

Incidencia de los huracanes en el Atlántico Norte

M. MAGARIÑO*, M. GÓMEZ-GESTEIRA y M. DECASTRO

* mariaeugeniamm@gmail.com
Facultad de Ciencias,
Universidad de Vigo
Campus As Lagoas s/n, Ourense, Spain

RESUMEN

Se ha caracterizado la actividad de los huracanes en el Atlántico Norte (6 -18° N y 20-60° O) y para ello se han analizado las tendencias observadas en el número de huracanes y el número de días de huracán (todos y de fuerza 4 y 5) por temporada desde 1975 hasta 2008. Durante este período de tiempo se ha realizado un ajuste lineal observando una tendencia positiva en ambas variables con coeficientes de correlación superiores a 0.6. También se ha producido un aumento global de la temperatura superficial de mar (SST) durante las últimas décadas.

Se han determinado espacialmente dos regiones de alta correlación positiva entre la temperatura del mar de los meses comprendidos entre mayo y agosto, y la actividad de los huracanes medida a través de dos índices similares que combinan la fuerza, la duración y la frecuencia de los huracanes: el índice de poder de destrucción (PDI) y la energía ciclónica acumulada (ACE). Estas regiones corresponden al Atlántico Norte y al sur del océano Pacífico en las proximidades de Nueva Zelanda con un coeficiente de correlación del orden de 0.6. Asimismo, se ha observado una clara anti-correlación (-0.4) en la región de El Niño. También se ha analizado la evolución interanual de la SST durante el mes de septiembre, de la energía ciclónica acumulada y del PDI durante la época de huracanes tanto para el Atlántico Norte como para la región del océano Pacífico. La correlación obtenida entre la SST y ambas variables es del orden de 0.7 con una significancia del 99% en ambos casos.

Finalmente, se ha determinado la dependencia de la actividad de los huracanes con la SST en función de los meses de desfase entre la SST y el PDI o la ACE para la región del Atlántico Norte, para la región del océano Pacífico y para la región de El Niño. En el Atlántico Norte y en el Pacífico sur, se ha observado que la mayor correlación obtenida entre el PDI o el índice ACE y la SST (aproximadamente, 0.8) ocurre con un desfase de un mes y una fiabilidad del 99%. En la región de El Niño, la mayor correlación obtenida (0.4) entre el PDI o la ACE y el índice SOI, el cual es el equivalente atmosférico de El Niño, aparece con un desfase de dos meses y una fiabilidad del 95%.

Keywords: Huracán, Atlántico Norte, Temperatura superficial del mar, Energía ciclónica acumulada, Poder de destrucción.

1 Introducción

Los ciclones tropicales son un fenómeno meteorológico de gran importancia tanto a nivel científico como social pues éstos afectan a distintas regiones de todo el planeta y pueden causar innumerables daños. Por este motivo es importante entender su origen y su comportamiento de tal manera que la previsión nos permita paliar sus efectos.

Un huracán es un sistema de tormentas caracterizado por una circulación cerrada alrededor de un centro de baja presión, que produce fuertes vientos (superiores a 119 km/h) y abundante lluvia. Se generan a partir de una perturbación atmosférica en la región tropical y extraen su fuerza de la condensación de aire húmedo.

Dependiendo de la localización, este fenómeno recibe distintos nombres: tifón, ciclón tropical severo, tormenta ciclónica severa o simplemente huracán, como lo denominaremos de ahora en adelante. Los huracanes se pueden clasificar atendiendo a la intensidad de sus vientos. Según la escala de Zafiro-Simpson se dividen en huracanes de categoría 1 (vientos comprendidos entre 119km/h y 155km/h), categoría 2 (entre 155km/h y 180km/h), categoría 3 (entre 180km/h y 202km/h), categoría 4 (entre 202km/h y 241km/h) y categoría 5 (vientos superiores a 241km/h).

Para que se generen los huracanes uno de los “*requisitos*” previos es que la temperatura superficial del mar sea lo suficientemente cálida (superior a 26°C), como para producir evaporación y condensación. Es por esto que la temporada de huracanes en el Atlántico Norte empieza el 1 de Junio y termina el 30 de Noviembre. En nuestro estudio se va a considerar Septiembre como el mes más representativo.

En el Atlántico Norte la zona más afectada por los huracanes es la costa americana, especialmente la zona del mar Caribe y el golfo de Méjico.

Estudios sobre la variabilidad de los huracanes en el Atlántico Norte han mostrado grandes cambios interanuales e interdecadales en la frecuencia de los huracanes ligados a fenómenos climáticos regionales como El Niño, la oscilación cuasi- bienal de la estratosfera y la oscilación multidecadal del Atlántico Norte (Pielke et al., 1998; Gray 1984; Goldenberg et al., 2001).

