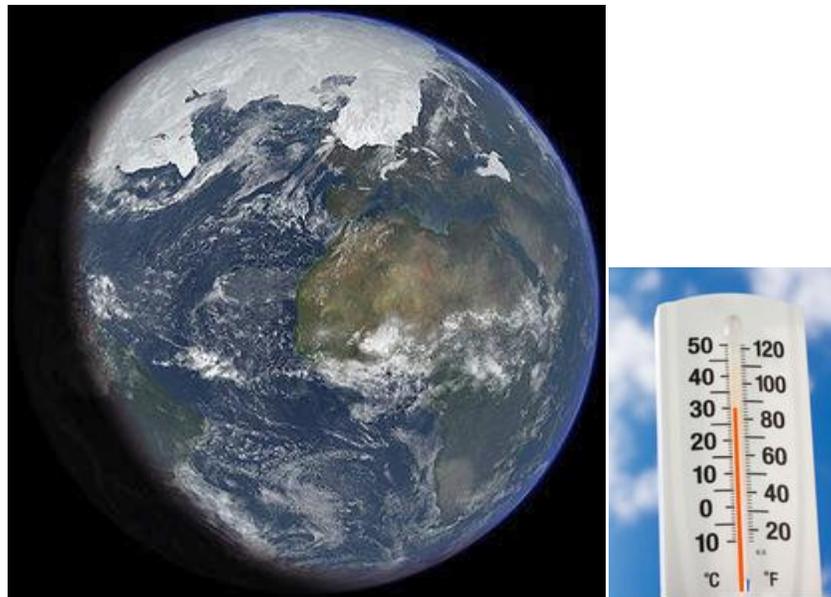


# Inferencia estadística, política y dinámica social: Análisis de datos y cambio climático

## Foro 2



**Métodos de levantamiento y análisis de datos**  
**Posgrado en Gestión de Áreas Protegidas y Desarrollo Ecorregional**

**Jorge Fallas**  
[Jfallas56@gmail.com](mailto:Jfallas56@gmail.com)

No hay palabra verdadera que no sea unión inquebrantable entre acción y reflexión. Todos nosotros sabemos algo. Todos nosotros ignoramos algo. Por eso, aprendemos siempre. Paulo Freire.

## Introducción

El calentamiento global y su efecto en el clima y los ecosistemas del planeta son temas cotidianos en los medios, los discursos políticos y la academia. Aun cuando no se sabe con certeza cómo y quién inició la discusión sobre estos temas, es muy posible que sus raíces estén asociadas al testimonio brindado por el Dr. James Hansen, científico de NASA en 1988 ante una comisión del Congreso de los Estados Unidos de América<sup>1</sup>. En dicha oportunidad, el Dr. Hansen expuso su preocupación sobre el probable impacto de la actividad humana en el aumento de la temperatura del planeta y sus consecuencias humanas y ambientales.

Lo expuesto por Hansen en 1988 contrasta con lo publicado en la revista Times en 1974, cuando se pronosticaba otra era de hielo<sup>2</sup>, sustentado en las siguientes evidencias; las cuales eran vistas como señales de cambio climático:

1. Un aumento en la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, un enfriamiento del Atlántico Norte, y cada vez más hielo marino en el Ártico. Las probabilidades de un clima más cálido en el futuro, de acuerdo con un científico, eran "en el mejor de los casos 1 en 10.000".
2. En África, la sequía continuaba por sexto año consecutivo, añadiendo víctimas a la terrible hambruna.
3. Durante 1972 se registraron lluvias récord en partes de los EE.UU., Pakistán y Japón, causaron algunas de las peores inundaciones en siglos.
4. En la zona triguera de Canadá, una fría y lluviosa primavera retrasó la siembra de trigo, lo que resultaría en una cosecha decepcionantemente pequeña.
5. Gran Bretaña, caracterizada por su clima lluvioso, había experimentado períodos de sequía no característicos de las últimas primaveras.
6. Una serie de inviernos excepcionalmente fríos se han presentado en el oeste de los Estados Unidos de América.
7. Por otro lado, Nueva Inglaterra y el norte de Europa habían experimentado recientemente los inviernos más suaves en muchos años.

Es muy interesante que en el último informe del IPCC (2007<sup>3</sup>) y en los medios se citen hechos similares pero ahora asociados al calentamiento global.

