

ANÁLISIS DE LOS INTERVALOS DE CONFIANZA EN LAS TENDENCIAS EN LAS DIFERENTES BASES DE DATOS CLIMÁTICAS GLOBALES

Carlos CALVO SANCHO¹

¹*Departamento de Geografía. Universidad de Zaragoza, España.*
ccalvosancho@gmail.com

RESUMEN

Es inequívoco que durante la segunda mitad del siglo XX las temperaturas a nivel global sufrieron un fuerte incremento, demostrado por diferentes pruebas estadísticas. En este trabajo se ha analizado las tendencias y la evolución del intervalo de confianza de la serie 1913-2012 en el hemisferio norte, hemisferio sur y a nivel global de las distintas bases de datos a través de la herramienta Makesens (Instituto Meteorológico Finés).

En el último cuarto de siglo XX y comienzos del siglo XXI la tasa de calentamiento y la significación, en diferentes bases de datos y hemisferios, sufre un descenso que podría ser el comienzo del hiato.

Palabras clave: tendencia, intervalo de confianza, Makesens, Mann-Kendall, hiato.

ABSTRACT

It is clear that during the second half of the 20th century the temperatures around the world suffered a strong increase, indicated by different statistical tests. In this study has been analyzed the trends and the confidence intervals evolution of the 1913-2012 time-series on the north hemispheric, south hemispheric and global of the different climatic data base through Makesens tool (Finish Meteorological Service).

On the last quarter of 20th century and first years of 21st century the warming rate and signification, in different data set and hemispheres, suffer a decline that could be the start of the hiatus or Pause.

Key words: trend, confidence interval, Makesens, Mann-Kendall, hiatus.

1. INTRODUCCIÓN

El calentamiento térmico en el sistema climático desde principios-mitades del siglo XX es inequívoco, y altamente probable influenciado por el aumento de gases de efecto invernadero de procedencia antrópica como la quema de combustibles fósiles o la deforestación. Es por ello que la temperatura media de superficie global es el indicador climático más citado del cambio climático y está directamente ligado a cambios en el equilibrio global de energía (Rupp et al. 2014; Servain et al. 2014).

Se recoge en el último informe Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) (2013, AR5) (Stocker et al. 2013) que el incremento de la tasa de temperatura media global fue de $0,12^{\circ}\text{C}$ [$+0,08/0,14^{\circ}\text{C}$] cada decenio en el período 1951-2012. Aunque el IPCC no ha estimado la duración del hiato, es típicamente extenderlo de 15 a 20 años.

Para realizar estos estudios de la evolución de las temperaturas mundiales se han empleado las principales bases de datos mundiales, de las que las más conocidas son BEST (Rohde et al. 2013), CRU (Jones et al. 2012), GISS (Hansen et al. 2010) y NOAA (Lawrimore et al. 2011). En cada una de ellas además los valores de temperatura se presentan en diferentes opciones espaciales (hemisferios, continentes, regiones, terrestres, combinación tierra-océano u océano).

No obstante, este aumento de las temperaturas globales promedio, desde mitad de 1990, e incluso regionalmente con anterioridad, el aumento térmico parece sugerir que se ha atenuado en su intensidad y que incluso las temperaturas han descendido al menos en determinadas regiones, recibiendo este período el nombre de hiato térmico (Fyfe et al. 2013; Kosaka and Xie, 2013), el cuál se ha definido como una pérdida de significación estadística en la tendencia lineal del calentamiento (Meehl, 2015).

El análisis de tendencia es una componente muy importante en la investigación climática ayudando a sacar conclusiones que el cambio climático posterior a la revolución industrial tiene unas complejas características tanto espaciales como temporales. Las tendencias en series temporales climáticas son a menudo no lineales y temporalmente asimétricas (Fischer et al. 2014).

Uno de los más interesantes y polémicos aspectos de los cambios observados es la pendiente, o tendencia, de las temperaturas medias globales. Las detecciones de las tendencias están directamente afectadas por la longitud de la serie temporal disponible para el análisis. La elección del comienzo y el final de las fechas de la serie temporal es un tema muy controvertido y muy importante a tener en consideración en el análisis de tendencias. La estimación de la tendencia puede cambiar por incluir o excluir unos pocos años en cada extremo de una serie temporal, sobre todo en series temporales cortas (Liebmann et al. 2010; Dixon et al. 2006).

En el presente estudio se plantea analizar la evolución de las tendencias de las series de temperatura media anual (T_{mean}) de las principales bases de datos mundiales en sus versiones *Land* y *Ocean* y en ambos hemisferios y globalmente, mediante la aplicación del método de ventanas temporales decrecientes, con los siguientes objetivos:

- Identificar si el signo de la tendencia ha experimentado variaciones temporales estadísticamente significativas en las bases de datos empleadas

- Identificar si la tasa de la tendencia ha experimentado variaciones temporales estadísticamente significativas en las bases de datos empleadas
- Verificar la existencia del hiato e identificar su inicio y duración en las distintas bases de datos

Por último, analizando la evolución de los intervalos de confianza de los periodos definidos por las ventanas móviles, evaluar el mínimo periodo necesario para señalar una tendencia en las bases de datos analizadas.