La estación de huracanes del 2005 ha sido la más activa de la que se tiene noticia, causando un nivel de daños sin precedencia (Kevin et al., 2006). Las preocupaciones relacionadas con los posibles efectos del calentamiento global en los ciclones tropicales han motivado un gran número de estudios teóricos, empíricos y de modelización. Se quiere determinar si el calentamiento global repercute en el número, tamaño o intensidad de los huracanes. Tanto la teoría como los modelos predicen un incremento de la intensidad de los huracanes al aumentar la temperatura global media; sin embargo los trabajos realizados sobre la detección de tendencias en la frecuencia de los huracanes muestran que no hay una directriz clara (Emanuel, 2005).

Un estudio de las variaciones en la frecuencia y duración de los huracanes durante los últimos 35 años llevada a cabo por Webster et al., 2005 en todas las cuencas oceánicas pone de manifiesto que sólo en el Atlántico Norte se ha observado un aumento significativo en la intensidad y duración de los huracanes ligado a un aumento en la SST desde 1995. Además, se ha observado que el número de huracanes de categoría 4 y 5 se ha duplicado en todas las cuencas oceánicas.

En este trabajo se analizarán las tendencias observadas en el número de huracanes y en el número de días que ha habido huracán a lo largo del año para dos casos, primero atendiendo a todos los huracanes sin importar su categoría y después considerando sólo los huracanes

de fuerza 4 y 5, esto se hará para cada temporada desde 1975 hasta 2008 en el Atlántico Norte (6-18° N y 20-60° O). Además, se intentará determinar el grado de implicación de la SST en la actividad de los huracanes en el Atlántico Norte (PDI y ACE) mediante correlaciones espaciales (analizando diferentes zonas del planeta), y temporales (analizando la evolución interanual de dichas series en cada una de esas zonas). Finalmente se determinará la influencia de la SST y del índice SOI (equivalente atmosférico de El Niño) en el PDI y en el índice ACE considerando varios meses de retraso.

2 Metodología

Para la realización de este estudio se han empleado distintas fuentes de datos. Los datos de la SST se han obtenido del Meteorological Office, Hadley Centre (<http://badc.nerc.ac.uk/data/hadisst>). La temperatura superficial global del océano (HadISST version 1.1) es un conjunto de datos de SST en una escala mensual con una resolución de 1° y con valores disponibles desde 1870 hasta la actualidad. En este análisis se han incluido las observaciones *in situ* sobre la superficie del mar y las observaciones obtenidas de los satélites. Se han introducido las correcciones de las medidas de SST de cubo a los campos distribuidos en la malla de 1°x1° desde 1870 hasta 1941. Para los períodos más modernos se ha utilizado una mezcla de datos obtenidos del satélite AVHRR y observaciones. En el presente estudio se ha utilizado la SST global para las correlaciones espaciales entre la actividad de los huracanes y la SST. También, se ha seleccionado la región del Atlántico Norte comprendida entre las latitudes 6-18° N y las longitudes 20-60° O.

La segunda fuente de datos utilizada ha sido obtenida de la NOAA National Hurricane Center, en su página web

<http://csc-s-maps->

[q.csc.noaa.gov/hurricanes/download.jsp](http://csc.noaa.gov/hurricanes/download.jsp)
De ella se ha considerado la velocidad del viento cada 6 horas para todas las tormentas tropicales. Se ha examinado el número de huracanes y el número de días de huracán entre 1975 y 2008. Se han comparado las tendencias de los huracanes de categoría 4 y 5 con las tendencias de la suma de todos los huracanes (cualquier categoría).

Estos datos también se han utilizado para el cálculo del índice de poder de disipación PDI (Emanuel, 2005) y de la energía ciclónica acumulada. El primer índice es un buen indicador de la peligrosidad de los ciclones tropicales ya que combina fuerza, duración y frecuencia de los mismos. Se denota matemáticamente como:

$$PDI = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{M_i} V_{\max, j}^3 \Delta t \quad (1)$$

donde n es el número de huracanes de cada año, M_i es el número de intervalos $\Delta t = 6$ horas que dura el huracán i y $V_{\max j}$ la velocidad del viento, medida convencionalmente a 10 m de altura, en el intervalo j . Se ha calculado un PDI para cada año, de esta manera se consigue resaltar la variabilidad interdecadal y las tendencias a largo plazo.

El segundo índice, la energía ciclónica acumulada (ACE), es una medida de la actividad de las temporadas de huracanes. Es una aproximación de la energía cinética empleada por un huracán durante su tiempo de vida. La ACE de una temporada es la suma de todos los índices ACE de los huracanes presentes en la estación; tiene en cuenta el número, la fuerza y la duración de todos ellos. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$ACE = 10^{-4} \sum v_{\max}^2 \quad (2)$$

donde V_{\max} es la velocidad máxima del viento a una altura de 10 m medida a intervalos de 6 horas y expresada en nudos. En la definición de este índice se

emplea un factor multiplicativo que hace que las unidades obtenidas sean más manejables al comparar visualmente el PDI y la ACE con la SST.