Los primeros resultados publicados por Hansen *et al.* (1981) mostraron que, contrariamente a las impresiones obtenidas de datos recabados en latitudes del norte, el enfriamiento global a partir de 1940 era pequeño, y que más bien existía un calentamiento global neto de alrededor de 0,4°C entre 1880 y 1970.

---

<sup>1</sup> Dr. James Hansen en Washington, Usa, <http://www.youtube.com/watch?v=YhTxM2ith5k>

A Conversation With Dr. James Hansen, <http://video.nytimes.com/video/2006/01/28/science/1194817097774/a-conversation-with-dr-james-hansen.html?ref=globalwarming>

<sup>2</sup> Time Magazine (1974): "Another Ice Age?" Science, Monday, Jun. 24, 1974 <http://time-proxy.yaga.com/time/archive/printout/0,23657,944914,00.html>

<sup>3</sup> [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf)

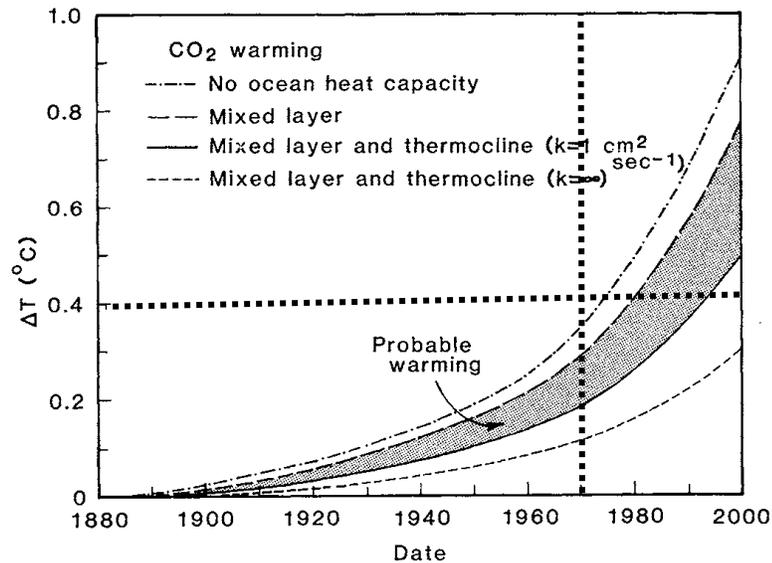


Figura 1: Relación entre calentamiento global debido a CO<sub>2</sub> y la capacidad de calentamiento del océano. Fuente: Hansen *et al.* 1981.

Durante casi dos décadas, Naciones Unidas ha patrocinado la reuniones mundiales de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, un tratado internacional firmado por 194 países en 1992 con el fin de discutir sobre cooperación, cambio climático global y su impacto. En diferentes publicaciones oficiales, foros de discusión académica y en los medios, se presentan las siguientes afirmaciones como evidencia de los cambios observados en el sistema climático global:

1. La temperatura en la superficie del planeta ha aumentado en los últimos 100 años.
2. Se ha observado un incremento en la frecuencia de ciertos fenómenos climáticos extremos.
3. Se ha reducido la extensión de nieves perpetuas/glaciares.
4. Se ha registrado un incremento en el nivel medio del mar.
5. Los modelos de simulación climática utilizados en el estudio del clima muestran una estrecha relación entre las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero y los cambios observados.

### Datos para análisis

En el presente ejercicio utilizaremos datos publicados por NASA (<http://data.giss.nasa.gov/gistemp>), el Centro Hadley de la Oficina Meteorológica del Reino Unido (<http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcet/>) y el Instituto Meteorológico de Costa Rica.

### Objetivos

El objetivo del ejercicio es que usted conozca un poco más sobre el tema de calentamiento global a través del análisis de set de datos oficiales disponibles para uso público. Algunas de las preguntas generales orientadoras sobre el tema son:

1. Cuando usted habla, escribe, lee o escucha sobre calentamiento global; ¿sabe exactamente a cuál set de datos se hace referencia? ¿Sabe usted cómo se han creado y procesado los datos? ¿Entiende el significado de los valores citados?

2. ¿Cómo podría utilizar usted dicha información (datos+análisis) para tomar decisiones en su área de trabajo?
3. ¿Qué tantos datos existen en Costa Rica sobre el tema de calentamiento global y cambio climático?

