



INFORME FINAL DE ACCIONES COMPLEMENTARIAS TIPO E y F

A. Datos de la acción

Relacione los datos de la acción. En caso de que haya algún cambio, indíquelo cambiando de color el texto

Referencia	CGL2011-13564-E
Investigador principal	Elsa Mohino Harris
Título	PREDICTABILIDAD Y PROYECCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO A CORTO PLAZO
Entidad	Universidad Complutense de Madrid
Centro	Facultad de Ciencias Físicas
Fecha de inicio	1/02/2012
Fecha final	31/05/2013
Duración	1 año y 4 meses
Total concedido	35000 €

B. Informe de progreso y resultados de la acción

NOTA: El informe anual correspondiente al año 2012 para esta acción complementaria se presentó en octubre de 2013. En él se incluyeron también todos los resultados científicos obtenidos hasta el cierre de la acción (31/05/2013), así como las actividades de difusión llevadas a cabo hasta octubre de 2013. El presente informe final es, por tanto, básicamente igual al informe anual ya presentado. Para facilitar su lectura se ha marcado en color azul oscuro los añadidos con respecto al informe anual 2012. La parte económica (apartado E) está, sin embargo, sólo referida al ejercicio 2013.

B1. Desarrollo de los objetivos planteados

Describe los objetivos y el grado de cumplimiento de los mismos

Objetivo 1: Análisis de la predictabilidad decadal de las simulaciones decadales EPIDOM y CMIP5. Región del Monzón de África Occidental	Este objetivo ha sido abordado por completo en Gaetani y Mohino (2013). Se han utilizado todas las simulaciones CMIP5 disponibles en el momento de comienzo, así como las simulaciones decadales estándar del modelo IPSL dentro de EPIDOM. En total se han analizado 8 modelos.
Objetivo 2: Determinación de las fuentes de predictabilidad decadal en la región del Monzón de África Occidental	Este objetivo ha sido abordado por completo. En Gaetani y Mohino (2013) se han analizado las fuentes de predictabilidad en las simulaciones decadales separando la componente externa de la debida a la inicialización.
Objetivo 3: Estudio de los mecanismos dinámicos ligados a la predicción decadal del monzón de África Occidental	Objetivo cubierto. En Gaetani y Mohino (2013) se ha encontrado una relación de la predictabilidad decadal del monzón de África Occidental con la variabilidad multidecadal de la temperatura de la superficie del mar asociada a patrones AMO ¹ e IPO ² . Se ha estudiado el impacto de estos patrones en la precipitación del Monzón de África Occidental en simulaciones de control CMIP5.

1 AMO: acrónimo del inglés Atlantic Multidecadal Oscillation (Oscilación Multidecadal del Atlántico)

2 IPO: acrónimo del inglés Inter-decadal Pacific Oscillation (Oscilación Interdecadal del Pacífico)



Objetivo 4: Evaluación de la previsibilidad decadal 2010/30 del Monzón de África Occidental	Se ha cubierto este objetivo. Se han empleado los modelos que en Gaetani y Mohino (2013) mostraron habilidad predictiva para estimar la evolución en el horizonte 2016-19.
Objetivo 5: Estudio de la reproducibilidad de la modulación de la conexión Atlántico-Pacífico	Este objetivo ha sido completado. Se han analizado las simulaciones de control de 18 modelos de la base de datos CMIP5.
Objetivo 6: Estudio de los factores que controlan dicha variabilidad multidecadal.	Este objetivo ha sido completado. Para los casos de conexión Atlántico-Pacífico se ha estudiado las características del estado base del océano en cada modelo. También se ha analizado en las observaciones la relación con los Anticiclones Subtropicales
Objetivo 7: Impactos de la relación Atlántico-Pacífico en la modulación de la variabilidad interanual de la lluvia en la región de África Occidental	Se ha completado el objetivo. A partir de los estudios de Losada et al. (2012) se han realizado y analizado simulaciones. Los resultados se presentarán en las ponencias Rodríguez-Fonseca y Bader (2013a y 2013b).
Objetivo Transversal: aumentar la participación española en programas y organismos internacionales, en particular participar en el quinto informe del IPCC	Uno de los artículos derivados del análisis de las simulaciones CMIP5 (Gaetani y Mohino 2013) ha sido citado en el quinto informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático publicado en 2013 (Capítulo 11, página 973). Así mismo, dos de las participantes de esta acción, Belén Rodríguez-Fonseca y Teresa Losada son autores contribuyentes al quinto informe del IPCC.

Cree tantas filas como **necesite**

B2. Actividades realizadas y resultados alcanzados

Describa las actividades científico-técnicas realizadas para alcanzar los objetivos planteados en la acción y los resultados obtenidos en la actuación. Indique para cada actividad los miembros del equipo que han participado. **Extensión máxima 4 páginas**

Actividad 1: Evaluación del nivel de predictabilidad decadal de la evolución del monzón de África Occidental (Objetivo 1). Se han analizado las simulaciones decadales de 8 modelos acoplados realizadas para los años 1960-2009. Se ha encontrado habilidad predictiva para la precipitación sobre el Sahel en horizontes de predicción de varios años (6-9) en 4 de los 8 modelos analizados (Figura 1). Véase Gaetani y Mohino (2013).

Miembros del equipo involucrados: Marco Gaetani y Elsa Mohino

NOTA: En relación a esta actividad, de manera paralela, Marco Gaetani y Elsa Mohino han co-dirigido en el curso 2012/13 un Trabajo de Fin de Máster en el que la alumna (Noelia Otero) ha analizado la habilidad predictiva de la dinámica del Monzón de África Occidental, obteniendo resultados similares para el índice dinámico. El Trabajo se presentó en Septiembre de 2013 (calificación: 9.5).

Actividad 2: Estimación de las fuentes de predictabilidad decadal del monzón de África Occidental (Objetivo 2). Se ha analizado la predictabilidad de las simulaciones históricas de los mismos modelos que en la actividad 1. Son simulaciones no inicializadas, que sólo tienen información de los forzamientos externos. Se ha encontrado que sólo un modelo de los 8 presentaba habilidad predictiva para el monzón de África Occidental con estas simulaciones. Se ha estimado cuál es la contribución de la inicialización a la habilidad predictiva de los modelos a partir del residuo entre las simulaciones decadales e históricas y se ha determinado que tiene una contribución determinante en 3 de los 4 modelos que mostraron habilidad en la actividad 1. Véase Gaetani y Mohino (2013).

Miembros del equipo involucrados: Marco Gaetani y Elsa Mohino

Actividad 3: Evaluación de los mecanismos dinámicos involucrados en la predictabilidad decadal (Objetivo 3). Se ha empleado técnicas de análisis discriminante para estudiar la co-



variabilidad entre la precipitación y la temperatura de la superficie del mar en las simulaciones en los residuos entre las simulaciones decadales e históricas. Se ha determinado que los modelos con habilidad predictiva presentaban una relación entre la precipitación y la temperatura de la superficie del mar similar a la observada y relacionada con patrones de variabilidad multidecadal AMO e IPO. (Véase Gaetani y Mohino (2013). Complementariamente, se ha analizado el impacto de estos patrones AMO e IPO sobre la precipitación del monzón del Oeste de África en las simulaciones históricas y de control CMIP5. Los estudios preliminares apuntan a un gran impacto de estos patrones en la precipitación a través del movimiento de la zona de convergencia intertropical en el primer caso y a subsidencia en el segundo. Estos resultados se han presentado tres ponencias (Villamayor y Mohino 2012, 2013a y 2013b).

Miembros del equipo involucrados: Julián Villamayor, Marco Gaetani y Elsa Mohino

Actividad 4: Análisis de la previsión 2010/2030 de la evolución del monzón de África Occidental a partir de las simulaciones decadales futuras (Objetivo 4). A partir de las simulaciones decadales CMIP5 inicializadas en 2010 se ha elaborado una previsión de la evolución de la lluvia sobre el Sahel en el horizonte 2016-19, ya que en Gaetani y Mohino (2013) se mostró que la mayor habilidad predictiva se hallaba en el horizonte de varios años (6-9). Los resultados, basados en los 4 modelos para los que Gaetani y Mohino (2013) encontraron habilidad predictiva significativa, muestran un ligero descenso de la precipitación sobre el Sahel con respecto a la década anterior (Figura 2).

Miembros del equipo involucrados: Elsa Mohino.

Actividad 5: Estudio de los modos de variabilidad interanual en las simulaciones de largo plazo caracterización del Niño Atlántico y Pacífico en CMIP5 (Objetivo 5). Se han analizado los índices representativos del Niño Atlántico y Pacífico en las simulaciones de control de 18 modelos CMIP5. Se ha representado su media climatológica, así como su desviación estándar. Para el análisis se ha elegido el índice ATL4 por ser el que mejor representaba la conexión Atlántico – Pacífico, dado que la mayor parte de los modelos mostraban una extensión hacia el oeste del primer modo de variabilidad en la cuenca Atlántica. Asimismo, el índice ATL4 era el que mostraba más variabilidad en el verano boreal (Figura 3). Estos resultados han sido presentados en los congresos Rodríguez-Fonseca et al. (2013a y 2013b)

Miembros del equipo involucrados: Irene Polo, Marta Martin-Rey, Belén Rodríguez-Fonseca

Actividad 6: Estudio de la relación entre el Niño del Atlántico y del Pacífico en ventanas móviles de 20 años para cada modelo (Objetivo 5). Para cada uno de los 18 modelos se ha calculado la correlación entre los índices ATL4 y Niño3 en ventanas móviles de 20 años. Se ha determinado que la mayoría de los modelos presentaban, al igual que las observaciones, modulaciones multidecadales de estas correlaciones. Para estudiar más a fondo la relación Atlántico – Pacífico y su evolución en los modelos, se han hecho compuestos de las anomalías para los casos en los que la correlación entre los índices era negativa y significativa en el verano boreal. Se ha determinado que, al igual que en las observaciones, en los periodos en los que se muestra la relación Atlántico-Pacífico durante el verano boreal se desarrolla una Niña en el siguiente invierno (Figura 4). Estos resultados han sido presentados en los congresos Rodríguez-Fonseca et al. (2013a y 2013b).