Para minimizar los efectos de variabilidad interanual, se ha aplicado un filtro 1-2-1 a la serie temporal de PDI anual y a la serie temporal de ACE, dos veces con cada serie. Este filtro se define como

$$x_i' = 0.25(x_{i-1} + x_{i+1}) + 0.5x_i \quad (3)$$

siendo x_i el valor de la variable en el año i y x_i' el valor suavizado.

Para la realización de los mapas de correlación entre los índices PDI o ACE y la SST se ha seguido el siguiente procedimiento. Primero se ha considerado la serie de estudio (PDI o ACE), la cual tiene un dato por año. A continuación se ha leído la SST del mes de interés de todos los puntos comprendidos entre 60° S y 60° N. Los puntos fuera de este intervalo no se han considerado debido a que son zonas donde la existencia de hielo puede modificar la fiabilidad de los datos. Seguidamente se ha calculado el coeficiente de correlación entre el PDI o la ACE y la serie de SST para cada punto. Si la correlación es tal que su fiabilidad está por encima del 90% se marca en el mapa con un color que depende del valor de la correlación, pero si la correlación tiene una fiabilidad menor que el 90% no se indica en el mapa.

3 Resultados y discusión

Se han seleccionado cuatro de los huracanes de categoría 5 que llegaron a la costa este de América entre 1975 y 2008 para representar sus trayectorias en la figura 1. Estos corresponden al Katrina (a), Mitch (b), Allen (c) y Gilbert (d). Las trayectorias son muy diferentes pero en todas ellas se aprecia cómo cuando el huracán toca tierra pierde intensidad.

Se ha caracterizado de forma individual la evolución interanual del número de huracanes que ha habido en un año (Fig. 2 (a) línea negra) así como el número de ellos que han alcanzado categoría 4 y 5 (Fig. 2 (a) línea azul). Se ha realizado un ajuste lineal para cada una de las series, calculando de esta forma la tendencia de cada una de las rectas. Se han obtenido valores positivos de la tendencia. Esto quiere decir que el número de huracanes por año ha aumentado en los últimos años, tanto para la serie de los huracanes de categoría 4 y 5, como para la serie de los de cualquier categoría.

También se ha considerado de forma individual el número de días que han durado los huracanes de cada año (Fig. 2 (b), línea negra) y los huracanes que han alcanzado fuerza 4 y 5 (Fig. 2 (b) línea azul). Siguiendo un procedimiento similar al desarrollado para el número de huracanes, se ha observado un comportamiento parecido para el número de días de huracán, indicando que ha habido un incremento en el número y duración de los huracanes desde 1975 hasta la actualidad. Este resultado concuerda con los resultados obtenidos por Webster et al. (2005). En su trabajo descubrieron un aumento en el número de huracanes de fuerza 4 y 5. Los mayores aumentos los obtuvieron en el Pacífico Norte, en el Índico y en el Pacífico Sudoeste seguido por el Atlántico Norte. Estos aumentos se midieron en los últimos 35 años coincidiendo con disminuciones en el número de huracanes y en la duración de los mismos en todas las cuencas oceánicas exceptuando la del Atlántico Norte durante la última década.

Las correlaciones entre las rectas de ajuste y las observaciones alcanzan valores elevados como se puede ver en la Tabla 1.