Se espera que la discusión amplíe su comprensión sobre el tema y que de esta manera pueda tomar mejores decisiones sobre el impacto del aumento de la temperatura en los ecosistemas culturas y naturales.

**DATOS PARA EL FORO**

Dato	Descripción
Anomalía temperatura Tierra y Océano	Índice de temperatura media anual terrestre+océano (Anomalía con respecto al periodo de referencia de 1951-1980). Global Land-Ocean Temperature Index (C) (Anomaly with Base: 1951-1980) Fuente: <a href="http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/fig.A2.txt">http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/fig.A2.txt</a>
Anomalia Temperatura aire estaciones	Índice de temperatura media anual terrestre (°C) calculada utilizando datos de estaciones meteorológicas (Anomalía con respecto al periodo de referencia 1951-1980). Fuente: <a href="http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/fig.A.txt">http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/fig.A.txt</a>
Anomalía temperatura regiones	Índice de temperatura media anual °C terrestre+océano por regiones del planeta (Anomalía con respecto al periodo de referencia 1951-1980). Fuente: <a href="http://data.giss.nasa.gov/gistemp/taledata_v3/ZonAnn.Ts+dSST.txt">http://data.giss.nasa.gov/gistemp/taledata_v3/ZonAnn.Ts+dSST.txt</a>
Temperatura estación y tierra+océano	Anomalía en temperatura estacional con respecto al periodo 1951-1980 para terrestre+océano y estaciones meteorológicas. Fuente: <a href="http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/fig.C.txt">http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/fig.C.txt</a>

A continuación se presentan gráficos sobre Índices de temperatura media (°C) con sus respectivas ecuaciones de regresión (ver NASA <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/> y Centro Hadley de la Oficina Meteorológica del Reino Unido <http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/>). El objetivo de este foro es discutir sobre la interpretación de datos con un alto grado de incertidumbre (variabilidad) y sus implicaciones políticas y económicas. Se espera que la discusión en el foro amplíe su comprensión sobre el tema y que su vez esto le permita tomar mejores decisiones sobre el impacto del aumento de la temperatura global en los ecosistemas culturas y naturales.