2. MÉTODOS

El estudio analiza las diferentes tasas de tendencia, significación, intervalo de confianza e influencia de la ventana móvil decreciente de la Temperatura Media Anual (T_{mean}) del hemisferio norte y hemisferio sur en el período 1913-2012 de las principales bases de datos mundiales. En la Tabla 1 se muestra un resumen de las opciones en que se presentan. Para la realización de este análisis se han usado las bases de datos BEST, CRU, GISS y NOAA, en su versión tierra (*Land*) y océano (*Ocean*) del hemisferio norte y hemisferio sur.

	Land	Ocean	Land+Ocean	North Hemispheric	South Hemispheric	Countries	Continents
GISS	✓	X	✓	✓	✓	X	X
CRU	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
BEST	✓		✓	✓	✓	✓	X
NOAA	✓	✓	✓	✓	✓	X	X

Tabla 1: Características de las distintas bases de datos climáticas globales.

El análisis de las tendencias se ha realizado con el test no paramétrico de Mann Kendall y la estimación de la tasa mediante el método de Sen. El análisis se ha realizado en ventanas decrecientes entre 1913-2012 y 1998-2012 (es decir en periodos entre 100 a 15 años) empleando el programa Makesens desarrollado por la Oficina Meteorológica Finlandesa (Salmi et. al. 2002). El análisis de la significación según el test de Mann-Kendall incluye los siguientes niveles de significación (Tabla 2).

Símbolo	Nivel de significación (α)
***	0.001
**	0.01
*	0.05
+	0.1

Tabla 2: Relación de símbolos y niveles de significación. Fuente: Manual Makesens.

El programa permite también conocer los diferentes intervalos de confianza de cada periodo con los que se ha calculado su amplitud empleando el umbral del 99% ($\alpha=0.01$) (Figura 1) con el fin de poder valorar el periodo mínimo de tiempo para considerar que los resultados del análisis de tendencia indican señales climáticas, no variabilidad natural.

$$AMPL. INT = Q_{Max99} - Q_{Min99}$$

Figura 1: Fórmula Amplitud del Intervalo de Confianza.

3. RESULTADOS

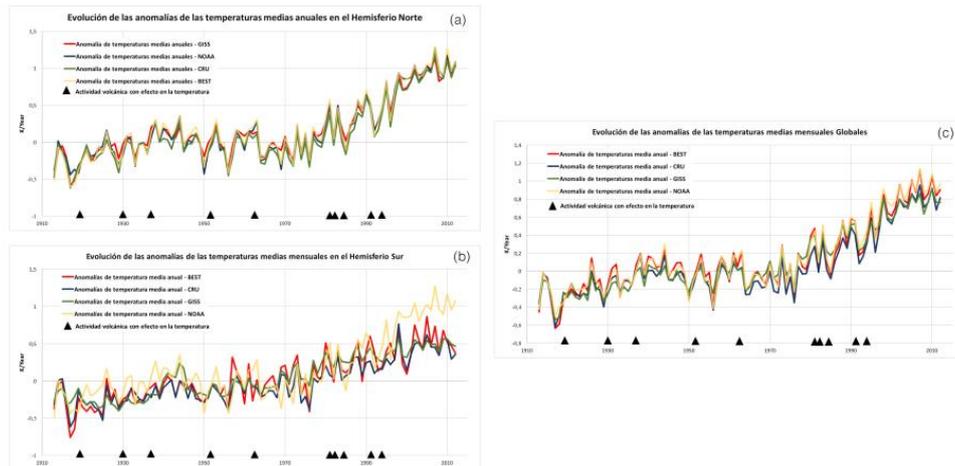


Figura 2: Valores de T_{mean} anual (1913-2012). Anomalías con base 1951-1980 (excepto NOAA 1901-2000). (a) hemisferio norte, (b) hemisferio sur y (c) Global.

Las anomalías de temperatura media anual de las cuatro bases de datos climáticas relativas al período 1913-2012 se presentan en la Figura 2. En la figura se representa correctamente el período de calentamiento entre 1970 hasta finales 1990 y comienzo de la década del 2000. La figura (b), que corresponde al hemisferio sur, difiere en su comportamiento respecto al hemisferio norte y al conjunto del planeta. Se indican con un triángulo en negro una serie de erupciones volcánicas producidas durante el siglo XX que pudieron tener influencia en el comportamiento de la temperatura a nivel global, como Monte Santa Helena en Estados Unidos en el año 1980, el Pinatubo en Filipinas en el año 1991 o El Chinchón en México en el año 1982.

En la Figura 2 (c) se observa un ligero enfriamiento durante 30 años anterior al período de calentamiento que comenzó en la década de 1970. Este pequeño enfriamiento a nivel global se desarrolló entre 1940 y 1970, descendiendo la T alrededor de 0.5°C en el computo global.

En los últimos años se puede observar en los tres puntos de referencia del estudio que el calentamiento que se venía prolongando desde el comienzo de 1970 no tiene una continuación, pero tampoco tiene un descenso de la temperatura. Algunos estudios hablan del comienzo del Hiato térmico a nivel global (Trenberth *et al.*, 2014; Schmidt *et al.*, 2014; Loehle, 2009; Meehl *et al.*, 2011).