Miembros del equipo involucrados: Belén Rodríguez-Fonseca, Teresa Losada y Marta Martin-Rey

Actividad 7: Caracterización de los factores moduladores multidecadales de la variabilidad interanual (Objetivo 6). Para cada simulación de control de los modelos estudiados CMIP5 se han caracterizado, mediante el uso de análisis discriminante, los patrones multidecadales de variabilidad en la temperatura de la superficie del mar AMO e IPO. Se ha encontrado que la mayoría de los modelos presenta estos modos de variabilidad, aunque sus características pueden variar de un modelo a otro. Estos resultados se han presentado en tres ponencias (Villamayor y Mohino 2012, 2013a y 2013b). Asimismo para estudiar el estado base del océano que promueve la relación Atlántico-Pacífico se han calculado los compuestos de las anomalías de las temperaturas de la superficie del mar para los periodos en los que los modelos presentaban esta relación. Se ha



encontrado que no hay una clara consistencia entre los estados base proclives a la relación Atlántico-Pacífico y los patrones AMO e IPO de los distintos modelos.

Miembros del equipo involucrados: Elsa Mohino, Julián Villamayor y Belén Rodríguez-Fonseca

Actividad 8: Influencia recíproca de los Niños Atlántico y Pacífico y modulación multidecadal en las observaciones (Objetivo 6). Se ha visto que los Niños (Niñas) del Atlántico son capaces de influir en las Niñas (Niños) del Pacífico, favoreciendo los procesos dinámicos que involucran el movimiento de la termoclina. Sin embargo, El Niño del Pacífico también parece contribuir a la variabilidad del Atlántico tropical. Se ha analizado esta relación entre procesos interanuales del Atlántico y Pacífico en las observaciones. Se ha observado que tiene lugar a escalas multidecadales, pudiendo estar asociada con cambios en los Sistemas de Altas Presiones Subtropicales. Estos resultados han sido presentados en dos ponencias (Martín-Rey et al. 2012 y 2013a). [En particular, la influencia del Niño Atlántico sobre la Niña del Pacífico \(y vice versa\) aparece como el primer modo de covariabilidad entre ambas cuencas a principios y finales del s.XX coincidiendo con fases negativas de la Oscilación Multidecadal del Atlántico \(AMO\).](#) Este patrón de variabilidad multidecadal parece modificar la divergencia en niveles altos sobre el Atlántico y la variabilidad de la TSM del Pacífico Tropical, favoreciendo la conexión entre los fenómenos interanuales de ambas cuencas. Estos resultados se han presentado en una ponencia (Martín-Rey et al. 2013b) y están recogidos en la publicación Martín-Rey et al. (2014).

Miembros del equipo involucrados: Marta Martín-Rey, Belén Rodríguez-Fonseca, Irene Polo

Actividad 9: Análisis del impacto de la relación Atlántico-Pacífico en la precipitación del Monzón Africano (Objetivo 7). En trabajos previos del equipo de investigación se observó que la relación entre la precipitación anómala en el Sahel y calentamientos anómalos asociados al Niño Atlántico estaba modulada multidecadalmente, presentando una correlación negativa para fases de AMO positiva. A partir de experimentos de sensibilidad, en Losada et al. (2012) se ha analizado cómo la presencia conjunta de un Niño Atlántico y una Niña Pacífica (eventos altamente correlacionados en fases de AMO negativa) lleva a la desaparición de las anomalías de precipitación sobre el Sahel. Por otra parte, también se ha analizado cómo podría alterar el impacto del Niño Atlántico un cambio en el estado base oceánico empleando experimentos de sensibilidad con modelos de circulación general de la Atmósfera (modelos UCLA y MPI). Los resultados de los experimentos muestran que los impactos del Niño Atlántico sobre el Sahel son mayores para una fase positiva de la AMO, en consistencia con las observaciones. Estos resultados se han presentado en las comunicaciones Rodríguez-Fonseca y Bader (2013a y 2013b).

Miembros del equipo involucrados: Belén Rodríguez-Fonseca, Teresa Losada, Elsa Mohino

Actividad 10: Modulación multidecadal de relaciones interanuales: precipitación del sector Euro-Atlántico en los modelos acoplados (En la memoria original no aparece adscrito a ningún objetivo concreto, pero sí en el resumen de actividades). A raíz del estudio de la no-estacionariedad de la teleconexión del Niño Pacífico y el primer modo de variabilidad de la precipitación en el sector Euro-Atlántico realizados en el proyecto TRACS (CGL2009-10285) [y en esta acción complementaria \(véase artículo López-Parages y Rodríguez-Fonseca, 2012\)](#) se ha analizado esta relación con modelos de circulación general acoplados CMIP5. Los resultados preliminares apuntan a que esta relación parece ser no estacionaria en muchos de los modelos. La periodicidad de esta relación difiere de unos modelos a otros. Parte de estos resultados se han presentado como ponencias en congresos (López-Parages y Rodríguez-Fonseca, 2012 y 2013)

Miembros del equipo involucrados: Jorge López-Parages, Belén Rodríguez-Fonseca

En caso de incluir figuras, cítelas en el texto e insértelas en la última página



B3. Problemas y cambios en el plan de trabajo

Describe las dificultades y problemas que hayan podido surgir durante el desarrollo de la acción, así como cualquier cambio que se haya producido respecto de los objetivos o del plan de trabajo inicialmente planteados. Extensión máxima 1 página

El principal problema que hemos encontrado para llevar a cabo el plan de trabajo ha sido la disponibilidad de los datos con los que hemos trabajado. Gran parte del proyecto estaba basado en el análisis de las nuevas simulaciones del programa CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Program, Phase 5). Aunque algunas de las simulaciones se encontraban disponibles ya en 2011, muchas instituciones se retrasaron hasta bien entrado 2012 en dar acceso a sus datos. Además, el portal de acceso a los datos CMIP5 migró en agosto de 2012, lo que supuso un retraso adicional. Por este motivo, se solicitó una prórroga del proyecto hasta el 31 de mayo de 2013.

Los cambios adicionales respecto a la propuesta inicial son:

-cambio de adscripción de la investigadora Teresa Losada Doval a la Universidad de Castilla La Mancha (se informó de este cambio el 6 de junio de 2012 a través de la Carpeta Virtual de Expedientes)

-cambio en el tipo de personal a contratar solicitado: en la memoria de la solicitud se especificaba la contratación de un investigador postdoctoral. Durante 4 meses se contrató a Marco Gaetani (doctor en Física) que realizó labores para los objetivos 1 a 3. Para las otras tareas en las que se necesitaba contar con personal, se optó por contratar personal predoctoral con la formación adecuada: Julián Villamayor y Marta Martín-Rey (se solicitó este cambio 31 de marzo 2012 y se obtuvo permiso el 23 de mayo de 2012)

-incorporación al equipo de investigación de Jorge López Parages (solicitado el 31 de marzo de 2012 a través de la Carpeta Virtual de Expedientes y aceptado el 3 de julio de 2012)

-se incorporaron al plan de trabajo los investigadores contratados con cargo a la Acción Complementaria Marco Gaetani, Julián Villamayor y Marta Martín del Rey (se solicitó su incorporación al equipo de investigación el 31 de marzo de 2012 a través de la Carpeta Virtual de Expedientes, pero dado que sus contratos no abarcaban un año completo se incorporaron al plan de trabajo el 3 de julio de 2012)

C. Difusión de los resultados de la acción

Relacione únicamente los resultados derivados de esta actuación

C1. Publicaciones científico-técnicas (con peer-review) derivadas de la acción y patentes

	Referencia	Tipo de publicación (artículo científico o patente)	Autores
1	Gaetani M., Mohino E. (2013) Decadal prediction of the Sahelian precipitation in CMIP5 simulations. Journal of Climate, Journal of Climate, Vol 26, 7708-7719, DOI: 10.1175/JCLI-D-12-00635.1	Artículo científico	Gaetani M., Mohino E.
2	Losada, B. Rodriguez-Fonseca, E. Mohino, J. Bader, S. Janicot, C.R. Mechoso (2012) Tropical SST and Sahel rainfall: A non-stationary relationship. Geophysical Research Letters, Vol. 39, L12705, DOI:10.1029/2012GL052423.	Artículo científico	Losada, B. Rodriguez-Fonseca, E. Mohino, J. Bader, S. Janicot, C.R.



			Mechoso
3	López-Parages J., B. Rodríguez-Fonseca (2012) Multidecadal modulation of El Niño influence on the Euro-Mediterranean rainfall. <i>Geophys. Res. Lett.</i> Vol. 39, L02704, DOI:10.1029/2011GL050049	Artículo científico	López-Parages J., B. Rodríguez-Fonseca
4	Martín-Rey M., B. Rodríguez-Fonseca, I. Polo and F. Kucharski (2014): On the Atlantic-Pacific Niños connection: A multidecadal modulated mode, <i>Clim. Dyn.</i> , en revisión.	Artículo científico	Martín-Rey M., B. Rodríguez-Fonseca, I. Polo and F. Kucharski

Cree tantas filas como **necesite**

C2. Difusión de resultados			
	Referencia	Tipo (conferencias, artículos de difusión, libros...)	Autores
1	López-Parages y Rodríguez-Fonseca (2012), Nonstationary relationship between the Euro-Mediterranean rainfall and the El Niño phenomenon. Ponencia oral en la Conferencia MEDCLIVAR "The climate of the Mediterranean region: understanding its evolution and effects on environment and societies", celebrada en Madrid del 26 al 28 de septiembre de 2012.	Conferencia. Ponencia Oral	Jorge López-Parages y Belén Rodríguez-Fonseca
2	Martín-Rey M., B. Rodríguez-Fonseca, I. Polo, F. Kucharski (2012), The role of the Atlantic and Pacific basins in the connection between Atlantic and Pacific Niños. Poster .II Encuentro de Oceanografía Física, Madrid (Spain),14-16 Noviembre de 2012	Conferencia. Póster	Martín-Rey M., B. Rodríguez-Fonseca, I. Polo, F. Kucharski
3	Villamayor J., E. Mohino (2012) Multidecadal variability of the North Atlantic in CMIP5 models and relationship with Sahelian rainfall. patterns in CMIP5 models. Ponencia Oral en el Seminario España-Brasil en Variabilidad Climática del Atlántico Tropical y Teleconexiones. Celebrado en Madrid (España), 15-19 de octubre de 2012.	Conferencia. Póster	Villamayor J., E. Mohino
4	López-Parages J. y Rodríguez-Fonseca B. (2013), Nonstationary relationship between the Euro-Mediterranean rainfall and the El Niño phenomenon. Ponencia Oral en European Geosciences Union (EGU) General Assembly, Viena (Austria), 7-12 Abril de 2013	Conferencia. Ponencia Oral.	López-Parages J. y Rodríguez-Fonseca B.
5	Martín-Rey M., B. Rodríguez-Fonseca, I. Polo, F. Kucharski (2013a), The role of the Atlantic and Pacific basins in the connection between Atlantic and Pacific Niños. Poster. European Geosciences Union (EGU) General Assembly, Viena (Austria), 7-12 Abril de 2013	Conferencia. Póster	Martín-Rey M., B. Rodríguez-Fonseca, I. Polo, F. Kucharski
6	Mohino E., M. Gaetani (2013) Decadal prediction of the Sahelian precipitation in CMIP5 simulations. Póster en European Geosciences Union (EGU) General Assembly, Viena (Austria), 7-12 Abril de 2013	Conferencia. Póster	Mohino E., M. Gaetani