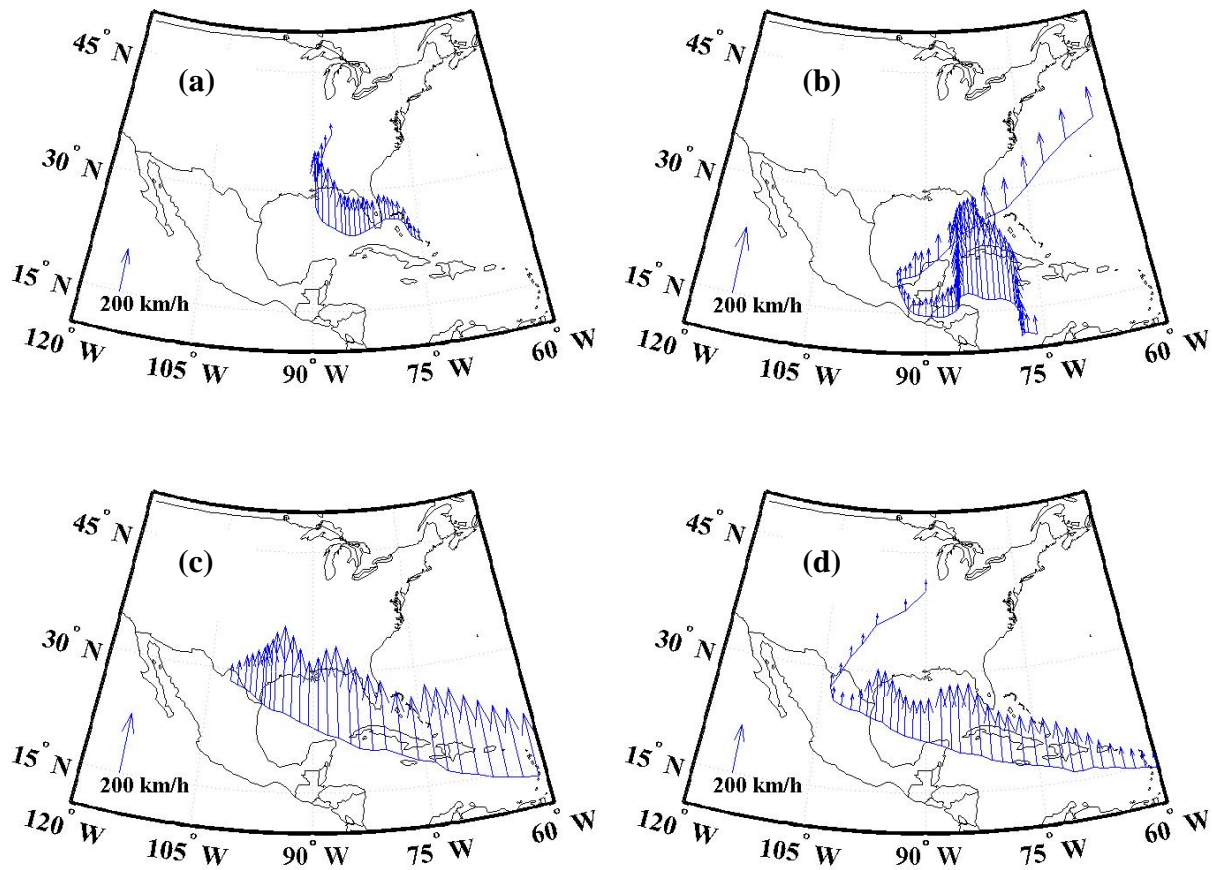


FIG. 1. Representación de la trayectoria descrita por cuatro huracanes de categoría 5, ocurridos en el período de 1975 a 2008. Se muestran, ordenados de izquierda a derecha y de arriba abajo, el huracán Katrina que tuvo lugar en 2005, el huracán Mitch de 1998, el Allen que ocurrió en 1980 y por último el huracán Gilbert de 1988. Las flechas indican la intensidad del viento y apuntan todas hacia el norte, independientemente de la dirección que lleven.

Serie	Categoría	Tendencia	r
Nº	Todas	0.11	0.68
Nº	H4 y H5	0.06	0.75
Días	Todas	0.50	0.60
Días	H4 y H5	0.17	0.70

TABLA 1. Tabla en la que aparecen las tendencias de las rectas de ajuste de las series temporales del número de huracanes (dos primeras filas) y del número de días de huracán (dos últimas filas). Aparece también el coeficiente de correlación entre las rectas calculadas y los valores observados.

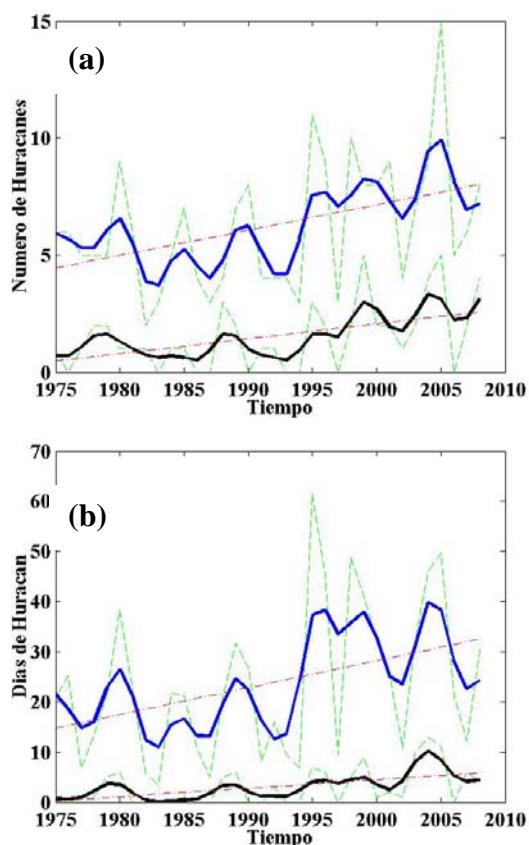


FIG. 2. Se muestra (a) el número de huracanes en una temporada (línea negra) y el número de huracanes que alcanzan fuerza 4 y 5 (línea azul) desde 1975 hasta 2008. (b) el número de días que duraron los huracanes de un año (línea negra) y el número de días que duraron los huracanes de fuerza 4 y 5 de un año (línea azul) desde 1975 hasta 2008. Los datos han sido suavizados mediante la aplicación del filtro de la ecuación 3 dos veces. La línea roja representa la recta de ajuste a los datos observados. La línea verde son los datos brutos sin suavizar.

