y PR respectivamente. El impacto de la variabilidad multidecadal sobre Europa parece estar adecuadamente recogido en la simulación de control, con un ligero aumento de la precipitación estival en áreas del oeste europeo y temperaturas más altas en Europa central durante la fase cálida, en consonancia con los resultados de SUTTON y HODSON (2005). Cabe destacar que el impacto sobre Norteamérica, donde aparecen descensos en TX y aumentos en PR durante la fase cálida, es, sin embargo, opuesto a las observaciones.

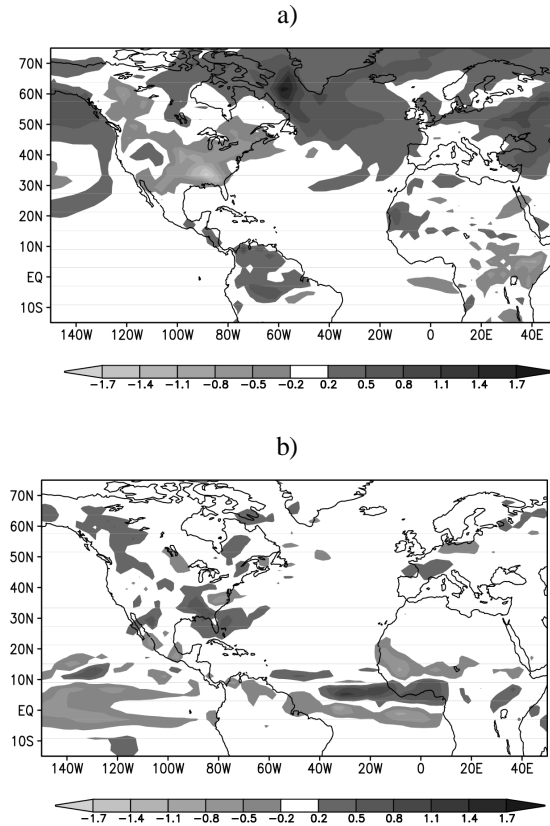


Fig. 4: Diferencia entre el compuesto de la fase positiva y negativa de la AMO en la simulación de control: a) temperatura máxima diaria media en verano (JJA); b) precipitación diaria media en verano (JJA).

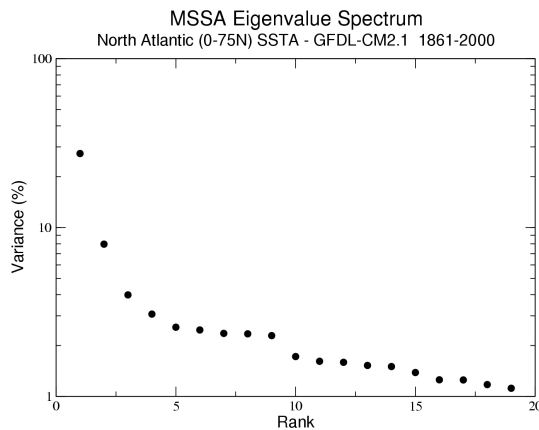


Fig. 5: Espectro de autovalores MSSA de las anomalías anuales de SST de la simulación del clima actual (1861-2000).

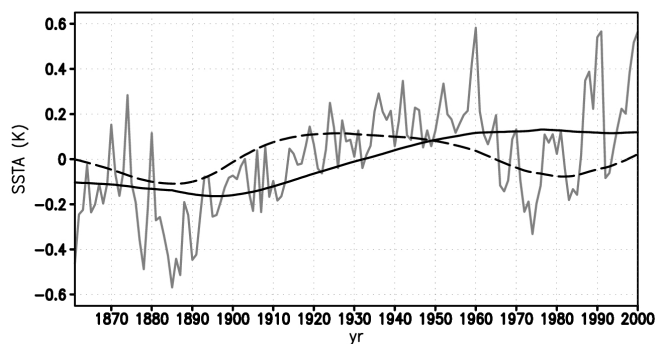


Fig. 6: Simulación 1861-2000: (gris) anomalías anuales de SST promediadas en [80-10°O, 0-70°N]; (negro, continuo) reconstrucción del mismo índice con la primera componente MSA; (negro, discontinuo) reconstrucción con la segunda componente.