7	Rodríguez-Fonseca B., Bader J. (2013a) Climate Sensitivity of the Atlantic Niño impacts to changes in the background ocean state. Póster en European Geosciences Union (EGU) General Assembly, Viena (Austria), 7-12 Abril de 2013	Conferencia. Póster	Rodríguez-Fonseca B., Bader J.
8	Rodríguez-Fonseca B., Bader J. (2013b) Climate Sensitivity of the Atlantic Niño impacts to changes in the background ocean state. Changes in Sahelian rainfall variability. Contribución oral invitada en el congreso TAV-PIRATA 2013 en Venecia (Italia). Celebrado 22-25 de octubre de 2013.	Conferencia. Charla invitada	Rodríguez-Fonseca B., Bader J.
9	Rodríguez-Fonseca B., Polo I., Mohino E., Martín-Rey M., Losada T. (2013a) Multidecadal modulations of the Atlantic Niño influence on the Pacific ENSO in CMIP5 simulations. Póster en European Geosciences Union (EGU) General Assembly, Viena (Austria), 7-12 Abril de 2013	Conferencia. Póster	Rodríguez-Fonseca B., Polo I., Mohino E., Martín-Rey M., Losada T.
10	Rodríguez-Fonseca B., Polo I., Mohino E., Losada T., Martín-Rey M. (2013b) Multidecadal modulations of the Atlantic Niño influence on the Pacific ENSO in CMIP5 simulations, Contribución póster en el congreso TAV-PIRATA 2013 en Venecia (Italia). Celebrado 22-25 de octubre de 2013.	Conferencia. Póster	Rodríguez-Fonseca B., Polo I., Mohino E., Losada T., Martín-Rey M.
11	Villamayor J., E. Mohino (2013a) Low-frequency variability of Sahel rainfall driven by sea surface temperature patterns in CMIP5 models. Póster en European Geosciences Union (EGU) General Assembly, Viena (Austria), 7-12 Abril de 2013	Conferencia. Póster	Villamayor J., E. Mohino
12	Villamayor J., E. Mohino (2013b) AMO simulated by CMIP5 models and its impact on Sahel rainfall. Contribución oral en el congreso TAV-PIRATA 2013 en Venecia (Italia). Celebrado 22-25 de octubre de 2013.	Conferencia. Ponencia Oral.	Villamayor J., E. Mohino
13	Martín-Rey M., B. Rodríguez-Fonseca, I. Polo, F. Kucharski (2013b). The Atlantic-Pacific connection: A multidecadal variability mode. Oral presentation. Tropical Atlantic Variability (TAV)-PIRATA Meeting, Venice (Italy), 21-24 Octubre, 2013	Conferencia. Ponencia Oral.	Martín-Rey M., B. Rodríguez-Fonseca, I. Polo, F. Kucharski.

Cree tantas **filas como necesite**

D. Personal activo en la acción

Relacione la situación de todo el personal de las entidades participantes que haya prestado servicio en la acción en la anualidad que se justifica, o **que no haya sido declarado anteriormente**, y cuyos costes (salariales, dietas, desplazamientos, etc.) se imputen a la misma

					Si no incluido en solicitud original:		
	Nombre	NIF/NIE	Catg. ^a profesional	Incluido en solicitud original (S/N)	Función en la acción	Fecha de alta	Observaciones



1	Marco Gaetani	YA1547929 (pasaporte)	Investigador postdoctoral	N	Labores de investigación (predictabilidad decadal del monzón africano)	5 marzo 2012, incorporado en el plan de trabajo 11 mayo 2012 (notificación N0209220)	Contratado a cargo de la acción a partir del 5 de marzo 2012 hasta el 4 de julio 2012
2	Julián Villamayor Moreno	05292642C	Investigador predoctoral	N	Labores de investigación (patrones de baja frecuencia de las temperaturas de la superficie del mar en los modelos CMIP5 e impactos)	incorporado en el plan de trabajo 11 mayo 2012 (notificación N0209220)	Contratado a cargo de la acción a partir del 2 de julio 2012 hasta el 31 de diciembre 2012
3	Marta Martín del Rey	70884529R	Investigador predoctoral	N	Labores de investigación (relación Atlántico – Pacífico y modulación multidecadal en las observaciones)	incorporada en el plan de trabajo 11 mayo 2012 (notificación N0209220)	Contratada a cargo de la acción a partir del 15 de agosto 2012 hasta el 31 de diciembre 2012
4	Jorge López Parages	53159729J	Becario predoctoral (FPI)	N	Labores de investigación (otras modulaciones multidecadales de relaciones interanuales)	Fecha incorporación 1/02/2012 según notificación N0209220	
5	Elsa Mohino Harris	33532806W	Profesora Ayudante Doctor	S			
6	Belén Rodríguez Fonseca	07495253J	Profesora Titular Universidad	S			
7	Teresa Losada Doval	32830818C	Investigadora Postdoctoral	S			Colaboradora externa (ver apartado B3). No se le imputan gastos y se incluye aquí por las tareas que ha realizado.
8	Irene Polo	02544574S	Investigadora	S			Colaboradora externa. No se le



MINISTERIO
DE ECONOMIA Y
COMPETITIVIDAD

SECRETARÍA DE ESTADO
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E
INNOVACIÓN

DIRECCIÓN GENERAL
DE INVESTIGACIÓN Y GESTIÓN DEL
PLAN NACIONAL DE I+D+i

SUBDIRECCIÓN GENERAL
DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

	Sánchez		postdoctoral				imputan gastos y se incluye aquí por las tareas que ha realizado.
--	---------	--	--------------	--	--	--	--

Cree tantas **filas como necesite**

- En este capítulo solo debe incluir al personal vinculado de las entidades participantes en la acción. Los gastos de personal externo (colaboradores científicos, autónomos...) que haya realizado tareas para la acción deben ser incluidos en el punto E5 relativo a otros gastos.
- Las "Altas" y "Bajas" deben tramitarse de acuerdo con las "Instrucciones para el desarrollo de los proyectos de I+D+i" expuestas en la página web del ministerio.



MINISTERIO
DE ECONOMIA Y
COMPETITIVIDAD

SECRETARÍA DE ESTADO
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E
INNOVACIÓN

DIRECCIÓN GENERAL
DE INVESTIGACIÓN Y GESTIÓN DEL
PLAN NACIONAL DE I+D+i

SUBDIRECCIÓN GENERAL
DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

ANEXO 1: FIGURAS CITADAS EN EL TEXTO

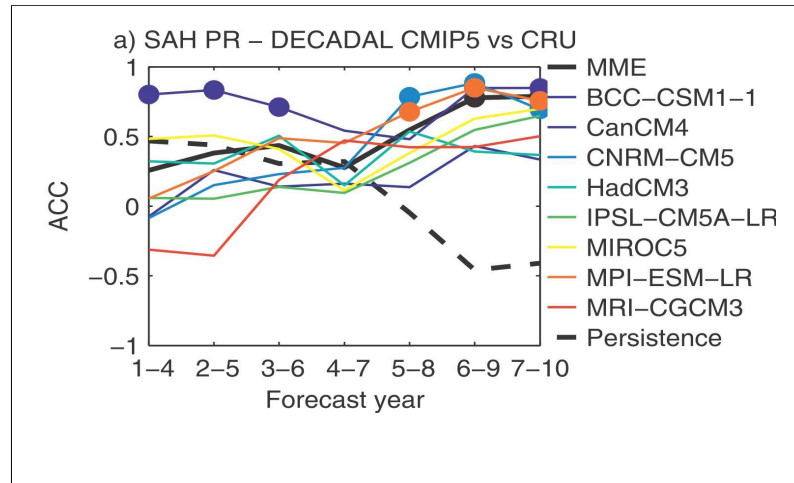


Figura 1: Coeficientes de correlación entre las anomalías de precipitación observadas y simuladas sobre el Sahel (15°W-15°E, 10°N, 20°N) en función del horizonte de predicción. Los círculos indican correlaciones estadísticamente significativas ($\alpha=0.05$) a partir de un test de Montecarlo. Adaptada de Gaetani y Mohino (2013).



Figura 2: evolución de la precipitación sobre el Sahel (15°W-15°E, 10°N-20°N) según las observaciones (negro) y según las predicciones en el horizonte 6-9 años del ensemble multimodelo con los cuatro modelos que mostraron habilidad predictiva en Gaetani y Mohino (2013) (rojo).

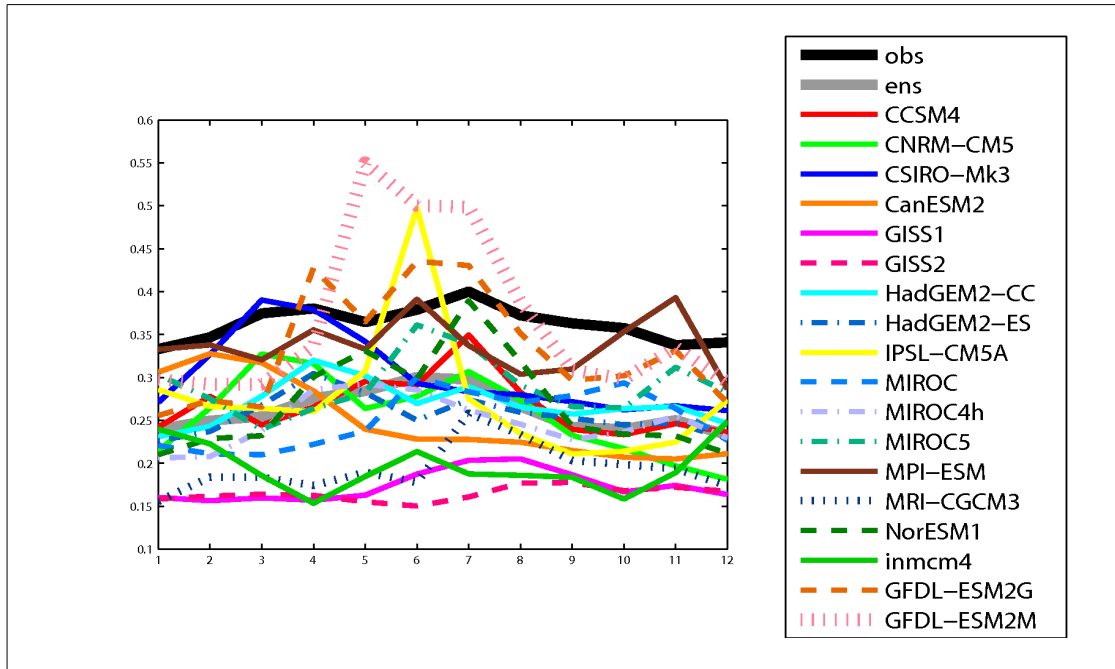


Figura 3: Evolución mensual de la desviación estándar del índice ATL4 para cada uno de los modelos CMIP5 analizados.

