



Belén Rodríguez Fonseca es profesora titular del departamento de Geofísica y Meteorología en la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid.

Belén Rodríguez de Fonseca

POR ERNESTO RODRÍGUEZ CAMINO

Sus líneas de investigación se han centrado en la variabilidad del sistema climático y en la predecibilidad asociada a la temperatura del océano, más específicamente en la influencia de océano Atlántico tropical en la variabilidad climática atmosférica en el sector Euro-Atlántico, el monzón de África Occidental y su relación con la variabilidad climática global, la variabilidad climática en el Sahel, teleconexiones entre trópicos y extratropicos, etc. Es una reconocida experta en su campo y ha colaborado y coordinado multitud de proyectos, entre ellos cabe mencionar los relacionados con su activa colaboración en África y Sudamérica. Dirige actualmente el grupo de investigación TROPA-UCM.

ERC: Gran parte de tu carrera se ha centrado en el estudio de los patrones de la temperatura de la superficie del mar (SST, siglas en inglés) tropical atlántica. ¿Por qué te ha interesado este campo de investigación?

BRF: Me ha interesado por el enorme potencial que tiene este campo y porque, cuando yo empecé a estudiarlo, estaba muy poco explorado. Las temperaturas de la superficie del mar son un indicador de la cantidad de energía que almacena el océano en la sub-superficie. El conocimiento de la estructura de las anomalías de la temperatura de la superficie del mar es de gran ayuda para anticiparse a la aparición de anomalías en la atmósfera. Si sabemos cómo y cuándo se libera esta energía del océano en forma de calor y qué mecanismos son los que producen su influencia en regiones remotas, podremos dar una

mejor predicción tanto a escala estacional como decadal.

Yo hice mi tesis doctoral en los patrones de circulación atmosférica anómala que afectan a la variabilidad de la precipitación en la península ibérica. En 2002 encontramos como uno de estos patrones, muy asociado con la Oscilación del Atlántico Norte, en invierno venía precedido de anomalías de SST en el Atlántico Norte subtropical. Este resultado coincidió con los de otros investigadores en Francia (Czaja y Frankignoul) e Inglaterra (Robson, Sutton, etc.) que habían publicado sobre la predecibilidad de la NAO a finales de los años 90 y fue de los primeros resultados en los que se encontraba el valor predictivo de las SST para la NAO.

A raíz de ahí quise ahondar en las interacciones en esa región, encontrando un campo poco explorado en el que todos los resultados eran novedosos y con mucho potencial para predicción.

ERC: ¿Puedes hablarnos sobre la relación entre los patrones de SST tropical atlántica y el monzón de África Occidental?

BRF: El monzón de África Occidental tiene lugar cuando, en el verano boreal, el cinturón de lluvias se desplaza desde el ecuador hacia el norte como consecuencia de una diferencia de presión entre el océano atlántico ecuatorial y el continente africano. Sobre el golfo de Guinea soplan alisios fuertes a partir de mayo, que retiran el agua superficial del mar en el este y la apilan en el oeste del Atlántico Ecuatorial. Por continuidad, las aguas retiradas en el Este son reemplazadas por aguas frías formando lo que se llama "la lengua fría del Atlántico".

co ecuatorial". Esta diferencia de temperaturas y presión "mar-continente" produce un movimiento hacia el norte del cinturón de lluvias produciendo un monzón sobre África Occidental. Este monzón en agosto riega las regiones del Sahel, muy necesitadas de agua. Si en la región del Atlántico ecuatorial el océano no se enfría lo suficiente, no se produce esta diferencia de presión y este cinturón de lluvias no se desplaza tan al norte.

Además de la influencia de las temperaturas de la superficie del mar en el Atlántico ecuatorial, el Mediterráneo también afecta al monzón ya que un calentamiento del Mediterráneo produce una mayor advección de humedad en superficie sobre el norte de África, que converge en la región del Sahel aumentando la lluvia durante la estación del monzón. Finalmente, el Índico y el Pacífico afectan al Sahel por teleconexión en niveles altos de tal modo que un calentamiento en el Pacífico produce una subsidencia de aire sobre el Sahel, disminuyendo la precipitación por aumento de la estabilidad. En TROPA hemos trabajado en estas relaciones con Elsa Mohino, Teresa Losada e Irene Polo, analizando observaciones y haciendo experimentos de sensibilidad en el marco del proyecto AMMA y, más adelante, gracias a la colaboración que mantenemos con grupos de investigación en el área (Universidad de Dakar, por ejemplo, con la que tenemos un proyecto de cooperación continuado desde 2011).