4. 2. Simulación 1861-2000

Los dos primeros autovalores del espectro de MSA de la simulación del período 1861-2000 (figura 5) están respectivamente conectados con la tendencia al calentamiento a lo largo del siglo XX, que explica un 30% de la varianza total, y con la variabilidad multidecadal del Atlántico Norte, a la que se atribuye un 8% de la varianza. La reconstrucción de la serie de anomalías de SST promediadas en toda la cuenca con las correspondientes autofunciones se muestra en la figura 6. En ella se aprecia que la tendencia determinada por el análisis de MSA no es lineal a lo largo de todo el período simulado, sino con un marcado calentamiento entre aproximadamente 1910 y 1950. Tanto esta evolución como el mapa de regresión de las anomalías de SST (no mostrado) son cualitativamente similares a los obtenidos por ÁLVAREZ-GARCÍA *et al.* (2008) en su análisis de las observaciones. La estructura espacial asociada a la variabilidad multidecadal (figura 7) se aproxima más a las observaciones que en el caso de la simulación de control, al aparecer el mismo signo en prácticamente toda la cuenca y reforzarse las anomalías de la banda tropical. Conviene advertir que la mayor similitud de esta estructura con las observaciones podría derivarse de compartir con ellas la dificultad de separar adecuadamente la variabilidad multidecadal y la tendencia.

Para comparar la situación durante las fases cálida y fría de la variabilidad multidecadal, hemos elegido la etapa cálida de 1931-1960, y la fría de 1961-1990. Las diferencias entre los promedios de TX y RR en esos intervalos se ilustran en las figuras 8a y 8b, respectivamente. El impacto sobre Europa concuerda, como en la simulación de control, con los rasgos observados de anomalías cálidas en Centroeuropa y mayor RR en Europa occidental. De nuevo, el impacto en la otra costa se aleja más del observado, con las anomalías cálidas en Norteamérica desplazadas hacia el Norte y anomalías frías en el sur de los Estados Unidos

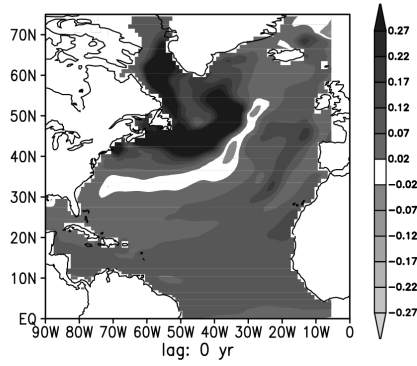


Fig. 7: Simulación 1861-2000: regresión de las anomalías anuales de SST sobre la reconstrucción multidecadal del promedio de anomalías de SST en [80-10°O, 0-70°N].