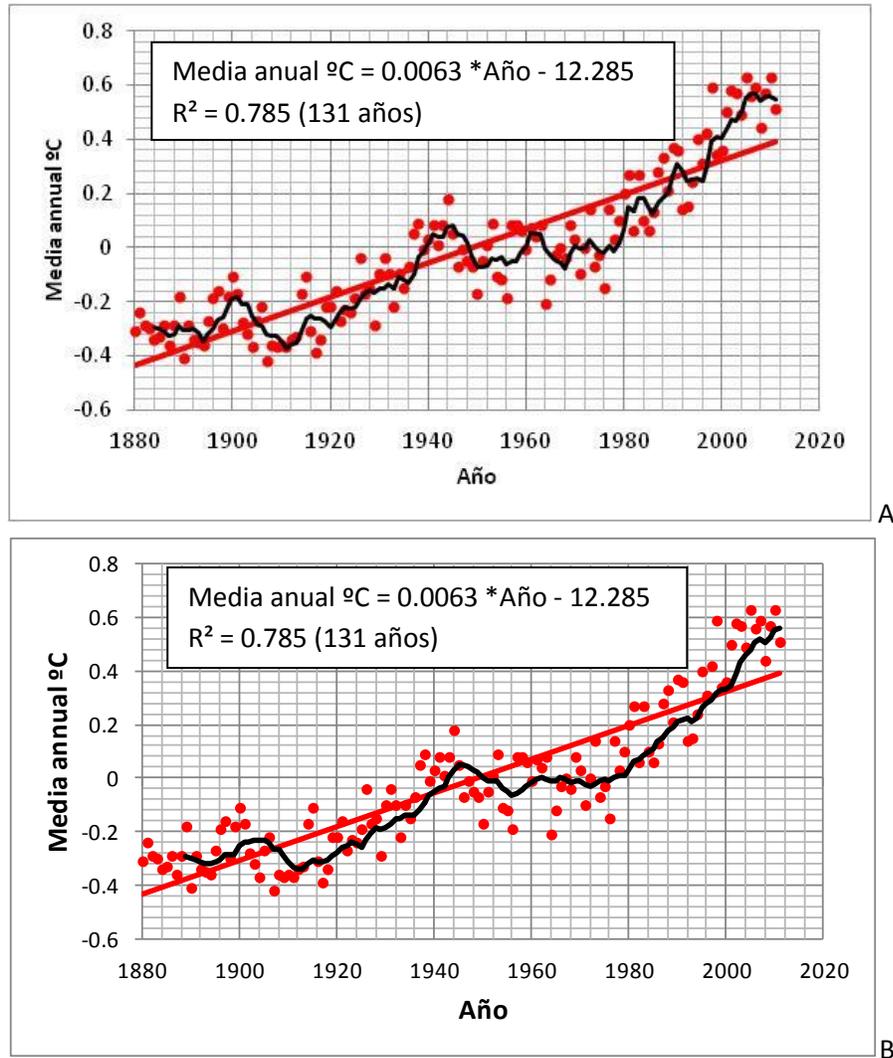


Figura 1: Índice de temperatura media anual terrestre+océano (Anomalía con respecto al periodo de referencia de 1951-1980). La línea roja corresponde a la media anual según el modelo de regresión lineal. A. La línea negra corresponde a una media móvil de cinco años. B. La línea negra corresponde a una media móvil de diez años. Basado en [http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs\\_v3/fig.A2.txt](http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/fig.A2.txt).

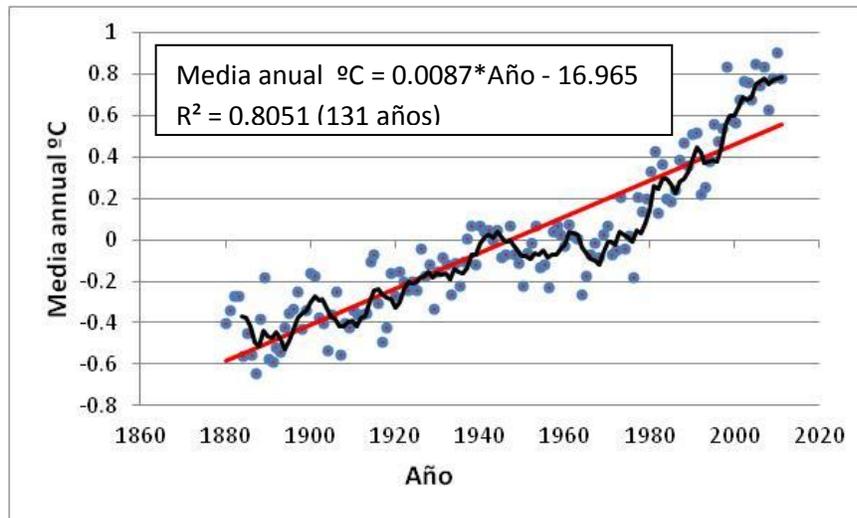


Figura 2: Índice de temperatura media anual terrestre ( $^{\circ}\text{C}$ ) calculada utilizando datos de estaciones meteorológicas (Anomalía con respecto al periodo de referencia 1951-1980). La línea roja corresponde a la media anual según el modelo de regresión lineal y la línea negra a la media móvil de cinco años. Basado en [http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs\\_v3/Fig.A.txt](http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/Fig.A.txt).