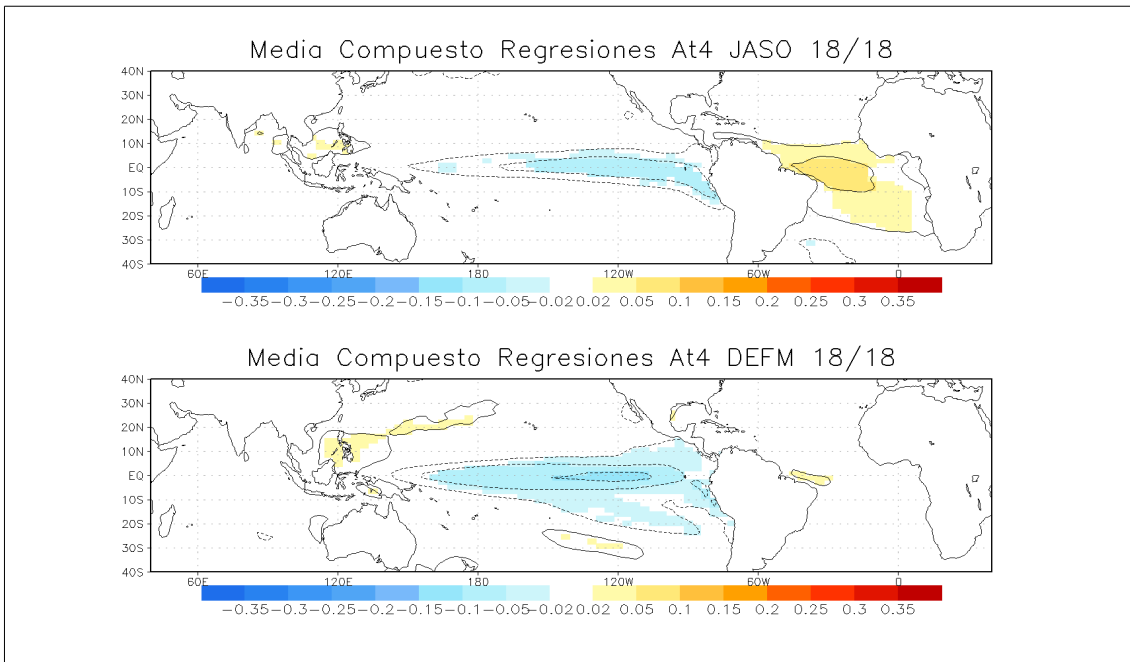


Figura 4: Promedio de las regresiones de las temperaturas de la superficie del mar sobre el índice ATL4 en los casos en los que este índice mostraba correlación negativa y significativa con el índice Niño3 para cada uno de los 18 modelos en el verano (Julio a Octubre, arriba) y el invierno siguiente (Diciembre a Marzo, abajo). Se colorean las regiones en las que los 18 modelos mostraban acuerdo en el signo de la regresión.



MINISTERIO
DE ECONOMIA Y
COMPETITIVIDAD

SECRETARÍA DE ESTADO
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E
INNOVACIÓN

DIRECCIÓN GENERAL
DE INVESTIGACIÓN Y GESTIÓN DEL
PLAN NACIONAL DE I+D+i

SUBDIRECCIÓN GENERAL
DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

ANEXO 2: ARTÍCULOS DERIVADOS DE LA ACCIÓN COMPLEMENTARIAS

Por motivos de espacio, sólo se adjuntan la primera y última página de los artículos. En el caso del artículo de Martín-Rey et al. (2014) (artículo en revisión en *Climate Dynamics*) se adjuntan las hojas con los autores y los agradecimientos.

Decadal Prediction of the Sahelian Precipitation in CMIP5 Simulations

MARCO GAETANI

*Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, Spain,
and Istituto di Biometeorologia, CNR, Rome, Italy*

ELSA MOHINO

Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, Spain

(Manuscript received 11 September 2012, in final form 8 March 2013)

ABSTRACT

In this study the capability of eight state-of-the-art ocean–atmosphere coupled models in predicting the monsoonal precipitation in the Sahel on a decadal time scale is assessed. To estimate the importance of the initialization, the predictive skills of two different CMIP5 experiments are compared, a set of 10 decadal hindcasts initialized every 5 years in the period 1961–2009 and the historical simulations in the period 1961–2005. Results indicate that predictive skills are highly model dependent: the Fourth Generation Canadian Coupled Global Climate Model (CanCM4), Centre National de Recherches Météorologiques Coupled Global Climate Model, version 5 (CNRM-CM5), and Max Planck Institute Earth System Model, low resolution (MPI-ESM-LR) models show improved skill in the decadal hindcasts, while the Model for Interdisciplinary Research on Climate, version 5 (MIROC5) is skillful in both the decadal and historical experiments. The Beijing Climate Center, Climate System Model, version 1.1 (BCC-CSM1.1), Hadley Centre Coupled Model, version 3 (HadCM3), L’Institut Pierre-Simon Laplace Coupled Model, version 5, coupled with NEMO, low resolution (IPSL-CM5A-LR), and Meteorological Research Institute Coupled Atmosphere–Ocean General Circulation Model, version 3 (MRI-CGCM3) models show insignificant or no skill in predicting the Sahelian precipitation. Skillful predictions are produced by models properly describing the SST multidecadal variability and the initialization appears to play an important role in this respect.

1. Introduction

The recent increase in the occurrence of extreme climate events, as prolonged droughts, strong heat waves, intense hurricane activity, and the related significant social and economic impacts, has raised scientific and political interest in the near-term climate change, encouraging the development of tools for climate predictions at a decadal time scale, namely out to 10–30 years (Meehl et al. 2009). Climate evolution at the decadal time scale is expected to be influenced by both internal variability and external forcing. The internal variability is mainly related to the state of climate in the recent past, so the weight of the initialization in decadal climate simulations is comparable to that of the boundary conditions (Cox and Stephenson 2007). Several studies have

been recently conducted to assess the capability of climate models to predict the climate at a decadal time scale, showing predictive skills for global surface temperature and ocean dynamics in the North Atlantic and North Pacific (Smith et al. 2007; Keenlyside et al. 2008; Pohlmann et al. 2009; Mochizuki et al. 2010; Garcia-Serrano and Doblas-Reyes 2012). Moreover, a set of near-term (10–30 yr) integrations of state-of-the-art coupled atmosphere–ocean global circulation models (AOGCMs) specifically addressed to evaluate decadal climate predictions have been conducted in the framework of the Coupled Model Intercomparison Project phase 5 (CMIP5) (Taylor et al. 2012). The evaluation of the decadal experiments is presently in an early stage; however, the CMIP5 models show improved skill in predicting the Atlantic multidecadal variability (AMV) and the interdecadal Pacific oscillation (IPO) (Kim et al. 2012; Chikamoto et al. 2013).

In the context of decadal climate variability, the study of the monsoonal rainfall in the Sahel is a prominent

Corresponding author address: Marco Gaetani, Istituto di Biometeorologia, CNR, Via Taurini 19, 00185 Rome, Italy.
E-mail: m.gaetani@ibimet.cnr.it

TABLE 2. Correlation coefficients between models and observations ECs time series for SST/precipitation. Bold (italic) values are 95% (90%) significant.

	2–5 forecast years	4–7 forecast years	6–9 forecast years
BCC-CSM1.1	−0.18/−0.21	0.53/0.22	0.55/0.46
CanCM4	0.88/0.76	0.79/0.46	0.87/0.81
CNRM-CM5	0.05/−0.19	0.58/0.36	0.86/0.55
HadCM3	0.56/0.57	0.70/0.61	0.34/−0.05
IPSL-CM5A-LR	0.00/0.10	0.36/0.16	0.32/0.56
MIROC5	<i>0.73/0.27</i>	0.14/−0.02	−0.86/−0.67
MPI-ESM-LR	−0.09/0.14	0.64/0.48	0.80/0.89
MRI-CGCM3	0.26/0.07	0.06/−0.50	0.35/−0.19

wet (dry) anomalies are simulated when dry (wet) anomalies are observed]. The present analysis does not provide a clear explanation for this “exotic” behavior and this issue should be more deeply investigated.

The covariance analysis indicates that some of the models are able to reproduce the observed SST–precipitation relationship in the residuals at a multidecadal time scale (CanCM4, CNRM-CM5, and MPI-ESM-LR) and the same models show additional skill in the decadal prediction of the JAS Sahelian rainfall coming from the initialization (Fig. 5). In Table 2 the correlation coefficients between EC time series from SVDA applied to models and observations residuals at forecast years 2–5, 4–7, and 6–9 are presented. Note that SST and precipitation ECs show significant correlation values for the models and forecast years with additional predictive skills (Fig. 5), suggesting that the ability of the models in reproducing the SST–precipitation multidecadal variability is crucial for skillful decadal predictions.