3.1. Land

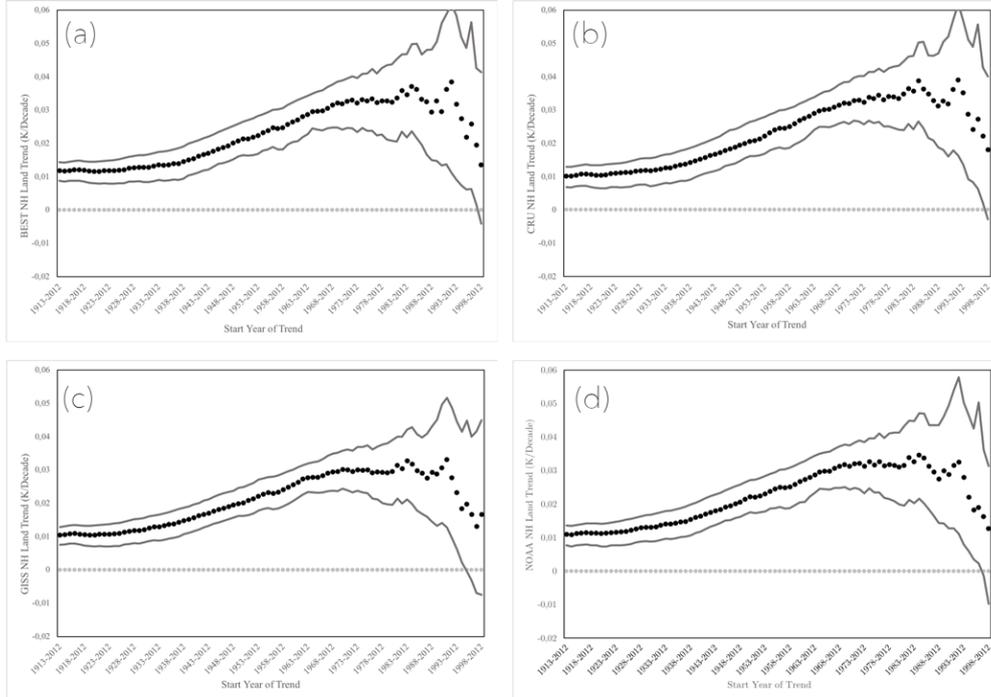


Figura 3: Estimación de tendencia (puntos negros) e intervalo de confianza al 99% (líneas sólidas) sobre las diferentes bases de datos de hemisferio norte Land con ventanas decrecientes entre 1913-2012 y 1998-2012 (es decir, en períodos entre 100 a 15 años). (a) BEST, (b) CRU, (c) GISS, y (d) NOAA. La significación estadística está identificada por la diferenciación de los puntos de color: negro: significativa ($p < 0.05$); gris: no significativa ($p > 0.05$) siguiendo los resultados de Mann Kendall.

Los análisis de tendencia en hemisferio norte diferenciando las distintas bases de datos en Land se muestra en la Figura 3. La mayor tasa de calentamiento en conjunto de las bases de datos se concentra a comienzos de los años 90 con una tasa de calentamiento $> 0,32 \text{ K d}^{-1}$, excepto la base de datos NOAA que su mayor tasa de calentamiento se encuentra localizada a mediados de los años 80 con una tasa parecida al resto de las bases de datos. La tasa de calentamiento tiene un aumento continuo y prolongado desde comienzos de 1920 hasta, como dicho anteriormente, principios de 1990.

A partir de mediados de 1990 las tasas de calentamiento tienen una tendencia de decrecimiento que podrían contribuir a un estancamiento o pausa del calentamiento global, más conocido como Hiato térmico.

El análisis de la evolución de los intervalos de confianza en hemisferio norte diferenciando las distintas bases de datos en Land se muestra en la figura 4. En conjunto la evolución del intervalo de confianza es muy pareja sufriendo un aumento muy claro en los últimos períodos debido a que existe un menor número de años de

análisis. Hay que señalar el comportamiento final de la base de datos GISS, donde en los últimos períodos sigue aumentando el intervalo de confianza mientras que el resto de base de datos se estabiliza.

A un menor valor del intervalo de confianza, la tendencia es significativa, mientras que a un mayor valor del intervalo de confianza (p.e. períodos a partir de 1980), la confianza en la tendencia/significación decae.