Para intentar determinar el grado de influencia de la SST en la actividad de los huracanes en el Atlántico Norte, se ha analizado la correlación espacial entre los índices PDI y ACE de cada una de las temporadas de huracán desde 1975 hasta 2008 con la SST de todo el planeta para distintos meses: mayo (Fig. 3(a)), junio (Fig. 3(b)), julio (Fig. 3(c)) y agosto (Fig. 3(d)). Dada la similitud en las correlaciones espaciales entre ambos parámetros (PDI o ACE) y la SST de los meses previos sólo se ha mostrado el índice PDI. En los mapas se muestran aquellas zonas para las cuales la correlación tiene una significancia

estadística superior al 90%. En todos los meses se pueden observar dos zonas de alta correlación con valores entre 0.6 y 0.7 que se corresponden con el Atlántico Norte y el sur del Pacífico en las proximidades de Nueva Zelanda y dos regiones claramente anti-correlacionadas con valores entre -0.4 y -0.5 entorno al área de El Niño y en la mitad del océano Índico a la altura de Madagascar. Esta última zona de anti-correlación aparece muy tenue en la gráfica del mes de mayo (Fig. 3(a)).

La figura 4 resume las regiones de influencia de la SST en el PDI (Fig. 4 (a)) y en la ACE (Fig. 4(b)) promediando la SST a los meses comprendidos entre mayo y agosto. En este caso se mantienen las dos regiones de alta correlación (el Atlántico Norte y el Pacífico Sur en las proximidades de Nueva Zelanda) y una región de anti-correlación en torno al área de ocurrencia del El Niño.

También se han determinado las variabilidades interanuales de la SST y la actividad de los huracanes, analizando desde 1975 hasta 2008 la correlación entre los índices que determinan la actividad de los huracanes y la temperatura superficial del mar en el mes de septiembre para las dos regiones positivamente correlacionadas descritas anteriormente: el Atlántico Norte y la región del Pacífico cercana a Nueva Zelanda.

Con respecto a la región del Atlántico Norte, el coeficiente de correlación obtenido entre el PDI y la SST (Fig. 5, arriba) es de 0.71, con una significancia estadística del 99%, sugiriendo que la SST influye notablemente en el índice PDI.

Con respecto a la región del océano Pacífico (Fig. 6), se apreciaron oscilaciones similares a las anteriormente descritas, tanto en las series de PDI y ACE como en la de SST.

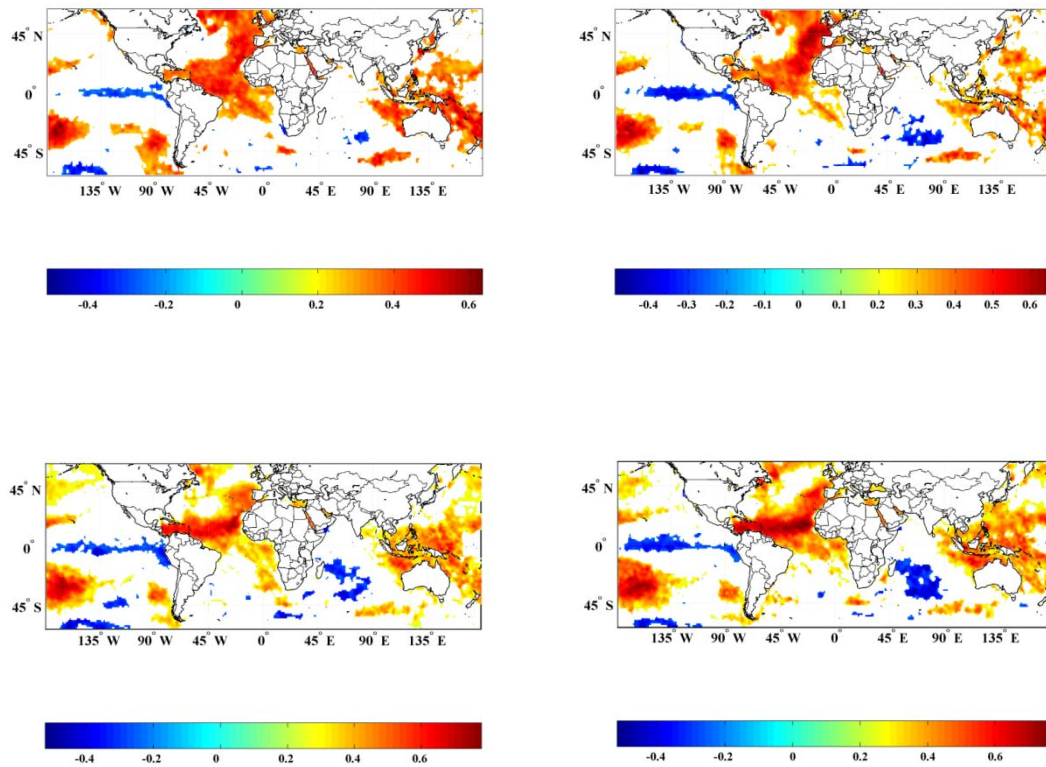


FIG. 3. Coeficientes de correlación entre el PDI y la SST para el mes de (a) mayo, (b) junio, (c) julio y (d) agosto desde 1975 a 2008.