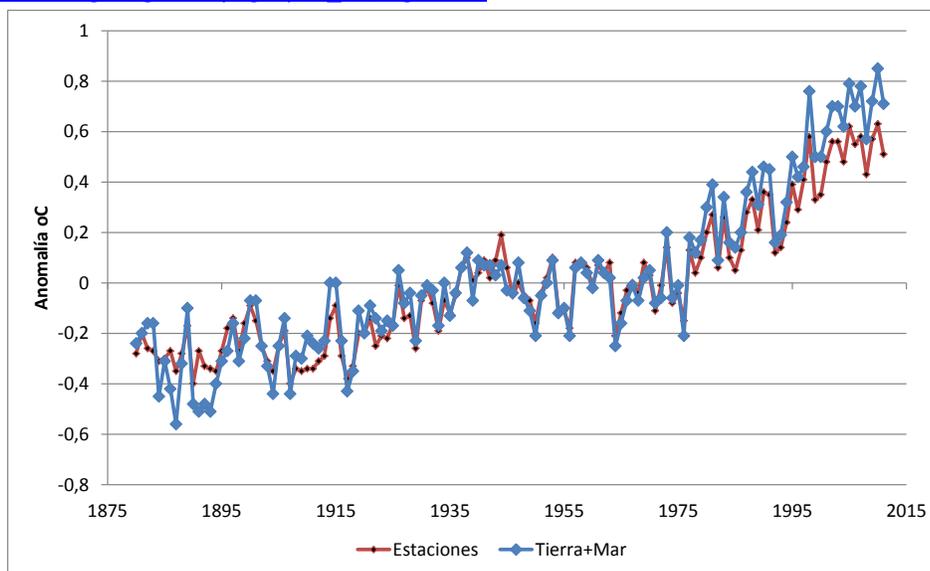
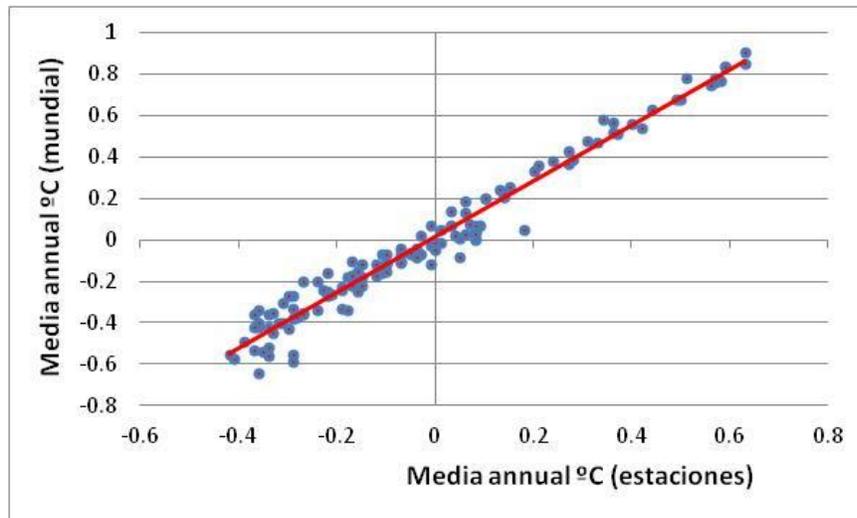


Figura 3: Relación entre índice de temperatura media anual terrestre+océano (Anomalía con respecto al periodo de referencia de 1951-1980) e índice de temperatura media anual terrestre ( $^{\circ}\text{C}$ ) calculada utilizando datos de estaciones meteorológicas (Anomalía con respecto al periodo de referencia 1951-1980). Basado en [http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs\\_v3/Fig.A2.txt](http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/Fig.A2.txt) y [http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs\\_v3/Fig.A.txt](http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/Fig.A.txt)



$$\text{Anomalía media anual } ^\circ\text{C (terrestre+océano)} = 1.3424 * \text{Media anual } ^\circ\text{C (estaciones)} + 0.0156$$

$$R^2 = 0.967 \text{ (131 años)}$$

Figura 4: Relación entre índice de temperatura media anual terrestre+océano (Anomalía con respecto al periodo de referencia de 1951-1980) e índice de temperatura media anual terrestre ( $^{\circ}\text{C}$ ) calculada utilizando datos de estaciones meteorológicas (Anomalía con respecto al periodo de referencia 1951-1980).

Basado en [http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs\\_v3/fig.A2.txt](http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/fig.A2.txt) y [http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs\\_v3/fig.A.txt](http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/fig.A.txt)