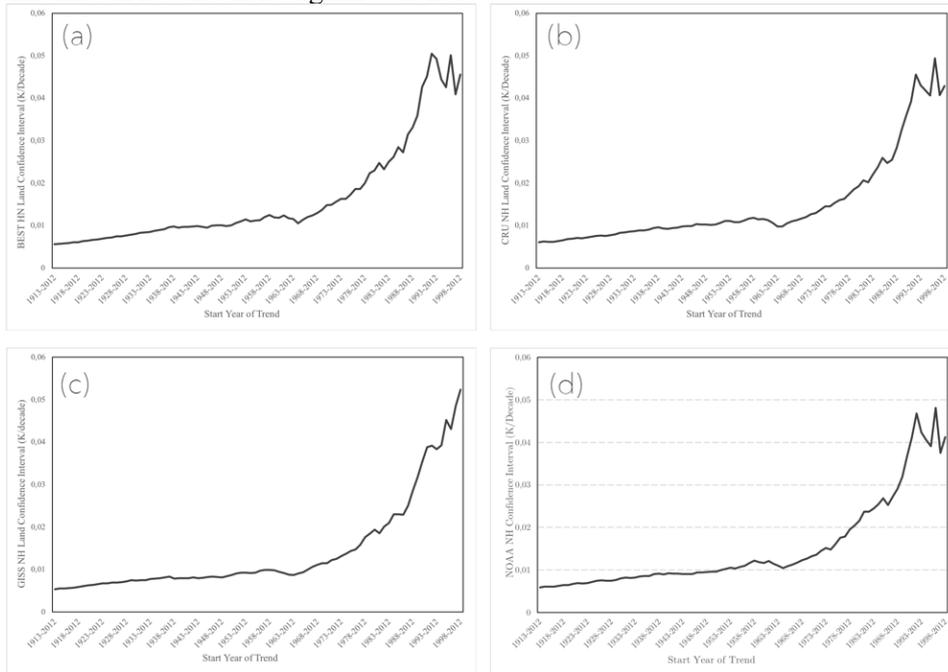


Figura 4: Evolución de los intervalos de confianza al 99% de la estimación de Sen de las diferentes bases de datos de hemisferio norte Land con una ventana ventanas decrecientes entre 1913-2012 y 1998-2012 (es decir, en períodos entre 100 a 15 años). (a) BEST, (b) CRU, (c) GISS, y (d) NOAA.

Los análisis de tendencia en hemisferio sur diferenciando las distintas bases de datos en Land se muestra en la Figura 5. La mayor tasa de calentamiento en conjunto de las bases de datos se concentra a comienzos de los años 90 con una tasa de calentamiento $> 0,15 \text{ K d}^{-1}$, excepto la base de datos NOAA que su mayor tasa de calentamiento se encuentra localizada a mediados de los años 70 con una tasa parecida al resto de las bases de datos. La tasa de calentamiento tiene un aumento poco apreciable desde el comienzo del análisis principios de 1990.

En el hemisferio sur existen períodos de no significación ($p > 0.05$) en las tendencias de las diferentes bases de datos excepto NOAA. Esta no significación puede deberse principalmente al número corto de años para la realización del análisis. Aunque también, como algunos autores apuntan, una ausencia de significación puede deberse a una interrupción o pausa en el calentamiento global, ergo, comienzo del hiato

térmico. También se puede hacer este análisis ya que la ausencia de significación viene acompañada de un decrecimiento de la tasa de calentamiento.

El análisis de la evolución de los intervalos de confianza en hemisferio sur diferenciando las distintas bases de datos en Land se muestra en la Figura 6. En conjunto la evolución del intervalo de confianza es muy pareja sufriendo un aumento muy claro en los últimos períodos debido a que existe un menor número de años de análisis. En el hemisferio sur no se da el caso como en el hemisferio norte donde en los últimos años de análisis se estabiliza la evolución de los intervalos de confianza.

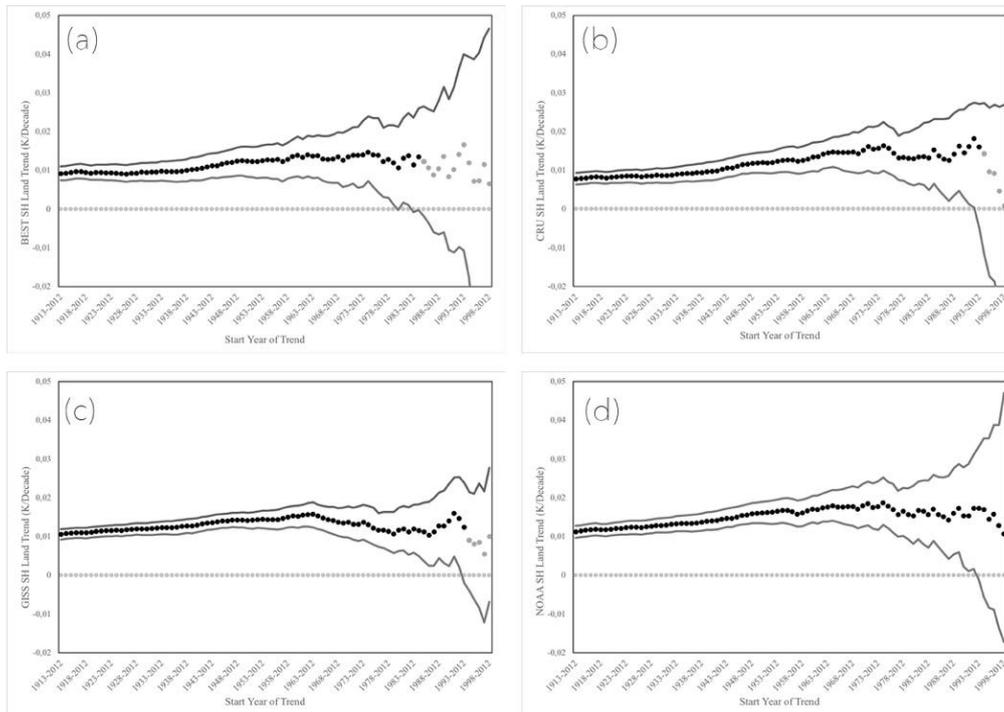


Figura 5: Estimación de tendencia (puntos negros) e intervalo de confianza al 99% (líneas sólidas) sobre las diferentes bases de datos de hemisferio sur Land con ventanas decrecientes entre 1913-2012 y 1998-2012 (es decir, en períodos entre 100 a 15 años). (a) BEST, (b) CRU, (c) GISS, y (d) NOAA. La significación estadística está identificada por la diferenciación de los puntos de color: negro: significativa ($p < 0.05$); gris: no significativa ($p > 0.05$) siguiendo los resultados de Mann Kendall.