ERC: ¿Cómo afecta la SST tropical atlántica al clima en Europa y en la península ibérica en particular? ¿Qué área del Atlántico tropical tiene más valor predictivo a escala estacional para la península ibérica? ¿Qué estaciones/meses muestran una señal más robusta para la península ibérica?

BRF: La región del océano Atlántico cuya alteración en las temperaturas de su superficie se ha relacionado más con las lluvias en la península ibérica es el Atlántico Norte subtropical. A esta región se le llama "Atlantic horseshoe" (patrón de herradura) y sus cambios en verano-otoño se han relacionado con la Oscilación del Atlántico Norte a partir de otoño y hasta invierno.

Un calentamiento de esta región se relaciona con un debilitamiento de los alisios y, por tanto, un debilitamiento del anticiclón de las Azores, lo que produce una mayor advección de aire húmedo y cálido del suroeste y mayores precipitaciones. Un caso claro fue el del invierno de 1995-96, en el que el calentamiento de esta región acabó con una sequía continuada. Por otro lado, en primavera, este patrón de herradura se ha relacionado mucho con El Niño, siendo una relación bastante estacionaria y robusta (El Niño con un calentamiento en el Atlántico Norte tropical). No obstante, este patrón no siempre afecta a la península ibérica en esta estación del año y depende del periodo considerado ya que la posición del chorro es determinante a la hora de que una onda, que se propague desde el Pacífico e interacciona con el Atlántico, afecte a la península ibérica.

Siguiendo con el Atlántico (porque luego me vas a preguntar por el Pacífico), El Niño del Atlántico que tiene lugar en verano, y que en las últimas décadas se manifiesta también en invierno (El Niño del Atlántico de invierno), parece que podría influir en nuestras latitudes pero

es un tema que se está bajo debate. Existen trabajos que relacionan un Niño con una fase negativa del patrón EA (East Atlantic) en otoño así como una disminución de las precipitaciones en el oeste de Europa en verano. No obstante, hay que tener en cuenta que El Niño del Atlántico no aparece aislado de la influencia del resto de las cuencas tropicales y puede aparecer junto con anomalías en el Pacífico. Esto lo hemos analizado también en TROPA en trabajos con Teresa Losada y Javier García Serrano y también en colaboraciones con el ICTP. Es preciso hacer estudios de sensibilidad porque las señales oceánicas raramente aparecen aisladas y hay que tener además presente la evolución del flujo zonal a escala decadal y como las teleconexiones varían y no son siempre estacionarias.

ERC: En el otoño de 2020 la zona atlántica entre la Península, Madeira, Azores y Canarias se vio afectada por borrascas o ciclones con características tropicales, alguna alcanzando la península ibérica (tormenta subtropical alfa), o interactuando con borrascas de latitudes medias. ¿Hay evidencia de una tendencia creciente en la presencia de este tipo de ciclones en esta zona?



En el Laboratorio de la Universidad Cheick Anta Diop de Dakar

BRF: La verdad es que no he trabajado mucho en escenarios futuros en relación con este tipo de ciclones pero estamos colaborando en algunos eventos, como los ocurridos en 2018. Mi impresión, basada en la literatura más reciente que he leído es que, en un clima más cálido, la cantidad e intensidad de ciclones de características subtropicales podría aumentar debido a varios factores, como los gradientes meridionales de SST y, en general, que los océanos presenten anomalías más cálidas.

ERC: ¿Qué valor predictivo tiene a escala estacional la SST tropical atlántica para aplicaciones agrícolas en España? ¿Y para el sector pesquero?