5. Discussion and conclusions

The performances of the CMIP5 models in predicting the JAS Sahelian precipitation are summarized on the basis of the covariance analysis of the decadal-forcing residuals in Fig. 6. Three models (CanCM4, CNRM-CM5, and MPI-ESM-LR) show the SST–precipitation patterns and associated time variability very close to the observed ones, although some regional differences are evident, and prediction skills are detected in the Sahel mainly at long lead times (6–9 yr; Figs. 2, 3, and 5). It indicates that the initialization remarkably affects the prediction skills, specifically improving the description of the multidecadal variability associated with the AMV and IPO. The analysis of decadal experiments launched every year (not shown), showing robust skills at long lead times, confirms the crucial contribution of the initialization. The HadCM3 covariance pattern is characterized

by a Guinean precipitation mode, so significant skill is detected along the Guinean coast (Figs. 3 and 5). The IPSL-CM5A-LR model is weakly skillful over the Sahel (Figs. 3 and 5), which can be related to the partial description of the SST covariance pattern not showing significant anomalies in the Southern Ocean. The MIROC5 model is skillful over the Sahel in both the decadal and historical experiments, and no skill is observed in the residuals (Figs. 3 and 5), suggesting a negative impact on the predictability coming from the initialization. The MRI-CGCM3 model shows a covariance pattern far from the observed one with no skills in both decadal and historical simulations (Figs. 3 and 4). On the other hand, predictive skill is detected in the residuals (Fig. 5), indicating that the removal of the model’s response to the external forcing improves the forecast, although it is not possible to identify the sources of predictability. It could be related to noisy forcing fields (not shown). In this case the improved skill is related to the initialization but, in contrast to the rest of the models, it does not come from the inclusion of a multidecadal SST variability. The BCC-CSM1.1 model does not show significant predictive performances.

In conclusion, it is possible to predict the JAS Sahelian precipitation at a decadal time scale if the multidecadal variability associated with the AMV and IPO is correctly represented, and the decadal hindcast approach is valuable for this purpose in three CMIP5 models (CanCM4, CNRM-CM5, and MPI-ESM-LR). However, it is important to highlight that the initialization procedure not only allows us to describe the SST internal variability, but could also account for part of the SST variability that is externally induced, through the correction of the model’s near-term response to the external forcing (Goddard et al. 2013). As found by Shin and Sardeshmukh (2011), state-of-the-art AOGCMs run using prescribed observed radiative forcing do not capture well recent climate trends at a regional scale; whereas uncoupled atmospheric models forced by the observed SST changes are more skillful in this regard. This behavior is due to the poor representation of tropical SST in the coupled models, which can lead to large impacts on the simulation of both local and remote precipitation trends. Thus by means of the proper initialization, it is possible to correct misrepresentations of the externally forced variability in SSTs.

Acknowledgments. We acknowledge the World Climate Research Programme’s Working Group on Coupled Modelling, which is responsible for CMIP, and we thank the climate modeling groups (listed in Table 1 of this paper) for producing and making available their model output. For CMIP the U.S. Department of Energy’s

Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison provides coordinating support and led development of software infrastructure in partnership with the Global Organization for Earth System Science Portals. This work was supported by the Spanish projects MICINN CGL2011-13564-E and CGL2009-10285.

We want to thank Juliette Mignot for the data provided and Luis Dinis for useful discussion.

REFERENCES

- Bader, J., and M. Latif, 2003: The impact of decadal scale Indian Ocean SST anomalies on Sahelian rainfall and the North Atlantic Oscillation. *Geophys. Res. Lett.*, **30**, 2169, doi:10.1029/2003GL018426.
- Benson, C., and E. J. Clay, 1998: The impact of drought on sub-Saharan African economies. World Bank Tech. Paper 401, 83 pp.
- Biasutti, M., and A. Giannini, 2006: Robust Sahel drying in response to late 20th century forcings. *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L11706, doi:10.1029/2006GL026067.
- , I. M. Held, A. H. Sobel, and A. Giannini, 2008: SST forcings and Sahel rainfall variability in simulations of the twentieth and twenty-first centuries. *J. Climate*, **21**, 3471–3486.
- Caminade, C., and L. Terray, 2010: Twentieth century Sahel rainfall variability as simulated by the ARPEGE AGCM, and future changes. *Climate Dyn.*, **35**, 75–94, doi:10.1007/s00382-009-0545-4.
- Chikamoto, Y., and Coauthors, 2013: An overview of decadal climate predictability in a multi-model ensemble by climate model MIROC. *Climate Dyn.*, **40**, 1201–1222, doi:10.1007/s00382-012-1351-y.
- Cook, K. H., and E. K. Vizy, 2006: Coupled model simulations of the West African monsoon system: Twentieth- and twenty-first-century simulations. *J. Climate*, **19**, 3681–3703.
- Cox, P., and D. Stephenson, 2007: A changing climate for prediction. *Science*, **317**, 207–208.
- Fink, A. H., J. M. Scharage, and S. Kotthaus, 2010: On the potential causes of the nonstationary correlations between West African precipitation and Atlantic hurricane activity. *J. Climate*, **23**, 5437–5456.
- Garcia-Serrano, J., and F. J. Doblas-Reyes, 2012: On the assessment of near-surface global temperature and North Atlantic multi-decadal variability in the ENSEMBLES decadal hindcast. *Climate Dyn.*, **39**, 2025–2040, doi:10.1007/s00382-012-1413-1.
- Goddard, L., and Coauthors, 2013: A verification framework for interannual-to-decadal prediction experiments. *Climate Dyn.*, **40**, 245–272, doi:10.1007/s00382-012-1481-2.
- Haarsma, R. J., F. M. Selten, S. L. Weber, and M. Kliphuis, 2005: Sahel rainfall variability and response to greenhouse warming. *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L17702, doi:10.1029/2005GL023232.
- ICPO, 2011: Data and bias correction for decadal climate predictions. International CLIVAR Project Office Publication Series 150, 5 pp. [Available online at http://www.wcrp-climate.org/decadal/references/DCPP_Bias_Correction.pdf.]
- Keenlyside, N. S., M. Latif, J. Jungclauss, L. Kornblueh, and E. Roeckner, 2008: Advancing decadal-scale climate prediction in the North Atlantic sector. *Nature*, **453**, 84–88.
- Kim, H.-M., P. J. Webster, and J. A. Curry, 2012: Evaluation of short-term climate change prediction in multi-model CMIP5 decadal hindcasts. *Geophys. Res. Lett.*, **39**, L10701, doi:10.1029/2012GL051644.
- Lu, J., and T. L. Delworth, 2005: Oceanic forcing of the late 20th century Sahel drought. *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L22706, doi:10.1029/2005GL023316.
- Meehl, G. A., and Coauthors, 2009: Decadal prediction: Can it be skillful? *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **90**, 1467–1485.
- Mitchell, T. D., and P. D. Jones, 2005: An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. *Int. J. Climatol.*, **25**, 693–712.
- Mochizuki, T., and Coauthors, 2010: Pacific decadal oscillation hindcasts relevant to near-term climate prediction. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **107**, 1833–1837.
- Mohino, E., S. Janicot, and J. Bader, 2011: Sahel rainfall and decadal to multi-decadal sea surface temperature variability. *Climate Dyn.*, **37**, 419–440.
- Philippou, N., F. J. Doblas-Reyes, and P. M. Ruti, 2010: Skill, reproducibility and potential predictability of the West African monsoon in coupled GCMs. *Climate Dyn.*, **35**, 53–74.
- Pohlmann, H., J. H. Jungclauss, A. Köhl, D. Stammer, and J. Marotzke, 2009: Initializing decadal climate predictions with the GECCO oceanic synthesis: Effect on the North Atlantic. *J. Climate*, **22**, 3926–3938.
- Shin, S. I., and P. D. Sardeshmukh, 2011: Critical influence of the pattern of tropical ocean warming on remote climate trends. *Climate Dyn.*, **36**, 1577–1591, doi:10.1007/s00382-009-0732-3.
- Smith, D. M., S. Cusack, A. W. Colman, C. K. Folland, G. R. Harris, and J. M. Murphy, 2007: Improved surface temperature prediction for the coming decade from a global climate model. *Science*, **317**, 796–799.
- Smith, T. M., R. W. Reynolds, T. C. Peterson, and J. Lawrimore, 2008: Improvements to NOAA's historical merged land-ocean surface temperature analysis (1880–2006). *J. Climate*, **21**, 2283–2296.
- Taylor, K. E., R. J. Stouffer, and G. A. Meehl, 2012: An overview of CMIP5 and the experiment design. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **93**, 485–498.
- Ting, M., Y. Kushnir, R. Seager, and C. Li, 2009: Forced and internal twentieth-century SST trends in the North Atlantic. *J. Climate*, **22**, 1469–1481.
- van Oldenborgh, G. J., F. J. Doblas-Reyes, B. Wouters, and W. Hazeleger, 2012: Decadal prediction skill in a multi-model ensemble. *Climate Dyn.*, **38**, 1263–1280, doi:10.1007/s00382-012-1313-4.
- Venzke, S., M. R. Allen, R. T. Sutton, and D. P. Rowell, 1999: The atmospheric response over the North Atlantic to decadal changes in sea surface temperature. *J. Climate*, **12**, 2562–2584.
- Zhang, R., and T. L. Delworth, 2006: Impact of Atlantic multi-decadal oscillations on India/Sahel rainfall and Atlantic hurricanes. *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L17712, doi:10.1029/2006GL026267.

Tropical SST and Sahel rainfall: A non-stationary relationship

T. Losada,^{1,2} B. Rodriguez-Fonseca,^{2,3} E. Mohino,² J. Bader,^{4,5} S. Janicot,⁶
and C. R. Mechoso⁷

Received 22 May 2012; accepted 6 June 2012; published 30 June 2012.

[1] Sea surface temperature (SST) anomalies in the tropical Atlantic have been associated with precipitation anomalies in West Africa that form a dipole pattern with centers over the Sahel and the Gulf of Guinea. Whilst this was clear before the 1970's, the dipole pattern almost disappeared after that date, as the anti-correlation between rainfall anomalies in the Sahel and Guinea dropped abruptly. Simultaneously, the anti-correlations between Sahel rainfall and tropical Pacific SSTs strengthened. It has been posited that these changes after the 1970's developed as rainfall over West Africa started to co-vary with SSTs in the global tropics. In this co-variability, enhanced summer rainfall over West Africa with a monopole pattern corresponds to warmer SSTs in the tropical Atlantic and Maritime Continent, and colder SSTs in the tropical Pacific and western Indian Oceans. The present paper describes the hitherto unexplored seasonal evolution of this co-variability and the physical mechanisms at work. Sensitivity experiments with two atmospheric general circulation models demonstrate that, after the 1970's, the impacts of SST anomalies in the Indo-Pacific counteract those in the Atlantic in terms of generating rainfall anomalies over the Sahel, and that this superposition of effects is primarily linear. Therefore, at interannual timescales, the change in the patterns of co-variability between West African rainfall and tropical SSTs can explain the non-stationary relationship between the anomalies in these two fields. **Citation:** Losada, T., B. Rodriguez-Fonseca, E. Mohino, J. Bader, S. Janicot, and C. R. Mechoso (2012), Tropical SST and Sahel rainfall: A non-stationary relationship, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L12705, doi:10.1029/2012GL052423.