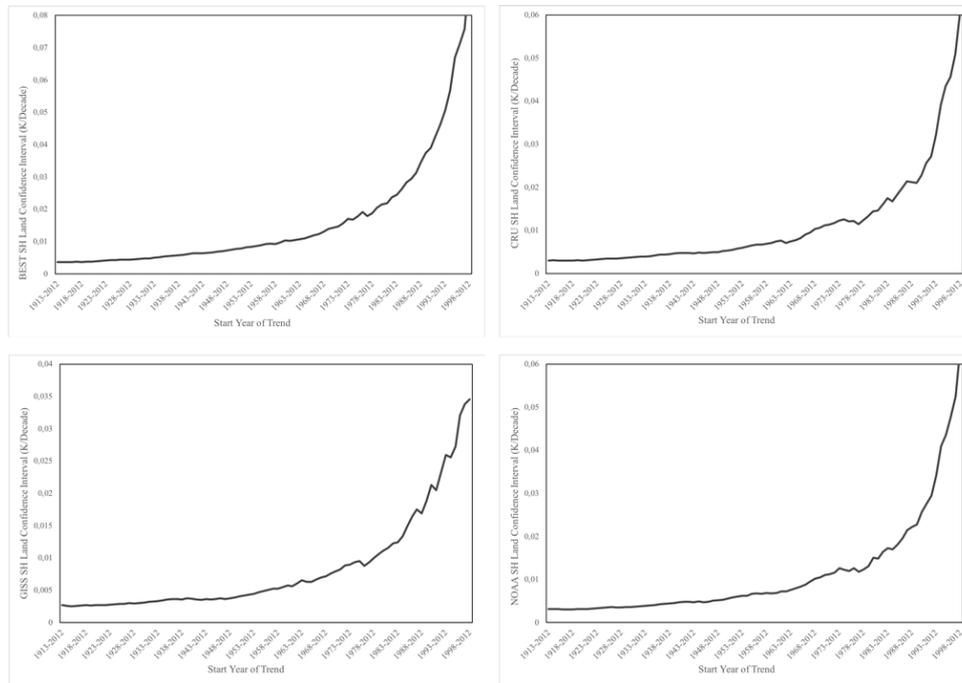


Figura 6: Evolución de los intervalos de confianza al 99% de la estimación de Sen de las diferentes bases de datos de hemisferio sur Land con ventanas decrecientes entre 1913-2012 y 1998-2012 (es decir, en períodos entre 100 a 15 años). (a) BEST, (b) CRU, (c) GISS, y (d) NOAA.

3.2. Ocean

Los análisis de tendencia en hemisferio norte diferenciando las distintas bases de datos en Ocean se muestra en la Figura 7. La mayor tasa de calentamiento en conjunto de las bases de datos se concentra a mediados de los 80 y comienzos de los 90 con una tasa de calentamiento $> 0,15 \text{ K d}^{-1}$. La tasa de calentamiento tiene un descenso suave desde el comienzo del año de estudio hasta mediados de los años 30 en la base de datos CRU; mientras que en la base de datos NOAA desde el comienzo del año de estudio hasta comienzos de los años 40 la tasa de calentamiento es estable.

A partir de mediados de los 80 y comienzos de los 90, la tasa de calentamiento sufre una desaceleración o decrecimiento en ambas bases de datos, por lo que podría constituir el comienzo del hiato térmico a nivel global.

El análisis de la evolución de los intervalos de confianza en hemisferio norte diferenciando las distintas bases de datos en Ocean se muestra en la figura 8. En conjunto la evolución del intervalo de confianza es muy pareja sufriendo un aumento muy claro en los últimos períodos debido a que existe un menor número de años de análisis.

Tienen una evolución distinta en cada base de datos: mientras que en CRU tiene un aumento continuo hasta 1958 y posteriormente se desacelera para posteriormente la tasa de calentamiento continúe su ascenso hasta el último período, los intervalos de confianza tienen un aumento continuo en todo el período de estudio. Esto puede indicar un aumento de la significación.