BRF: Yo te diría que el valor predictivo es bastante alto. Respecto a la SST atlántica la mayor relación que hemos encontrado ha sido con el trigo en regiones del nordeste peninsular. Las variaciones de la SST en la región del Atlántico Norte tropical (TNA) se han relacio-

Perfiles

Belén Rodríguez de Fonseca

nado con una fase negativa de la NAO (como ya he comentado antes) lo que implica una disminución de las temperaturas y la precipitación en la península ibérica en invierno y, por tanto, un aumento de la producción de trigo.

En relación con la pesca, hemos trabajado en el afloramiento costero que tiene lugar en la costa occidental africana y hemos visto que dependiendo de la especie la influencia es diferente. Esta influencia viene a través del viento y, en general, vientos del norte producen un mayor afloramiento de aguas ricas en nutrientes. Estos vientos del norte se relacionan con una NAO positiva y SST negativa. No obstante, con Jorge López Parages e investigadores de Francia y Noruega hemos encontrado una relación con una especie de sardina (la sardinella auri-

licia y en otra del trigo en el NE peninsular. Se trata de regiones para las que se habían creado modelos de cultivo tras años de calibración. En una tercera publicación se empleó la predicción estacional por terciles para dar una predicción de maíz empleando las predicciones operativas y técnicas estadísticas de generación de tipos de tiempo. Este último trabajo se hizo en colaboración con el International Research Institute for Climate and Society (IRI, USA).

Tras esta sinergia, Íñigo Gómara obtuvo una "Juan de la Cierva" con AgSystems donde pudo comprobar asimismo el efecto de la variabilidad climática sobre la producción de forraje en los pastizales del macizo central francés.

Actualmente estamos estudiando la predicibilidad del trigo a esca-

la decadal pero vamos más despacio porque no tenemos un proyecto enmarcado en esta temática. Está claro que, para que haya avances, tiene que haber financiación y que se pueda contratar a alguien que, bajo la dirección de los expertos de ambos equipos, pueda dedicar todo su tiempo a estos análisis. Creo que hay mucho potencial, el problema es el tiempo y la financiación.

Aunque no me lo preguntes, te comento una cosa interesante:

En general, en relación con los cultivos, nosotros hemos trabajado con el grupo AgSystems y las investigadoras Miriam Capa Morocho y Margarita Ruiz Ramón en un proyecto nacional (MULCLIVAR) y hemos visto también que el maíz era un indicador bioclimático de las teleconexiones con El Niño. La relación con El Niño y el rendimiento de maíz en Lugo, por ejemplo, era más alta que entre El Niño y la temperatura del aire anómala o la lluvia anómala.

Tanto los peces, como los cultivos o los mosquitos (cuando hemos trabajado en malaria) son como pequeños modelos cuyo comportamiento (crecimiento)

varía en función de las variables climáticas por lo que son sensibles a los cambios atmosféricos y, por tanto, puede usarse su variación para detectar teleconexiones y para poder conocer con anterioridad su comportamiento ante un cambio en la SST. Pero es importante tener en cuenta una cosa, y es que existen otros factores que no podemos controlar desde el análisis de la variabilidad climática a la hora de modelar su crecimiento, y son factores socio-económicos. Así, por ejemplo, en la variabilidad observada en la pesca influye el cambio en las cuotas pesqueras, en la variabilidad en los brotes de malaria afecta el incremento de centros de salud en África, y en la variabilidad de los cultivos puede afectar el cambio en las prácticas de siembra y cultivo (como ocurrió tras la revolución verde). Por tanto, nosotros podemos dar una información potencial. Es decir, cómo el clima puede influir en la variabilidad. Por ello es importante usar modelos de ecosistema, modelos de malaria o modelos de cultivo, por ponerte ejemplos, para poder conocer cómo afecta el clima a estos sistemas biológicos pero es difícil poder explicar al completo la variabilidad observada en los mismos.

ERC: ¿Crees que la consideración de las teleconexiones del Atlántico tropical en latitudes medias permitirá desarrollar servicios climáticos en nuevos sectores de actividad?