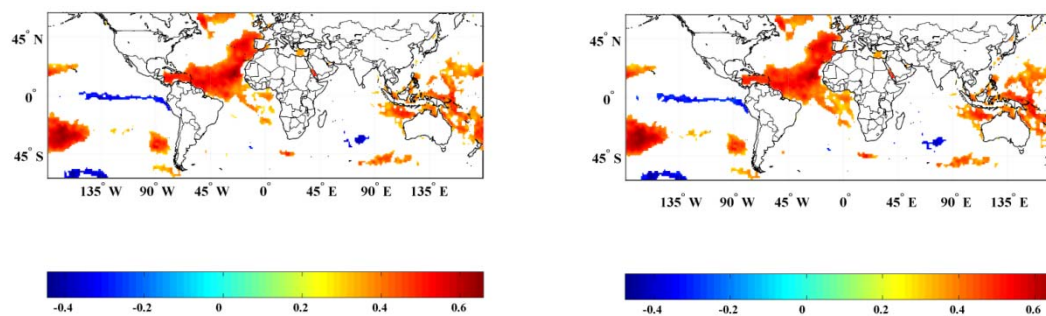


FIG. 4. (a) Coeficientes de correlación entre el PDI y la SST promediada de mayo a agosto de 1975 a 2008. (b) Coeficientes de correlación entre la ACE y la SST promediada de mayo a agosto de 1975 a 2008.

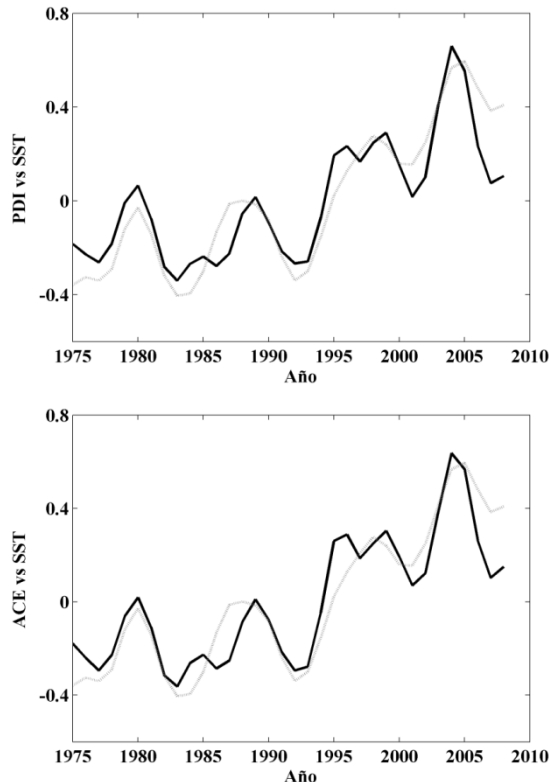


FIG. 5. En estas gráficas se representa una medida del poder total de destrucción anual de los ciclones tropicales del Atlántico Norte (PDI) y la energía ciclónica acumulada en una temporada de huracanes en el Atlántico Norte (ACE). Cada una de ellas se compara con la temperatura superficial del mar para el Atlántico Norte durante el mes de septiembre (SST). Para que la comparación resulte más sencilla se han tomado las anomalías y se las ha dividido por el intervalo de variación (máximo-mínimo). Además, el filtro de la ecuación 3 se ha pasado a las series temporales de la temperatura, el PDI y ACE dos veces.

Se aprecia la existencia de oscilaciones en ambas series, así como una tendencia general positiva. Estas oscilaciones se corresponden con señales climáticas bien documentadas, tales como las oscilaciones multidecadales en el Atlántico Norte y las oscilaciones de período corto que presumiblemente están relacionadas con El Niño y la oscilación del Atlántico Norte. Todo esto se encuentra en concordancia con lo expuesto por Emanuel en su artículo de 2005. Un comportamiento similar se puede apreciar en la evolución interanual de la ACE y la SST (Fig 5, abajo) con

valores de correlación de 0.73 y una fiabilidad del 99%.