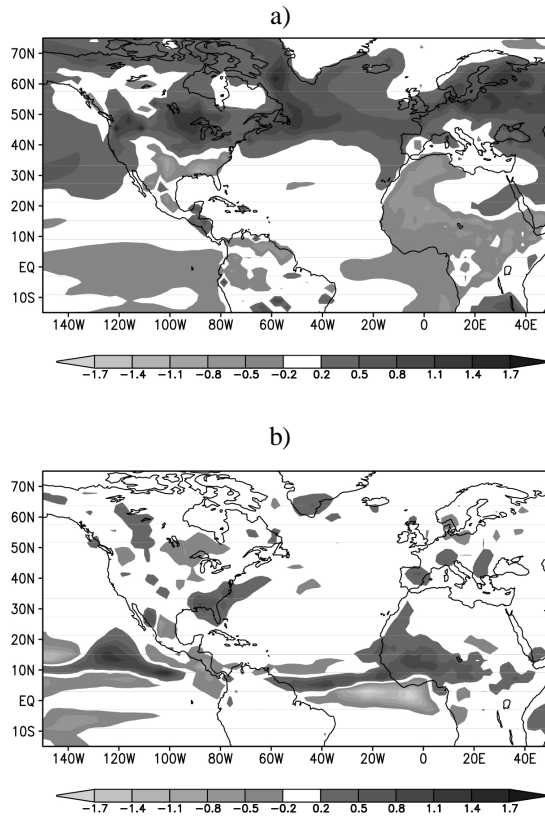


Fig. 8: Diferencia entre el compuesto de la fase positiva y negativa de la AMO en la simulación de clima actual (1861-2000): a) temperatura máxima diaria media en verano (JJA); b) precipitación diaria media en verano (JJA).

4. 3. Simulación 2001-2100

El espectro resultante del análisis de MSSA de la simulación de escenario A2 (figura 9) está dominado por dos autovalores asociados a la tendencia, que supone un 80% de la varianza total. La correspondiente reconstrucción de la serie de anomalías de SST promediadas en toda la cuenca (figura 10a) ilustra la magnitud de esa tendencia.

Ninguno de los autovalores restantes se halla vinculado con variabilidad multidecadal, que parece sustancialmente reducida con respecto a las simulaciones anteriores. En la figura 10b se representa el promedio de las anomalías de SST en la cuenca una vez retirada la tendencia y tras haber sufrido una media móvil con una ventana de 21 años; la serie resultante apenas presenta fluctuaciones multidecadales, en consonancia con los resultados del análisis MSSA.

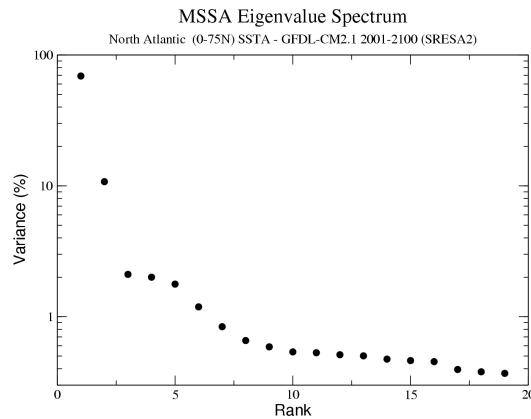


Fig. 9: Espectro de autovalores MSSA de las anomalías anuales de SST de la simulación de escenario A2 (2001-2100).

5. CONCLUSIONES

Nuestro análisis de las simulaciones de control y de clima actual detectan en ambos casos variabilidad multidecadal en el Atlántico Norte de características similares a la observada. La similitud con las observaciones de la estructura espacial asociada a estas variaciones multidecadales es mayor en el caso de la simulación del clima actual, que mejora a la de control en lo que respecta a la uniformidad del signo de las anomalías y a su importancia en el Atlántico tropical.

El impacto que estas fluctuaciones multidecadales tienen sobre el clima europeo estival simulado concuerda con las observaciones de un aumento de precipitación en el oeste de Europa y de temperaturas en Centroeuropa. Esta situación contrasta con la de Norteamérica, donde no se reproduce la influencia observada.

Por último, el análisis de la simulación de escenario A2 parece indicar que la variabilidad multidecadal del Atlántico norte queda prácticamente suprimida en ella. Esta desaparición supone una modificación drástica de la variabilidad climática de la región y merece una consideración más detenida de las razones que dan lugar a ella.