Divulgación en un colegio de Málaga

ta) en la región del afloramiento de Mauritania-Senegal que era contraria a lo esperado porque estaba relacionada con un aumento de las SST. Los peces son como pequeños modelos que varían en función de la temperatura del mar y de la comida. En el caso de la sardina, prefieren unas temperaturas más cálidas que tener comida por lo que hay que conocer sus mecanismos de crecimiento para poder hacer una buena predicción. Esta relación se encontró que venía forzada por un Niño del Pacífico que, como he comentado anteriormente, en primavera está altamente relacionada con un aumento de las SST en el TNA. En ambos casos, tanto en el de los peces como en el de los cultivos, es importante trabajar de la mano de biólogos, ingenieros agrónomos y expertos en modelización de cultivos y ecosistemas marinos para poder hacer un estudio adecuado.

ERC: En 2015 publicasteis un trabajo sobre la conexión entre predicción estacional y planificación agraria ¿Ha habido avances en estos últimos años en este sentido en España?

BRF: En 2015 Miriam Capa Morocho defendió su tesis doctoral bajo mi dirección y la de Margarita Ruiz Ramos de la UPM (AgSystems). De esta tesis han salido tres publicaciones con bastante impacto. En una de ellas tratábamos la predicibilidad del maíz de regadío en Ga-

BRF: Por supuesto. El potencial predictivo del Atlántico tropical está menos explorado y además hay un problema adicional y es que los modelos acoplados todavía presentan bastantes sesgos a la hora de representar correctamente su variabilidad.

Hasta hace relativamente poco tiempo, la información climática con impacto en la toma de decisiones a escala estacional se basaba en El Niño. En la actualidad se conoce la importancia de la variabilidad del Atlántico Tropical, el Índico, el Mediterráneo.

En particular, las teleconexiones del Atlántico tropical pueden ayudar a desarrollar servicios climáticos en muchos sectores. Sin ir más lejos, acabamos de publicar un artículo sobre la importancia de la relación entre el Atlántico y el Pacífico sobre la pesca en el Pacífico, siendo capaces de predecir la pesca del Pacífico con muchos meses de antelación basándonos en el estado del Atlántico ecuatorial. Anteriormente te hablé de la importancia de la región del Atlántico Norte tropical en verano para la predicción de invierno y su impacto en el rendimiento del trigo.

Lo que pasa es que ahora nos hemos dado cuenta de que no podemos hablar del Atlántico de forma aislada y no se puede olvidar que los océanos pueden aparecer a veces conectados. En este sentido, hemos encontrado como durante algunas décadas el Atlántico, el Pacífico y el Índico aparecen conectados por lo que no podemos hablar del forzamiento del Atlántico sin considerar su interacción con otras cuencas. Tenemos que poder determinar la influencia de cada cuenca y las relaciones no lineales que se pueden establecer. Es una labor difícil.

ERC: ¿Puedes hablarnos de las interacciones de los patrones tropicales en el océano Pacífico y el océano Atlántico? ¿Y entre el Atlántico y el Índico?

BRF: Hasta hace poco más de una década el foco de atención en predicción estaba en el océano Pacífico, lo cual es lógico dada la enorme inercia térmica que posee un océano tan inmenso y con tanta extensión de océano en su parte tropical. Se pensaba que el Pacífico lideraba el comportamiento del resto de las cuencas y no se veía la relación inversa. No obstante, cuando empezaron a financiarse proyectos para analizar la variabilidad climática del Atlántico tropical (el monzón de África occidental, la variabilidad del Atlántico tropical, el programa PIRATA) y a aumentar las observaciones disponibles en esta región, incluyendo las observaciones satelitales, todo cambió. Empezamos a darnos cuenta de que el océano Pacífico no era el único que dirigía el comportamiento del resto de las cuencas, sino que el resto de océanos tropicales podían interactuar con el Pacífico también. Un descubrimiento en el que hemos sido pioneros el grupo TROPA fue en encontrar que en el verano boreal El Niño del Atlántico precedía, desde los años 70, a La Niña del Pacífico, que tenía lugar seis meses después, y viceversa, para una Niña del Atlántico. Más adelante, otros grupos encontraron como en la primavera boreal el calentamiento del Atlántico Norte tropical también podía preceder a una Niña y viceversa. Asimismo, el Índico podía interactuar con el Atlántico y con el Pacífico. Este nuevo paradigma se ha ido aceptando con los años y ahora está claro que hay que contemplar a los océanos y a sus interacciones de otra forma. Además, estas relaciones entre cuencas no ocurren siempre sino durante determinados periodos dominados por determinadas fases de la variabilidad decadal de los océanos. Es decir, existen modulaciones. Esto fue el tema principal de la tesis de Marta Martín

del Rey que dirigimos Irene Polo y yo donde vimos que en las observaciones la fase negativa de la AMV (siglas inglesas de variabilidad multidecadal atlántica) parecía favorecer la relación entre el Atlántico ecuatorial y el Pacífico.