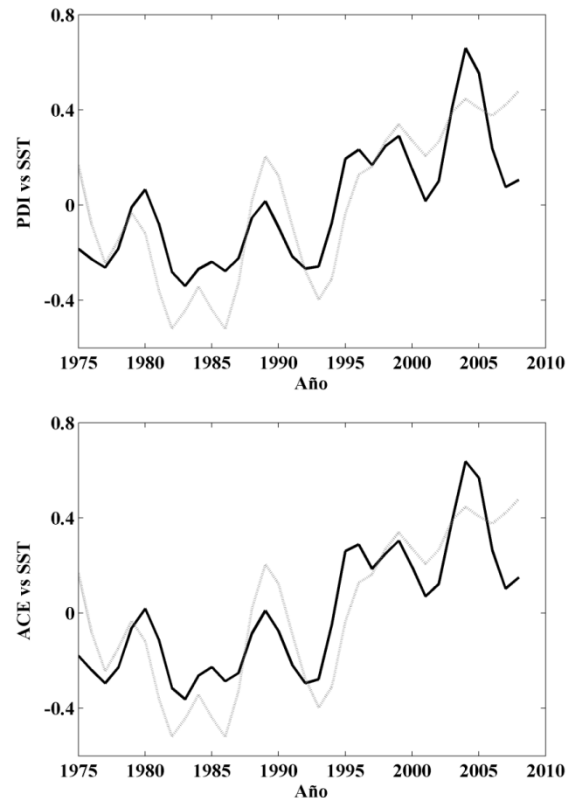


FIG. 6. En estas gráficas se representa una medida del poder total de destrucción anual de los ciclones tropicales del Atlántico Norte (PDI) y la energía ciclónica acumulada en una temporada de huracanes en el Atlántico Norte (ACE). Cada una de ellas se compara con la temperatura superficial del mar para el océano Pacífico en las proximidades de Nueva Zelanda durante el mes de septiembre (SST). Para que la comparación resulte más sencilla se han tomado las anomalías y se las ha dividido por el intervalo de variación (máximo-mínimo). Además, el filtro de la ecuación 3 se ha pasado a las series temporales de la temperatura, el PDI y ACE dos veces.

Se observó también una tendencia general positiva. En este caso, la correlación entre el PDI y la SST es de 0.72 (Fig. 6, arriba) y la correlación entre la ACE y la SST es de 0.74 (Fig. 6, abajo), ambas con una significancia del 99%.

Las gráficas anteriores han puesto de manifiesto que la temperatura del mar es una clave importante en el desarrollo de los huracanes. El aumento en la temperatura del mar en el Atlántico,

podría ser atribuido a la Oscilación Atlántica Multidecadal (AMO), un patrón de 50–70 años de variabilidad en la temperatura. Sin embargo, Emanuel, 2005, descubrió que el reciente aumento estaba fuera del rango de las oscilaciones previas. Por consiguiente, tanto una variación natural (como la AMO) como el calentamiento global, podrían haber contribuido al calentamiento del Atlántico tropical durante las últimas décadas, pero por ahora, es imposible hacer una atribución exacta a cada factor.

A continuación se analiza el grado de influencia de la SST del Atlántico Norte en el PDI y en la ACE considerando hasta seis meses de desfase entre la SST y la actividad de los huracanes (Fig. 7). Se representa con línea continua el coeficiente de correlación entre el PDI y la SST, con línea discontinua el coeficiente de correlación entre el índice ACE y la SST y con círculos aquellas correlaciones superiores al 95%. Se pueden observar altas correlaciones (entre 0.7 y 0.8) tanto para el PDI como para la ACE hasta un desfase de 2 meses entre la SST y los índices que determinan la actividad de los huracanes.

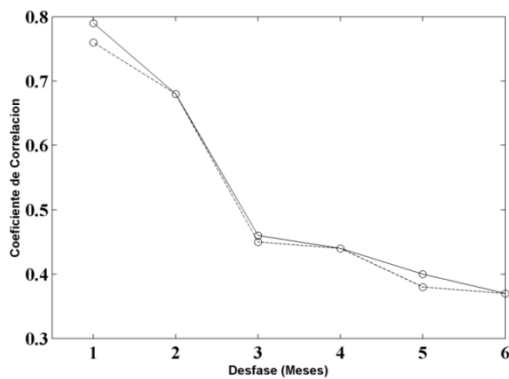


FIG. 7. En esta gráfica se representa el coeficiente de correlación del PDI (línea continua) y la ACE (línea discontinua) en una temporada de huracanes del Atlántico Norte con la SST del mismo océano atendiendo a diferentes meses de retraso. Los círculos indican una correlación con un nivel de significancia superior al 95%.

Un análisis similar al anteriormente descrito se realiza para la región del Pacífico Sur con resultados muy similares (Fig. 8). En ambas gráficas todos los meses tienen una significancia estadística superior al 95%.

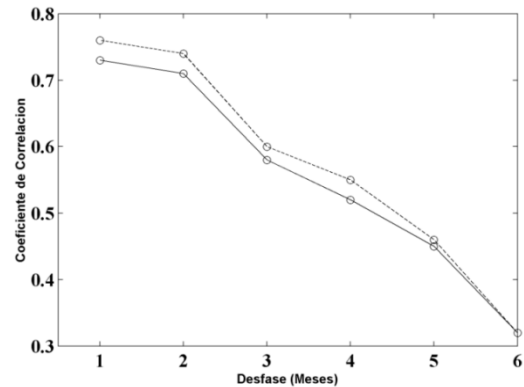


FIG. 8. En esta gráfica se representa el coeficiente de correlación del PDI (línea continua) y la ACE (línea discontinua) en una temporada de huracanes del Atlántico Norte con la SST del océano Pacífico en las proximidades de Nueva Zelanda con distintos meses de retraso. Los círculos indican una correlación con un nivel de significancia superior al 95%.