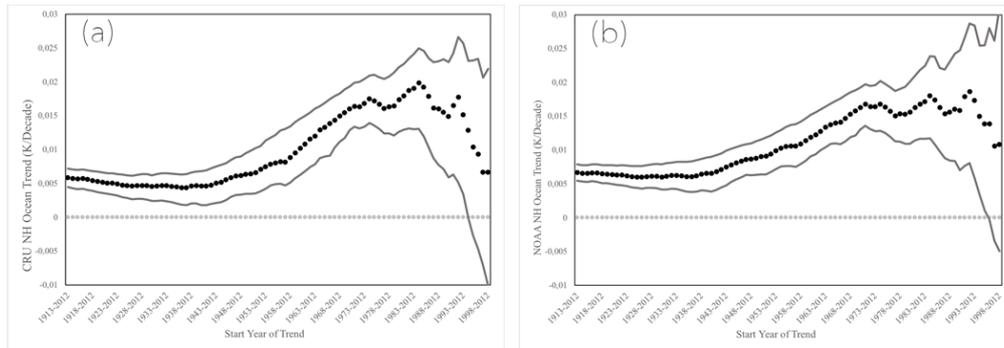


Figura 71: Estimación de tendencia (puntos negros) e intervalo de confianza al 99% (líneas sólidas) sobre las diferentes bases de datos de hemisferio norte Ocean con ventanas decrecientes entre 1913-2012 y 1998-2012 (es decir, en períodos entre 100 a 15 años). (a) CRU, (b) NOAA. La significación estadística está identificada por la diferenciación de los puntos de color: negro: significativa ($p < 0.05$); gris: no significativa ($p > 0.05$) siguiendo los resultados de Mann Kendall.

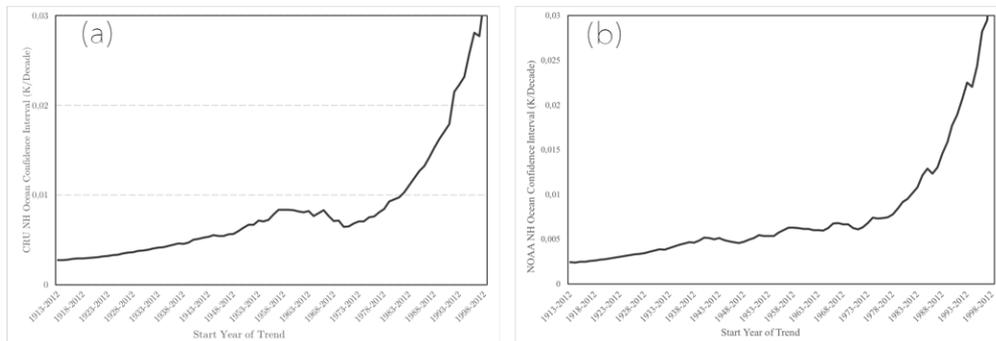


Figura 82: Evolución de los intervalos de confianza al 99% de la estimación de Sen de las diferentes bases de datos de hemisferio sur Ocean con ventanas decrecientes entre 1913-2012 y 1998-2012 (es decir, en períodos entre 100 a 15 años). (a) CRU, (b) NOAA.

Los análisis de tendencia en hemisferio sur diferenciando las distintas bases de datos en Ocean se muestra en la Figura 9. La mayor tasa de calentamiento en conjunto de las bases de datos se concentra a mediados de los años 50 (NOAA) y a mediados de los años 60 (CRU) con una tasa de calentamiento $> 0,10 \text{ K d}^{-1}$. La tasa de calentamiento una desaceleración o un descenso acusado a partir de comienzos de los años 90.

En el hemisferio sur existen períodos de no significación ($p > 0.05$) en la tendencia de la base de datos CRU. Esta no significación puede deberse principalmente al número

corto de años para la realización del análisis o, como algunos autores apuntan, una ausencia de significación puede deberse a una interrupción o pausa en el calentamiento global, ergo, comienzo del hiato térmico. También se puede hacer este análisis ya que la ausencia de significación viene acompañada de un decrecimiento de la tasa de calentamiento.

El análisis de la evolución de los intervalos de confianza en hemisferio sur diferenciando las distintas bases de datos en Ocean se muestra en la figura 10. En conjunto la evolución del intervalo de confianza es muy pareja sufriendo un aumento muy claro en los últimos períodos debido a que existe un menor número de años de análisis.

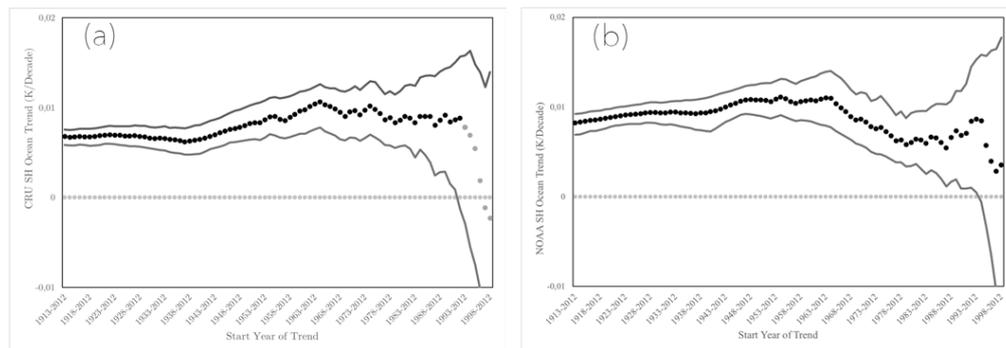


Figura 93: Estimación de tendencia (puntos negros) e intervalo de confianza al 99% (líneas sólidas) sobre las diferentes bases de datos de hemisferio sur Ocean ventanas decrecientes entre 1913-2012 y 1998-2012 (es decir, en períodos entre 100 a 15 años). (a) CRU, (b) NOAA. La significación estadística está identificada por la diferenciación de los puntos de color: negro: significativa ($p < 0.05$); gris: no significativa ($p > 0.05$) siguiendo los resultados de Mann Kendall.