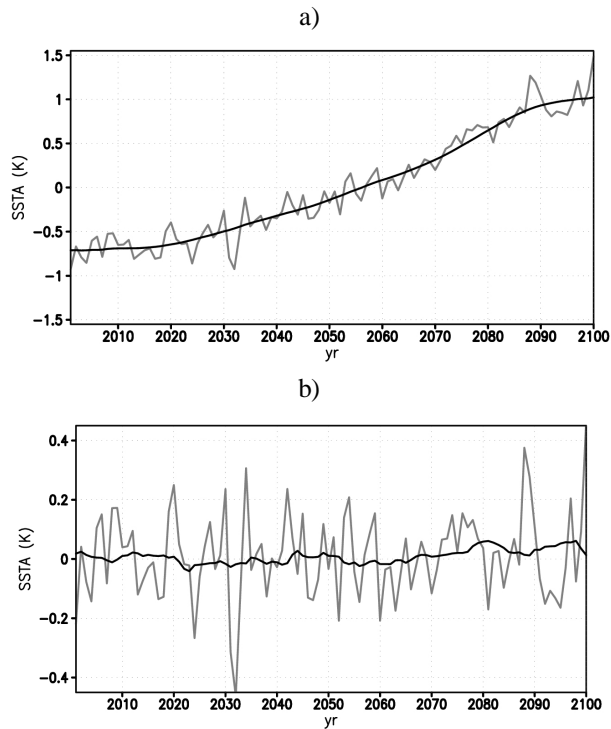


Fig. 10: Simulación de escenario (2001-2100): a) (gris) anomalías anuales de SST promediadas en [80-10°O, 0-70°N]; (negro, continuo) reconstrucción del mismo índice con las dos primeras componentes MSSA; b) (gris) como en a), tras eliminar la tendencia; (negro) media móvil de la serie anterior con una ventana de 21 años.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los grupos de modelado, al Programa de Diagnóstico e Intercomparación de Modelos Climáticos y al Grupo de Trabajo de Modelos Acoplados del WCRP por sus esfuerzos para hacer disponible el archivo CMIP3. Este archivo recibe el apoyo de la Oficina de Ciencia del Departamento de Energía de Estados Unidos.

7. REFERENCIAS

ÁLVAREZ-GARCÍA, F., LATIF, M. y BIASTOCH, A. (2008). "On multidecadal and quasi-decadal North Atlantic variability". *J. Climate*, aceptado.

- DELWORTH, T. L., ROSATI, A., STOUFFER, R. J., DIXON, K. W., DUNNE, J., FINDELL, K., GINOUX, P., GNANADESIKAN, A., GORDON, C. T., GRIFFIES, S. M., GUDGEL, R., HARRISON, M. J., HELD, I. M., HEMLER, R. S., HOROWITZ, L. W., KLEIN, S. A., KNUTSON, T. R., LIN, S.-J., MILLY, P. C. D., RAMASWAMY, V., SCHWARZKOPF, M. D., SIRUTIS, J. J., STERN, W. F., SPELMAN, M. J., WINTON, M., WITTENBERG, A. T., WYMAN, B., ZENG, F. y ZHANG, R. (2006). "GFDL's CM2 Global Coupled Climate Models. Part I: Formulation and simulation characteristics". *J. Climate*, 19, pp. 643-674.
- GHIL, M., ALLEN, M. R., DETTINGER, M. D., IDE, K., KONDRASHOV, D., MANN, M. E., ROBERTSON, A. W., SAUNDERS, A., TIAN, Y., VARADI, F. y YIOU, P. (2002). "Advanced spectral methods for climatic time series", *Rev. Geophys.*, 40, pp. 3.1-3.41, doi: 10.1029/2000RG000092.
- KERR, R. A. (2000). "A North Atlantic Climate pacemaker for the centuries". *Science*, 288, pp. 1984-1985.
- LATIF, M., ROECKNER, E., BOTZET, M., ESCH, M., HAAK, H., HAGEMANN, S., JUNGCLAUS, J., LEGUTKE, S., MARSLAND, S., MIKOLAJEWICZ, U. y MITCHELL, J. (2004). "Reconstructing, Monitoring, and Predicting Multidecadal-Scale Changes in the North Atlantic Thermohaline Circulation with Sea Surface Temperature". *J. Climate*, 17, pp. 1605-1614.
- SUTTON, R. T. y HODSON, D. L. R. (2000). "Atlantic Ocean forcing of North American and European summer climate". *Science*, 309, pp. 115-118.