Estudios previos (Emanuel, 2005) han puesto de manifiesto que la variabilidad de la actividad de los huracanes en el Atlántico Norte muestra saltos interanuales e interdecadales en la frecuencia de los ciclones, los cuales pueden estar relacionados con fenómenos climáticos regionales como El Niño/SOI. El grado de influencia que tiene el SOI en la actividad de los huracanes se determina mediante el coeficiente de correlación del PDI y la ACE con el SOI para distintos meses de desfase (Fig. 9). La correlación obtenida entre el PDI (línea continua) y la ACE (línea discontinua) con el índice SOI alcanza su valor máximo de 0.4 con una significancia estadística de 95% cuando se considera un desfase de dos meses entre el SOI y el PDI o entre el SOI y la ACE. Nótese que en este caso la correlación es positiva, en contraposición a lo observado en las figuras 3 y 4, ya que el índice atmosférico SOI y El Niño, medido a

partir de la SST, están anticorrelacionados. En este caso existen meses de desfase sin significancia estadística.

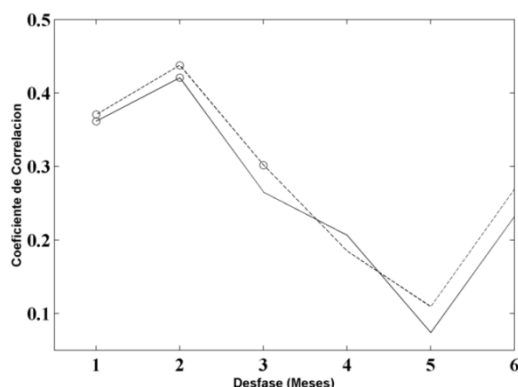


FIG. 9. En esta gráfica se representa el coeficiente de correlación del PDI (línea continua) y la ACE (línea discontinua) en una temporada de los ciclones tropicales del Atlántico Norte con el índice SOI (equivalente atmosférico de El Niño) para distintos meses de retraso. Los círculos indican una correlación con un nivel de significancia superior al 95%.

4 Conclusiones

De lo anteriormente expuesto podemos extraer una serie de conclusiones:

- 1- El número y la duración de los huracanes por año ha aumentado en el Atlántico Norte desde 1975.
- 2- Se han encontrado dos zonas de alta correlación espacial positiva (0.6 o superior) entre la temperatura superficial del mar y la actividad de los huracanes, expresada mediante los índices PDI y ACE. Éstas son el Atlántico Norte y la región del Pacífico Sur cercana a Nueva Zelanda. Además, se han observado dos zonas de anticorrelación, el área de El Niño y la región del océano Índico que se encuentra a la altura de Madagascar.
- 3- Al estudiar la variabilidad interanual de la SST y la actividad de los huracanes se ha obtenido que tanto en la región del Atlántico Norte como en el Pacífico Sur el coeficiente de correlación entre estas variables es superior a 0.7 con una significancia del 99%.
- 4- El grado de influencia de la SST en la actividad de los huracanes es notable

(entre 0.7 y 0.8 para los primeros meses de desfase), tal y como demuestran las últimas gráficas analizadas. La correlación con el equivalente atmosférico de El Niño, el SOI, es menor (0.4) y se obtiene para un desfase de 2 meses.

Agradecimientos:

Este trabajo fue financiado por el proyecto FEDER del *Ministerio de Ciencia e Innovación* CTM2007-62546-C03-03/MAR y por el proyecto CGL2009-09143.

Referencias:

- Emanuel, K., 2005: Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature*, 436, doi: 10.1038
- Goldenberg, S. B., C. W. Landsea, A. M. Mestas- Núñez y W. M. Gray, 2001: The recent increase in Atlantic hurricane activity: Causes and implications. *Science* 293, 474- 479.
- Gray, W. M., 1984: Atlantic seasonal hurricane frequency. Part. I: El Niño and 30 mb quasi- biennial oscillation influences. *Mon. Weath. Rev.* 112, 1649- 1668.
- Trenberth, K. E. y D. J. Shea, 2006: Atlantic hurricanes and natural variability in 2005. *Geophysical Research letters*, 33, doi: 10.1029/2006GL026894.
- Pielke, R. A. J. y C. W. Landsea, 1999. La Niña, El Niño and Atlantic hurricane damages in the United States. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 80, 2027- 2033.
- Webster, P. J., G. J. Holland, J. A. Curry, y H.-R. Chang, 2005: Changes in tropical cyclone number, duration and intensity in a warming environment. *Science*, 309, doi: 10.1126/science. 11164