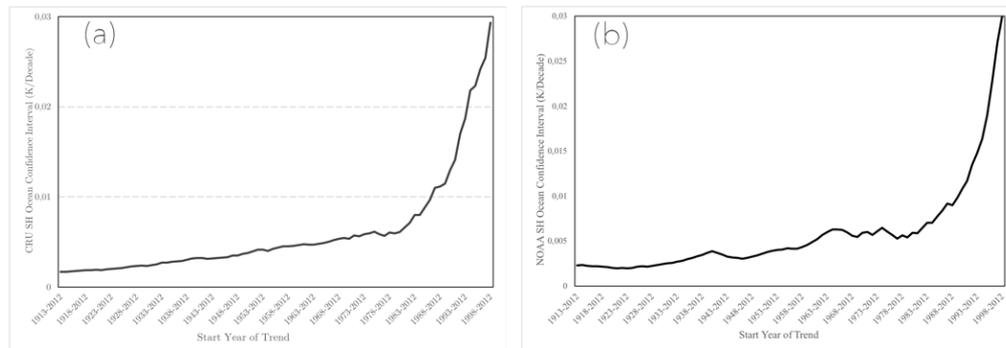


Figura 104: Evolución de los intervalos de confianza al 99% de la estimación de Sen de las diferentes bases de datos de hemisferio sur Ocean ventanas decrecientes entre 1913-2012 y 1998-2012 (es decir, en períodos entre 100 a 15 años). (a) CRU, (b) NOAA.

4. DISCUSIÓN

Las distintas bases de datos (BEST, CRU, GISS y NOAA) utilizadas en este estudio han permitido conocer la evolución de las temperaturas medias de *Land* y *Ocean* en el período de 1913-2012 en hemisferio norte, hemisferio sur y global. Hay que partir de la premisa que estas bases de datos toman los datos de las mismas estaciones meteorológicas, o grids, a nivel global, pero cada una utiliza una metodología distinta en el tratamiento y homogeneización de los datos. Dicho esto, el resultado final no será semejante, pero sí muy parejo entre sí, aunque con algunas objeciones en una base de datos (Hansen et al. 2010; Lawrimore et al. 2011; Jones et al. 2012; Rhode et al. 2012).

Los datos muestran un importante y súbito calentamiento entre 1970 y 1990-2000 en todos los puntos del planeta: tanto hemisferio norte como hemisferio sur. Actualmente se achaca este calentamiento al forzamiento radiativo de origen antrópico procedente del CO₂ debido a su ascenso continuado y de forma global por el consumo de combustibles fósiles (IPCC; Stocker et al. 2013). Pero una serie de estudios explican que no solamente la posible influencia humana ha provocado dicho calentamiento, es decir, la variabilidad natural del clima del planeta tiene una mayor influencia que el incremento desproporcional de los gases de efecto invernadero. En la variabilidad natural se incluye el forzamiento solar, aerosoles y la interacción superficie-océano a través de la Oscilación de El Niño (ENSO).

Tras el fuerte incremento de temperatura observado en la tasa de calentamiento, comienza un período donde la tasa es decreciente y, dependiendo del hemisferio, no es significativa. Esto cabe indicar que comienza el aparente hiato térmico a nivel global con un estancamiento del calentamiento del planeta.

Así, también se puede observar en la evolución del intervalo de confianza durante el período de estudio que a partir de mediados de 1980 ésta se dispara, pudiendo determinar que es el comienzo de un aparente hiato térmico y que la significación sobre la tendencia en estos respectivos años decae.

El tratamiento del hiato térmico ha sido un tema controvertido debido a que primero se sostiene tanto en los datos recogidos en superficie como en los datos recogidos a través de satélite desde 1979 hasta la actualidad (Loehle et al. 2009); y segundo, el hiato no estuvo claramente representado por los modelos que daban una tasa de calentamiento superior a 0.2 K d⁻¹ durante todo el siglo XXI sin pausa. Esto hizo que revelará la dificultad de la modelización climática y se tuviera en cuenta en las próximas revisiones de los modelos climáticos la influencia de las manchas solares en el clima de la Tierra. Aunque una serie de artículos tratan sobre una serie de artefactos que pueden influir en la existencia del hiato (Karl et al. 2015; Rahmstorf et al. 2017) como puntos de ruptura en la tendencia, cambios de inicio de análisis, aumento de observatorios tanto en tierra como en océano o el cálculo de las temperaturas de superficie; mientras que otro conjunto de estudios (Fyfe et al. 2013; Kosaka et al. 2013; González-Hidalgo et al. 2015) dan validez al hiato tanto regionalmente como

globalmente porque en el período 1998-2012 no hay significación y la tasa es decreciente, siendo en algunos puntos negativa.

Según Loehle (2009), el enfriamiento o decrecimiento de la tasa de tendencia que esta ocurriendo podría estar correlacionado con la actividad solar porque, basado en análisis de los ciclos solares, Landscheidt (2003) muestra que el pico geomagnético que se produjo en 1990 daría a lugar a una predicción, con un retardo de ocho años, del pico de temperatura de 1998 que vino dado por uno de los episodios de El Niño más intensos desde que se tienen registros, solamente superado por El Niño de 2015-2016.