1. Introduction

[2] The sea surface temperature (SST) anomaly field in the tropics has been recognized as a key driver of rainfall variability in the Sahel during the 20th century. At interannual

time scales, SST anomalies in the tropical Atlantic have been associated to precipitation anomalies in West Africa (WA) that form a dipole pattern with centers over the Sahel and the Gulf of Guinea [Rowell *et al.*, 1995; Ward, 1998; Janicot *et al.*, 1998; Losada *et al.*, 2010a]. In addition, a negative correlation was reported between SST anomalies in the tropical Pacific and rainfall anomalies in the Sahel during the northern summer [Folland *et al.*, 1986; Rowell *et al.*, 1995; Ward, 1998; Janicot *et al.*, 1998, 2001; Giannini *et al.*, 2003; Mohino *et al.*, 2011a].

[3] A change in correlations between tropical Atlantic SST and WA rainfall anomalies was found after the 1970's [Janicot *et al.*, 2001; Joly and Voltaire, 2010; Rodriguez-Fonseca *et al.*, 2011; Mohino *et al.*, 2011b, hereinafter MO11]. In this period, the pattern of WA rainfall anomalies associated with the Atlantic Niño changed from a dipole-type with positive values in the Gulf of Guinea and negative values over the Sahel to a monopole-type, with positive values extending north from the Gulf of Guinea.

[4] MO11 examined the co-variability between SST anomalies in each of the tropical ocean basins and rainfall anomalies in WA during the northern summer. They used observations and the outputs of ensemble simulations by five atmospheric general circulation models (AGCMs) in which observed, global SSTs were used as boundary conditions. This was done in a linear context by application of an Extended Maximum Covariance Analysis (EMCA) [Polo *et al.*, 2008], in which the periods 1957-1978 and 1979-1998 (Periods I and II, respectively) were considered separately. In Period I the patterns of co-variability between WA rainfall and SST anomalies in each of the tropical ocean basins have insignificant projections outside the basin considered. By contrast, in Period II those patterns have significant values in all the basins, with a similar spatial configuration comprising an El Niño-like pattern in the Atlantic together with La Niña-like conditions in the tropical Pacific (Figures A1 and A2 in Text S1 in the auxiliary material).¹ Rodriguez-Fonseca *et al.* [2011] obtained a similar result when they applied the EMCA analysis to anomalies in the tropical SSTs and WA rainfall from the observation during the period June-September in Period I and Period II, separately. In view of these findings, MO11 and Rodriguez-Fonseca *et al.* [2011] conjectured that the reported non-stationary character of the links between tropical SST and WA rainfall at interannual timescales could be due to the different ways in which the impacts of SST anomalies in different ocean basins interfere with each other before and after the 1970's.

[5] The present paper demonstrates the validity of that conjecture in the context of AGCMs. We focus on the period

¹Instituto de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, Spain.

²Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I, Geofísica y Meteorología, Universidad Complutense Madrid, Madrid, Spain.

³Instituto de Geociencias, Universidad Complutense Madrid, CSIC, Madrid, Spain.

⁴Max-Planck-Institut fuer Meteorologie, Hamburg, Germany.

⁵Bjerknes Centre for Climate Research, Bergen, Norway.

⁶LOCEAN, IPSL, IRD, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France.

⁷Department of Atmospheric Sciences, University of California, Los Angeles, California, USA.

Corresponding author: T. Losada, Instituto de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha, E-45071 Toledo, Spain. (teresa.losada@uclm.es)

©2012. American Geophysical Union. All Rights Reserved. 0094-8276/12/2012GL052423

¹Auxiliary materials are available in the HTML. doi:10.1029/2012GL052423.

between precipitation anomalies in the Gulf of Guinea and the Sahel [Polo *et al.*, 2008; Joly and Voldoire, 2010]; and 2) the disappearance of precipitation anomalies with opposite sign over the Sahel and the Gulf of Guinea in response to tropical Atlantic SST anomalies. The results provide a quantitative confirmation of conjectures on the linearity of the impacts of tropical SST anomalies on WA rainfall raised in previous works [Joly *et al.*, 2007; Joly and Voldoire, 2010; MO11; Rodríguez-Fonseca *et al.*, 2011]. They also clarify the impact of ENSO on Sahel rainfall and thereby emphasize the need to consider the global climate system for successful seasonal forecasts.

[24] What causes such decadal changes in the interannual variability of the SST is an open subject that motivates a number of questions on the origin of the multidecadal modulation of the interannual patterns of SST and their influence on Sahelian rainfall. These topics will be addressed in future works.

[25] **Acknowledgments.** This project has been partially funded by the EU-AMMA project. Based on French initiative, AMMA was built by an international scientific group and is currently funded by a large number of agencies, especially from France, UK, US and Africa. It has been the beneficiary of a major financial contribution from the European Community's Sixth Framework Research Programme. Detailed information on scientific coordination and funding is available on the AMMA International website <http://www.amma-international.org>. This study has been also supported by the Spanish projects: MICINN CGL2009-10285, CGL2011-13564-E, MMA MOVAC-200800050084028 and the Research Group "Micrometeorology and Climate Variability". We would like to thank the EEA "Abel Extraordinary Chairs" for the mobility grant of Dr Rodríguez-Fonseca to the Bjerknes Center for Climate Research and the University of Bergen. The research at UCLA was funded by NSF grant AGS-1041477. T. Losada is supported by the postdoctoral program by the Consejería de Educación, Cultura y Deporte of the Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (Spain) and the European Social Fund. The authors thank two anonymous reviewers for their constructive suggestions and comments that have improved the paper, as well as the editor for his help through the whole process of publication of the paper.

[26] The Editor thanks two anonymous reviewers for assisting in the evaluation of this paper.

References

- Bader, J., and M. Latif (2011), The 1983 drought in the West Sahel: A case study, *Clim. Dyn.*, *36*, 463–472, doi:10.1007/s00382-009-0700-y.
- Bretherton, S. B., C. Smith, and J. M. Wallace (1992), An intercomparison of methods for finding coupled patterns in climate data, *J. Clim.*, *5*, 541–560, doi:10.1175/1520-0442(1992)005<0541:AIOMFF>2.0.CO;2.
- Folland, C. K., T. N. Palmer, and D. E. Parker (1986), Sahel rainfall and worldwide sea temperatures, 1901–85, *Nature*, *320*, 602–607, doi:10.1038/320602a0.
- Fontaine, B., S. Trzaska, and S. Janicot (1998), Evolution of the relationship between near global and Atlantic SST modes and the rainy season in West Africa: Statistical analyses and sensitivity experiments, *Clim. Dyn.*, *14*, 353–368, doi:10.1007/s003820050228.
- Giannini, A., R. Saravanan, and P. Chang (2003), Oceanic forcing of Sahel rainfall on interannual to interdecadal time scales, *Science*, *302*, 1027–1030, doi:10.1126/science.1089357.
- Gill, A. E. (1980), Some simple solutions for heat-induced tropical circulation, *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, *106*, 447–462, doi:10.1002/qj.49710644905.
- Hourdin, F., *et al.* (2006), The LMDZ4 general circulation model: Climate performance and sensitivity to parametrized physics with emphasis on tropical convection, *Clim. Dyn.*, *27*, 787–813, doi:10.1007/s00382-006-0158-0.
- Janicot, S., A. Harzallah, B. Fontaine, and V. Moron (1998), West African monsoon dynamics and eastern equatorial Atlantic and Pacific SST anomalies (1970–1988), *J. Clim.*, *11*, 1874–1882, doi:10.1175/1520-0442-11.8.1874.
- Janicot, S., S. Trzaska, and I. Poccarr (2001), Summer Sahel-ENSO teleconnection and decadal time scale SST variations, *Clim. Dyn.*, *18*, 303–320, doi:10.1007/s003820100172.
- Joly, M., and A. Voldoire (2010), Role of the Gulf of Guinea in the interannual variability of the West African monsoon: What do we learn from CMIP3 coupled simulations?, *Int. J. Climatol.*, *30*, 1843–1856, doi:10.1002/joc.2026.
- Joly, M., A. Voldoire, H. Douville, P. Terray, and J. F. Royer (2007), African monsoon teleconnections with tropical SSTs: Validation and evolution in a set of IPCC4 simulations, *Clim. Dyn.*, *29*, 1–20, doi:10.1007/s00382-006-0215-8.
- Kucharski, F., A. Bracco, J. H. Yoo, A. Tompkins, L. Feudale, P. Ruti, and A. Dell'Aquila (2009), A Gill-Matsun-type mechanism explains the tropical Atlantic influence on African and Indian monsoon rainfall, *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, *135*, 569–579, doi:10.1002/qj.406.
- Losada, T., B. Rodríguez-Fonseca, S. Janicot, S. Gervois, F. Chauvin, and P. Ruti (2010a), A multimodel approach to the Atlantic equatorial mode: Impact on the West African monsoon, *Clim. Dyn.*, *35*, 29–43, doi:10.1007/s00382-009-0625-5.
- Losada, T., B. Rodríguez-Fonseca, I. Polo, S. Janicot, S. Gervois, F. Chauvin, and P. Ruti (2010b), Tropical response to the Atlantic equatorial mode: AGCM multimodel approach, *Clim. Dyn.*, *35*, 45–52, doi:10.1007/s00382-009-0624-6.
- Mechoso, C. R., J. Y. Yu, and A. Arakawa (2000), A coupled GCM pilgrimage: from climate catastrophe to ENSO simulations, in *General Circulation Model Development: Past, Present and Future*, *Int. Geophys. Ser.*, vol. 70, edited by D. A. Randall, pp. 539–575, Academic, New York, doi:10.1016/S0074-6142(00)80066-2.
- Meehl, G. A. *et al.* (2007), Global climate projections, in *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, edited by S. Solomon *et al.*, pp. 747–845, Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K.
- Mohino, E., B. Rodríguez-Fonseca, C. R. Mechoso, S. Gervois, P. Ruti, and F. Chauvin (2011a), Impacts of the tropical Pacific/Indian Oceans on the seasonal cycle of the West African monsoon, *J. Clim.*, *24*, 3878–3891, doi:10.1175/2011JCLI3988.1.
- Mohino, E., B. Rodríguez-Fonseca, T. Losada, S. Gervois, S. Janicot, J. Bader, P. Ruti, and F. Chauvin (2011b), SST-forced signals on West African rainfall from AGCM simulations—Part I: Changes in the interannual modes and model intercomparison, *Clim. Dyn.*, *37*, 1707–1725, doi:10.1007/s00382-011-1093-2.
- Polo, I., B. Rodríguez-Fonseca, T. Losada, and J. García-Serrano (2008), Tropical Atlantic variability modes (1979–2002). Part I: Time-evolving SST modes related to West African rainfall, *J. Clim.*, *21*, 6457–6475, doi:10.1175/2008JCLI2607.1.
- Richter, I., C. R. Mechoso, and A. W. Robertson (2008), What determines the position and intensity of the South Atlantic anticyclone in austral winter? An AGCM study, *J. Clim.*, *21*, 214–229, doi:10.1175/2007JCLI1802.1.
- Rodríguez-Fonseca, B., I. Polo, J. García-Serrano, T. Losada, E. Mohino, C. R. Mechoso, and F. Kucharski (2009), Are Atlantic Niños enhancing Pacific ENSO events in recent decades?, *Geophys. Res. Lett.*, *36*, L20705, doi:10.1029/2009GL040048.
- Rodríguez-Fonseca, B., *et al.* (2011), Interannual and decadal SST forced responses of the West African monsoon, *Atmos. Sci. Lett.*, *12*, 67–74, doi:10.1002/asl.308.
- Rowell, D. P. (2001), Teleconnections between the tropical Pacific and the Sahel, *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, *127*, 1683–1706, doi:10.1002/qj.49712757512.
- Rowell, D. P., C. K. Folland, K. Maskell, J. A. Owen, and M. N. Ward (1995), Variability of the summer rainfall over tropical North Africa (1906–92): Observations and modeling, *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, *121*, 669–704, doi:10.1002/qj.49712152311.
- Smith, T. M., and R. W. Reynolds (2004), Improved extended reconstruction of SST (1854–1997), *J. Clim.*, *17*, 2466–2477, doi:10.1175/1520-0442(2004)017<2466:IEROS>2.0.CO;2.
- Trzaska, S., V. Moron, and B. Fontaine (1996), Global atmospheric response to specific linear combinations of the main SST modes. Part I: Numerical experiments and preliminary results, *Ann. Geophys.*, *14*, 1066–1077.
- Ward, M. N. (1998), Diagnosis and short-lead time prediction of summer rainfall in tropical North Africa at interannual and multidecadal timescales, *J. Clim.*, *11*, 3167–3191, doi:10.1175/1520-0442(1998)011<3167:DASLTP>2.0.CO;2.
- Xie, P., and P. A. Arkin (1997), Global precipitation: A 17-year monthly analysis based on gauge observations, satellite estimates, and numerical model outputs, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, *78*, 2539–2558, doi:10.1175/1520-0477(1997)078<2539:GPAYMA>2.0.CO;2.