También se ha encontrado que durante las décadas correspondientes a la fase positiva de la Oscilación Multidecadal del Atlántico, predomina la influencia del TNA sobre El Niño mientras que en fases negativas no hay tal relación. De todas formas se trata de un nuevo paradigma de investigación que requiere de muchos años de trabajo y análisis para poder establecer teorías más robustas. Estamos trabajando en ello pero, desde luego, ahora es un tema puntero en grandes grupos de investigación y se ha creado un foro de discusión en CLIVAR (TBI-CLIVAR: Tropical Basin Interactions CLIVAR foci).

ERC: En general la señal de ENSO sobre Europa es débil y además viene modulada por otros mecanismos. ¿Puedes brevemente hablarnos de esta modulación?

BRF: La señal de ENSO en Europa es más robusta durante finales de invierno, donde una Niña está asociada a una NAO positiva. No obstante, por un lado hay que tener en cuenta otros factores, como la variabilidad interna de la atmósfera, que en invierno es muy fuerte, o las anomalías de SST en otras cuencas.

No obstante, la variabilidad decadal, incluyendo la tendencia al calentamiento de los océanos atribuida al cambio climático antropogénico cambia las teleconexiones. En particular, sobre Europa, la AMV por ejemplo produce cambios sobre la corriente en chorro, tanto en su intensidad, como en su posición y localización. También los océanos cambian la forma de interactuar con la atmósfera de unas décadas a otras. La existencia de gradientes meridionales y zonales en el océano afecta a las circulaciones de Hadley y de Walker y también a las ondas atmosféricas.

Por tanto sí, bajo una situación climatológica impuesta por la variabilidad decadal, tiene lugar un episodio de El Niño, el mecanismo asociado a la onda de Rossby que se dispara desde el trópico, o el impacto en la circulación divergente (Walker y Hadley) no tiene que ser igual al que tiene lugar bajo otra climatología.

Por ejemplo, si en unas determinadas décadas el chorro es muy fuerte y muy zonal, la propagación de ondas asociada a un forzamiento desde el trópico será muy diferente a la que ocurrirá en otras décadas con un chorro más débil y ondulado.

Con Jorge López Parages hemos trabajado mucho en estas modulaciones y se encontró como en otoño y primavera El Niño podría producir impactos contrarios en Europa dependiendo de las décadas consideradas. Ahora estamos dirigiendo una tesis con Maialen Martija (de Tecnalia) en la que estamos viendo como este cambio en la teleconexión con ENSO tiene lugar también en verano.

ERC: ¿Puedes darnos tu opinión sobre la actual generación de modelos a escala estacional (p.ej., los del servicio Copernicus) y su capacidad para simular las teleconexiones del atlántico tropical en latitudes medias?

BRF: La verdad es que por ahora poco te puedo decir de los modelos disponibles en Copernicus, pero me parece que hay un enorme potencial a explorar y me encantaría poder analizarlos en profundidad, cosa que todavía no hemos hecho.

Perfiles

Belén Rodríguez de Fonseca

Creo que todavía hay muchos sesgos en los modelos acoplados a la hora de representar correctamente la variabilidad del Atlántico tropical, por lo que no estoy muy segura de que vayan a representar correctamente estas teleconexiones.

De hecho se ha demostrado que una mejora de la simulación del Atlántico tropical es fundamental para mejorar el skill en el Pacífico por ejemplo. Se trata de un trabajo que hemos realizado con el BSC.