La disyuntiva vista entre el hemisferio norte y el hemisferio sur en los datos obtenidos de las distintas bases de datos se puede esclarecer en que más del 80% de las estaciones meteorológicas mundiales se localizan en el hemisferio norte. Esto provoca que el comportamiento en los diferentes análisis entre las diferentes bases de datos climáticos y con el hemisferio norte difieran tanto. La consecuencia son los insuficientes datos para realizar análisis de ámbito global, la tendencia de temperatura no sea homogénea y presente una alta variabilidad espacial y temporal.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se ha podido realizar gracias a la disposición gratuita de los datos de las distintas bases de datos BEST, CRU, GISS y NOAA, y de la herramienta desarrollada por el Instituto Meteorológico Finés.

También agradecer al catedrático José Carlos González Hidalgo por la ayuda dispensada para la realización de este estudio y en la tutorización del Trabajo Fin de Grado.

REFERENCIAS

- Abatzoglou, J. T., Rupp, D. E., & Mote, P. W. (2014). Seasonal Climate Variability and Change in the Pacific Northwest of the United States. *Journal of Climate*, 27(5), 2125–2142. DOI: 10.1175/JCLI-D-13-00218.1.
- Dixon, H., Lawler, D. M., Shamseldin, A. Y., & Webster, P. (2006) The Effect of Record Length on the Analysis of River Flow Trends in Wales and Central England. *Climate Variability and Change-Hydrological Impacts*. IAHS Publ. 308, 2006.
- Fall, S., Watts, A., Nielsen-Gammon, J., Jones, E., Niyogi, D., Christy, J. R., & Pielke, R. A. (2011). Analysis of the impacts of station exposure on the U.S. Historical Climatology Network temperatures and temperature trends. *Journal of Geophysical Research*, 116(D14). DOI: 10.1029/2010JD015146.
- Fischer, M. J., & Paterson, A. W. (2014). Detecting trends that are nonlinear and asymmetric on diurnal and seasonal time scales. *Climate Dynamics*, 43(1–2), 361–374. DOI: 10.1007/s00382-014-2086-8.

- Gil-Alana, L. A. (2015). Linear and segmented trends in sea surface temperature data. *Journal of Applied Statistics*, 42(7), 1531–1546. DOI: 10.1080/02664763.2014.1001328
- González-Hidalgo JC, Peña-Angulo D, Brunetti M, Cortesi N. 2015. Recent trend in temperature evolution in Spanish mainland (1951-2010): from warming to hiatus. *Int. J. Climatol.* DOI: 10.1002/joc.4519.
- Hansen, J., R. Ruedy, M. Sato, and K. Lo (2010), Global surface temperature change, *Rev. Geophys.*, 48, RG4004, DOI: 10.1029/2010RG000345.
- Jones, P. D., D. H. Lister, T. J. Osborn, C. Harpham, M. Salmon, and C. P. Morice (2012), Hemispheric and large-scale land surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2010, *J. Geophys. Res.*, 117, D05127, DOI: 10.1029/2011JD017139.
- Karl TR, Arguez A, Huang B, Lawrimore JH, McMahon JR, Menne MJ, Peterson TC, Vose RS, Zhang HM. 2015. Possible artifacts of data biases in the recent global surface warming hiatus. *Science* 348: 1469-1472, doi: 10.1126/science.aaa5632.
- Landscheidt, T. (2003). New Little Ice Age instead of global warming? *Energy and Environment* 14:327-350.
- Lawrimore, J. H., M. J. Menne, B. E. Gleason, C. N. Williams, D. B. Wuertz, R. S. Vose, and J. Rennie (2011), An overview of the Global Historical Climatology Network monthly mean temperature data set, version 3, *J. Geophys. Res.*, 116, D19121, DOI:10.1029/2011JD016187.
- Liebmann, B., Dole, R. M., Jones, C., Bladé, I., & Allured, D. (2010). Influence of choice of time period on global surface temperature trend estimates. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 91(11), 1485–1491. DOI: 10.1775/2010BAMS3030.1.
- Loehle, C. (2009). Trend analysis of satellite global temperature data. *Energy & Environment*, 20(7), 1087–1098.
- McKittrick, R. R. (2014). HAC-Robust Measurement of the Duration of a Trendless Subsample in a Global Climate Time Series. *Open Journal of Statistics*, 4(7), 527–535. DOI: 10.4236/ojs.2014.47050.
- Rahmstorf S, Foster G, Cahill N. 2017. Global temperatures evolution: recent trends and some pitfalls. *Environmental Research Letters* 12 054001, doi: 10.1088/1478-9326/aa6825
- Rohde R, Muller RA, Jacobsen R, Muller E, Perlmutter S, et al. (2013) A New Estimate of the Average Earth Surface Land Temperature Spanning 1753 to 2011. *Geoinfor Geostat: An Overview* 1:1.. doi:10.4172/2327-4581.1000101.
- Servain, J., Caniaux, G., Kouadio, Y. K., McPhaden, M. J., & Araujo, M. (2014). Recent climatic trends in the tropical Atlantic. *Climate Dynamics*, 43(11), 3071–3089. DOI: 10.1007/s00382-014-2168-7.
- Strangeways I. (2010). *Measuring Global Temperatures: their analysis and interpretation.* Cambridge University Press. New York, USA.