Multidecadal modulation of El Niño influence on the Euro-Mediterranean rainfall

Jorge López-Parages¹ and Belén Rodríguez-Fonseca¹

Received 20 October 2011; revised 6 December 2011; accepted 8 December 2011; published 20 January 2012.

[1] El Niño influence on the Euro-Mediterranean Rainfall (EMedR) has changed along the 20th century, and the reasons for this lack of stationarity, which represents an important issue in the climate change context, are still unclear. Here, the causes of this changing relationship are studied at interannual timescales. To this aim the EMedR is analyzed using observations from 1900 to 2008. Results confirm the lack of stationarity, showing how the teleconnections with El Niño appear modulated by multidecadal oscillations of the anomalous Sea Surface Temperature (SST) over the Atlantic and Pacific basins. The study presents statistically significant evidences about how the Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) seems to modulate El Niño teleconnection for late winter-spring, while modulation in fall could be controlled by the Pacific Decadal Oscillation (PDO). The results of this study have important implications in seasonal and decadal predictability, but they also represent a step forward in the understanding of the role of changes in the ocean mean state on the interannual teleconnections. **Citation:** López-Parages, J., and B. Rodríguez-Fonseca (2012), Multidecadal modulation of El Niño influence on the Euro-Mediterranean rainfall, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L02704, doi:10.1029/2011GL050049.

1. Introduction

[2] El Niño-Southern Oscillation (ENSO) is the globally dominant climate mode at interannual timescales. Its influence over the Pacific and the tropics has been thoroughly analyzed [Harrison and Larkin, 1998; Alexander *et al.*, 2002; Diaz and Markgraf, 2000; Wang, 2004; Wang and Picaut, 2004; McPhaden *et al.*, 2006]. Nevertheless, over the North Atlantic sector, most of the studies point out to the North Atlantic Oscillation (NAO) as the leading pattern controlling its atmospheric variability. The NAO exerts its influence through Sea Level Pressure (SLP) fluctuations between the subpolar and the subtropical North Atlantic basin, modifying the stormtracks that reach the Euro-Mediterranean region [Rogers, 1997], and hence, the precipitation [Rodwell *et al.*, 1999; Hurrell *et al.*, 2003]. An interesting point is that, at interannual timescales, the regional atmospheric spatial pattern at surface levels over the Euro-Atlantic region associated with the Pacific El Niño presents a similar structure to the one associated with the NAO [Brönnimann, 2007; García-Serrano *et al.*, 2011]. In this way, although most of the NAO signal has an internal

origin, external contributions associated with Sea Surface Temperature (SST) changes in the Pacific can have a determinant impact on the centers of action of the NAO. There are two possible ways to explain El Niño influence on the North Atlantic sector: by Rossby waves propagation due to changes in anomalous upper level convergence and divergence, or through the Walker and Hadley circulations [Wang, C., 2002; Brönnimann, 2007]. A global teleconnection pathway from the Pacific region to Europe via the stratosphere has also been showed [Ineson and Scaife, 2009]. However, these signals are less well understood than those influencing on the Pacific due to the highly variable extratropical circulation of the Atlantic basin [Trenberth *et al.*, 1998; Quadrelli and Wallace, 2002].

[3] Previous studies have found nonstationary features in the impact of ENSO and NAO over Europe along the 20th century. These studies include interdecadal shifts in the location of NAO centers [Vicente-Serrano and López-Moreno, 2008], different impacts of ENSO before and after the 1970s [Greatbatch *et al.*, 2004], multidecadal variations in the relationship between ENSO and the western Mediterranean rainfall [Mariotti *et al.*, 2002], or a changing ENSO impact depending on the NAO and multidecadal oscillations of the SST over the Pacific [Zanchettin *et al.*, 2008]. However, none of these studies has restricted the analysis to the interannual signal, distinguishing in this way the multidecadal modulation of the interannual variability from the purely multidecadal variability not removed in the analysis.

[4] The present study focuses, for the first time, on the role that natural multidecadal modes, such as Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) [Enfield *et al.*, 2001] or Pacific Decadal Oscillation (PDO) [Mantua *et al.*, 1997] play in the modulation of the El Niño influence on the leading interannual mode of the EMedR. Two remaining issues, which are still under debate, are analyzed in this paper: 1) the El Niño impact over the Euro-Mediterranean climate variability at interannual timescales; 2) the stationarity of this El Niño impact and related sources.

[5] The paper is divided as follows. Section 2 presents the data used and the methodology followed. In section 3 the results are showed. Finally, in section 4, a brief summary and discussion are presented, attempting to give some physical hypothesis supporting the non stationary relationships identified.

2. Data and Methods

[6] This work is performed analyzing gridded data and climate indices along the 20th century, all provided by observational databases and avoiding the use of reanalysis products due to errors and limitations inherent in the reanalyzed climate dataset.

¹Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I, Instituto de Geociencias, UCM-CSIC, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, Spain.

anomalies over the northern hemisphere could be understood as a linear combination of teleconnections associated with changes in the zonal mean flow and the ENSO states. This study also agrees with the fact that changes in the location of the anomalous tropical heat source would be producing differences in the extratropical teleconnection [Ting and Sardeshmukh, 1993].

[13] Multidecadal changes in the ENSO-iEMedR relationship have also been found for these seasons by other authors [Mariotti et al., 2002, Knippertz et al., 2003, Greatbatch et al., 2004], but none of them point to a specific multidecadal pattern as modulator of ENSO teleconnections. Using different methodologies and periods than the above mentioned authors, the present study adds a relevant result to the state of the art, which is the fact that the correlation between the leading interannual rainfall mode and El Niño appears modulated in phase with multidecadal variability patterns, such as AMO and PDO. In late-winter and spring, significant correlations with El Niño appear during negative phases of the AMO, being stronger over central Europe and the Mediterranean, whilst for positive phases of the AMO, the rainfall pattern is weaker. On the basis of this result, a possible mechanism to explain the role of AMO modulating the El Niño-iEMedR relationship in FMA, can be found from the study of Wang, C. [2002] due to the similarities in the SST patterns. Although the location of the centers of action could be different, the iSLP configuration identified here over the Pacific (Figure 3) is coherent with the Walker-Hadley mechanism [Wang, C., 2002; Cassou and Terray, 2001] as the one linking the SSTs anomalies in the Atlantic and Pacific basins. Therefore, this Walker-Hadley mechanism could be enhanced during negative phases of AMO, getting significant the El Niño-iEMedR teleconnection. For positive phases of AMO, this mechanism is not effective and, thus, internal variability appears as the dominant mechanism. Our results also agree with Sutton and Hodson [2003], who suggested that the influence of the ocean on the interannual variability of the North Atlantic climate may have two causes: first, variations in the strength of ENSO, and second, SST changes in the Atlantic Ocean. In fall, the factor modulating the El Niño-iEMedR relationship points to decadal variability of the SST over the Pacific, appearing significant correlations for both, negative and positive phases of the PDO index. It is interesting how, in this case, the same rainfall structure is significantly correlated or anticorrelated with El Niño depending on the phase of the PDO. This change in the El Niño-iEMedR teleconnection could be associated with the reported decadal changes in El Niño behavior due to variations in the background state of the Pacific ocean [Wang, 1995; Wang and An, 2002], which in turn changes at multidecadal timescales in phase with the PDO. This result agrees with Zanchettin et al. [2008], who proposed that the low-frequency modulation of ENSO impacts on European wintertime rainfall (defined from October to March) is associated with multidecadal phases of the PDO via changes in the dynamical behavior of ENSO. The link between extra-tropical atmospheric circulation and central type El Niño events [Di Lorenzo et al., 2010] may provide one additional hypothesis explaining the apparent multidecadal modulation of El Niño influences on iEMedR by the PDO. It is worth mentioning also that the different phases of the PDO are characterised by different frequencies of ENSO events

[Kiem et al., 2003; Verdon and Franks, 2006], a feature that could be further analyzed. Finally, considering that the global warming observed since 1970's are reproduced when models include anthropogenic effect [Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007], human influence should be further study as a possible cause of the lack of significant El Niño impact on the fall iEMedR after this decade.