ERC: Desde tu perspectiva como ex-coordinadora del grupo CLIVAR-Es, ¿puedes darnos un diagnóstico sobre la situación de la investigación del clima en España? ¿Crees que la sociedad se beneficia y explota suficientemente los resultados de los estudios relacionados con el clima?

en materia de clima y en intentar comunicar los resultados de la investigación de toda la comunidad investigadora. Se han hecho informes sobre el estado del clima en España siguiendo la estructura de los AR del IPCC y se han organizado seminarios para poder compartir nuestra investigación. No obstante, ha habido poco apoyo y ni siquiera hemos conseguido financiación en la convocatoria de Redes. Ya te digo que todavía queda mucho por hacer y que, al menos últimamente, sentimos más el apoyo desde la Oficina de CC.

ERC: ¿Cómo has conseguido atraer talento a tu grupo, es especial a los que vienen a través del programa Ramón y Cajal?

BRF: *Hace años vino un Ramón y Cajal que actualmente va a ser catedrático en nuestra facultad, Pablo Zurita.*

Pero, directamente a nuestro grupo (TROPA) no han venido de Ramón y Cajal pero sí que nos han concedido dos Juan de la Cierva Formación y dos Juan de la Cierva Incorporación. En dos casos han sido miembros antiguos del grupo que habían hecho su carrera postdoctoral fuera del grupo y querían regresar y dos han venido por interés en nuestra investigación. De los cuatro, a tres investigadores se les ha concedido, además, una Marie Curie.

ERC: ¿Qué tal se adaptan a la vida universitaria tanto desde el punto de vista de los medios que disponen como de la actividad docente y el régimen universitario?

BRF: *Un investigador que viene a la Universidad y quiere hacer la carrera universitaria tiene que hacer un esfuerzo casi sobrehumano para poder compaginar la docencia con la investigación. Al principio los Ramón y Cajal no tienen que dar muchas clases pero luego si quieren acreditarse deben de*

pasar una época de docencia intensa que se puede compaginar con la investigación con un coste de estrés alto. Faltan más figuras intermedias en la universidad y que los CV que se exigen se moderen. Se está creando un perfil muy competitivo y a mí no me gusta el resultado que produce. A veces cuesta disfrutar de la ciencia porque se piensa en la publicación antes de todo, ya que así es como nos valoran.

ERC: ¿Qué le dirías a un joven estudiante para convencerle y motivarle a dedicarse a esta rama del conocimiento?

BRF: *Realmente te tiene que gustar mucho. A mí me parece la carrera más bonita que existe. No me veo haciendo otra cosa. Y, ¿por qué me gusta tanto? Por la libertad, por dar una oportunidad a la creatividad investigadora, y, sobretodo, por la oportunidad de poder aportar un grano de arena a la sociedad. Yo investigo no sólo por el interés científico sino porque creo firmemente en el retorno social. Es muy gratificante además, compaginarlo con la vida académica y poder dirigir a alumnos que luego ves que son investigadores prestigiosos.*

Muchas gracias, Belén, por conceder a TyC esta ilustrativa entrevista que estoy seguro interesará mucho a nuestros lectores. Te deseamos muchos éxitos en tu carrera profesional.



En un acto de La Complutense en la Calle, para reivindicar la necesidad de la universidad pública

BRF: *Sinceramente creo que falta mucho camino aunque ya hemos recorrido parte. Lo que ocurre es que, en ese camino, el Ministerio competente en materias de cambio climático no ha tenido siempre un conocimiento de la calidad de la investigación que se realizaba sobre clima que había en España y no ha explotado lo suficiente el potencial. Creo que ha habido una actitud cómoda y que hace falta el esfuerzo de ir a buscar a los investigadores para potenciar su investigación y no que los investigadores busquen la forma de explotar los resultados. Conozco muchos investigadores que son mucho más reconocidos fuera de España que dentro y cuyos resultados han sido mucho más explotados fuera de nuestro país que dentro.*

Personalmente creo que la sociedad se podría beneficiar muchísimo más y que debería haber mayor apoyo institucional. No se entiende que haya grupos con una actividad continuada de investigación, que se queden sin financiación en la convocatoria nacional de forma sistemática.

Desde CLIVAR hemos sentido el apoyo de AEMET y, afortunadamente, en el último año, la Oficina de Cambio Climático y CLIVAR están trabajando más de cerca a la hora de realizar estrategias que puedan acercar a los investigadores a la toma de decisiones. CLIVAR-España lleva casi 20 años trabajando en la visibilidad de la investigación