[14] This study is supported by observational analysis of both, ocean and atmospheric data, and it points to the fact of considering the changes in the mean state as a modulator factor of ENSO teleconnections, a result that has important implications in seasonal and decadal predictability. Although decadal fluctuations could be generated by physically varying teleconnections or by chance [van Oldenborgh and Burgers, 2005], the analysis performed in the present study for specific phases of both, AMO and PDO, points to a physically coherent modulation of the El Niño-iEMedR relationship by changes in the ocean background state. Nevertheless, further analysis discerning the nonlinear responses, and sensitivity experiments with General Circulation Models (GCMs), are necessary to investigate the underlying dynamics and to test the hypothesis inferred here from the observations.

[15] **Acknowledgments.** The study has been partially supported by the National Spanish Projects: TRACS (CGL2009-10285), MOVAC (200800050084028), and (CGL2011-13564). Many thanks to the University of Delaware, GPCC, NCAR, NOAA, and the UK Met Office for the provided data, which have made possible this study. We would also like to thank Elsa Mohino, Teresa Losada and Javier García-Serrano for their useful comments. JLP is granted by the MICINN of the Spanish Government.

[16] The Editor thanks the two anonymous reviewers for their assistance in evaluating this paper.

References

- Alexander, M. A., et al. (2002), The atmospheric bridge: Influence of ENSO teleconnections on air-sea interaction over the global oceans, *J. Clim.*, *15*, 2205–2231, doi:10.1175/1520-0442(2002)015<2205:TABTIO>2.0.CO;2.
- Brönnimann, S. (2007), Impact of El Niño–Southern Oscillation on European climate, *Rev. Geophys.*, *45*, RG3003, doi:10.1029/2006RG000199.
- Cassou, C., and L. Terray (2001), Oceanic forcing of the wintertime low-frequency atmospheric variability in the North Atlantic European sector: A study with the ARPEGE model, *J. Clim.*, *14*, 4266–4291, doi:10.1175/1520-0442(2001)014<4266:OFOTWL>2.0.CO;2.
- Diaz, H., and V. Markgraf (Eds.) (2000), *El Niño and the Southern Oscillation: Multiscale Variability and Global and Regional Impacts*, Cambridge Univ. Press, New York, doi:10.1017/CBO9780511573125.
- Di Lorenzo, E., et al. (2010), Central Pacific El Niño and decadal climate change in the North Pacific, *Nat. Geosci.*, *3*, 762–795, doi:10.1038/ngeo984.
- Enfield, D. B., A. M. Mestas-Núñez, and P. J. Trimble (2001), The Atlantic multidecadal oscillation and its relation to rainfall and river flows in the continental U.S., *Geophys. Res. Lett.*, *28*, 2077–2080, doi:10.1029/2000GL012745.
- García-Serrano, J., B. Rodríguez-Fonseca, I. Bladé, P. Zurita-Gotor, and A. de la Cámara (2011), Rotational atmospheric circulation during North Atlantic-European winter: The influence of ENSO, *Clim. Dyn.*, *37*, 1727–1743, doi:10.1007/s00382-010-0968-y.
- Greatbatch, R. J., J. Lu, and K. A. Peterson (2004), Nonstationary impact of ENSO on Euro-Atlantic winter climate, *Geophys. Res. Lett.*, *31*, L02208, doi:10.1029/2003GL018542.
- Harrison, D. E., and N. K. Larkin (1998), El Niño–Southern Oscillation sea surface temperature and wind anomalies, *Rev. Geophys.*, *36*, 353–399, doi:10.1029/98RG00715.
- Hurrell, J. W., Y. Kushnir, G. Ottersen, and M. Visbeck (2003), An overview of the North Atlantic Oscillation, in *The North Atlantic Oscillation: Climatic Significance and Environmental Impact*, *Geophys. Monogr. Ser.*, vol. 134, edited by J. W. Hurrell et al., pp. 1–35, AGU, Washington, D. C., doi:10.1029/134GM01.
- Ineson, S., and A. A. Scaife (2009), The role of the stratosphere in the European climate response to El Niño, *Nat. Geosci.*, *2*, 32–36, doi:10.1038/ngeo381.

Climate Dynamics

On the Atlantic-Pacific Niños connection: A multidecadal modulated mode --Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Full Title:	On the Atlantic-Pacific Niños connection: A multidecadal modulated mode
Article Type:	S.I. : Tropical Atlantic Variability and Climate
Keywords:	ENSO; Atlantic; Pacific; prediction; tropical variability
Corresponding Author:	Marta Martin-Rey, PhD Universidad Complutense de Madrid Madrid, Madrid SPAIN
Corresponding Author Secondary Information:	
Corresponding Author's Institution:	Universidad Complutense de Madrid
Corresponding Author's Secondary Institution:	
First Author:	Marta Martin-Rey, PhD
First Author Secondary Information:	
Order of Authors:	Marta Martin-Rey, PhD Belén Rodríguez-Fonseca, Professor Irene Polo, Post Doctoral Researcher Fred Kucharski, Research Scientist
Order of Authors Secondary Information:	
Abstract:	Atlantic and Pacific El Niño are the leading tropical oceanic variability phenomena at interannual timescales. Recent studies have demonstrated how the Atlantic Niño is able to influence on the dynamical processes triggering the development of the Pacific la Niña and vice versa. However, the stationarity of this interbasin connection is still controversial. Here we show that the Atlantic-Pacific Niños connection takes place at particular decades, coinciding with negative phases of the Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO). During these decades, the Atlantic-Pacific connection appears as the leading coupled covariability mode between Tropical Atlantic and Pacific interannual variability. The mode is defined by a predictor field, the summer Atlantic SSTs, and a set of predictand fields which represent a chain of mechanisms to generate the Pacific el Niño phenomena: alteration of the Walker circulation, surface winds in western Pacific, oceanic Kelvin wave propagating eastward and impacting on the eastern thermocline and changes in the Pacific SST by internal Bjerknes feedback. We suggest that the multidecadal component of the Atlantic acts as a switch for El Niño prediction during certain decades, putting forward the AMO as the modulator, acting through changes in the equatorial Atlantic convection and the equatorial Pacific SST variability. These results could have a major relevance for the decadal prediction systems.
Suggested Reviewers:	Noel Keenlyside University of Bergen, Norway Noel.Keenlyside@gfi.uib.no Regina Rodrigues Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil regina.rodrigues@ens.ufsc.br Takeshi Izumo LOCEAN-IPSL Takeshi.Izumo@locean-ipsl.upmc.fr Andrew Turner

University of Reading, UK
a.g.turner@reading.ac.uk

1

2

On the Atlantic-Pacific Niños connection: A multidecadal modulated mode

3

4

5

Marta Martín-Rey ^{(1-2)*}, Belén Rodríguez-Fonseca ⁽¹⁻²⁾, Irene Polo ⁽³⁾ and Fred Kucharski⁽⁴⁾

6

7

(1) Instituto de Geociencias, IGEO, centro mixto UCM-CSIC

8

(2) Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I (Geofísica y Meteorología),

9

Facultad de C.C. Físicas. UCM, Av/ Complutense 28040, Madrid, Spain.

10

(3) NCAS-Climate, Department of Meteorology, University of Reading, UK, PO Box 243,

11

Earley Gate, Reading RG6 6BB, U.K.

12

(4) The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics P.O. BOX 586, I-34100

13

14

15

Corresponding author address: Marta Martín del Rey. Departamento de Física de la Tierra,

16

Astronomía y Astrofísica I (Geofísica y Meteorología), 4 planta, Facultad de C.C. Físicas. UCM,

17

Pza de las Ciencias 28040-Madrid, Spain.

18

Email: mmartindelrey@fis.ucm.es

19

20

21

Abstract

22

Atlantic and Pacific El Niño are the leading tropical oceanic variability phenomena at

23

interannual timescales. Recent studies have demonstrated how the Atlantic Niño is able to

24

influence on the dynamical processes triggering the development of the Pacific la Niña and

25

vice versa. However, the stationarity of this interbasin connection is still controversial. Here

26

we show that the Atlantic-Pacific Niños connection takes place at particular decades,

27

coinciding with negative phases of the Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO). During

28

these decades, the Atlantic-Pacific connection appears as the leading coupled covariability

29

mode between Tropical Atlantic and Pacific interannual variability. The mode is defined by

30

a predictor field, the summer Atlantic SSTs, and a set of predictand fields which represent a

31

chain of mechanisms to generate the Pacific el Niño phenomena: alteration of the Walker

32

circulation, surface winds in western Pacific, oceanic Kelvin wave propagating eastward

33 and impacting on the eastern thermocline and changes in the Pacific SST by internal
34 Bjerknes feedback. We suggest that the multidecadal component of the Atlantic acts as a
35 switch for El Niño prediction during certain decades, putting forward the AMO as the
36 modulator, acting through changes in the equatorial Atlantic convection and the equatorial
37 Pacific SST variability. These results could have a major relevance for the decadal
38 prediction systems.

39

40

41 **Keywords:** ENSO, Atlantic, Pacific, prediction, tropical variability

501 **Acknowledgements**

502 This study was supported by the European project PREFACE (ref.603521) the Spanish
503 MINNECO projects CGL2009-10295, CGL2011-13564-E and CGL2012-38923-C02-01
504 and for the Spanish Public Employment Service (SEPE).

505

506 **References**

507 An SI, Jin FF (2001) Collective role of thermocline and zonal advective feedbacks in the
508 ENSO mode. *J. Climate*, 14:3421–3432

509

510 Annamalai H, Xie SP, McCreary JP, Murtugudde R (2005) Impact of Indian Ocean sea
511 surface temperature on developing El Niño. *J. Clim.* 18:302-319.

512

513 Bjerknes J (1969) Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Mon. Weather*
514 *Rev.* 97:163-72

515

516 Bjerknes J (1964) Atlantic air-sea interaction. *Adv. Geophys.* 10:10-82

517

518 Boschat G, Terray P, Masson S (2013) Extratropical forcing of ENSO. *Geophys. Res. Lett.*,
519 40(8):1605-1611. doi: 10.1002/grl.50229

520

521 Bretherton CS, Smith C, Wallace JM (1992) An intercomparison of methods for finding
522 coupled patterns in climate data. *J. Climate*, 5:541–560.

523