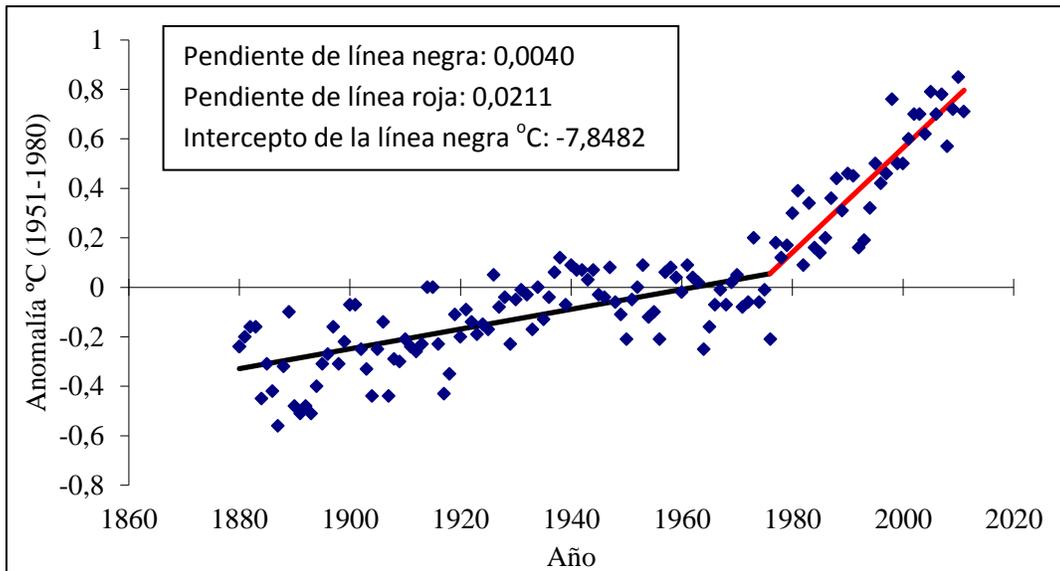


Figura 5: Ajuste de dos ecuaciones de regresión al Índice de temperatura media anual terrestre+océano (Anomalía con respecto al periodo de referencia de 1951-1980). La línea negra representa el periodo 1880-1976. La línea roja corresponde al periodo 1977-2011. Basado en

[http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs\\_v3/fig.A2.txt](http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/fig.A2.txt).

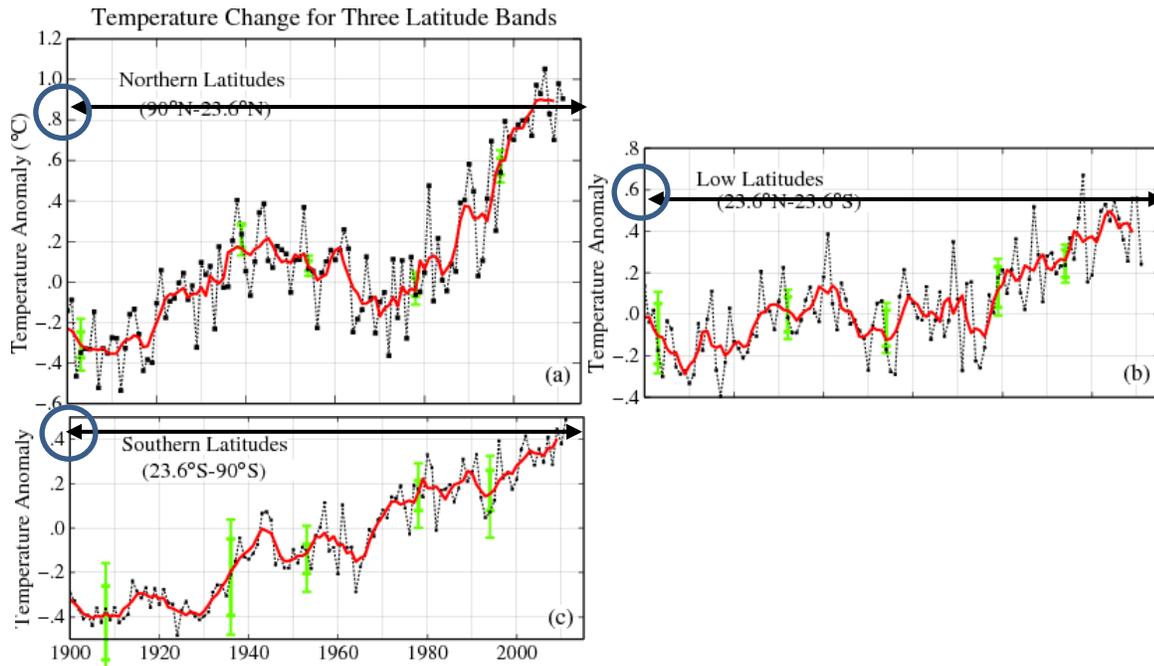


Figura 6: Índice de temperatura media anual para tres bandas latitudinales que cubren 30%, 40% y 30% de la superficie del planeta para el periodo 1900-2011. Periodo de referencia 1951-1980. Las barras verdes indican la incertidumbre al 95% (límites de confianza) estimada a partir de un muestreo espacial. Fuente: [http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs\\_v3/fig.B.gif](http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/fig.B.gif)

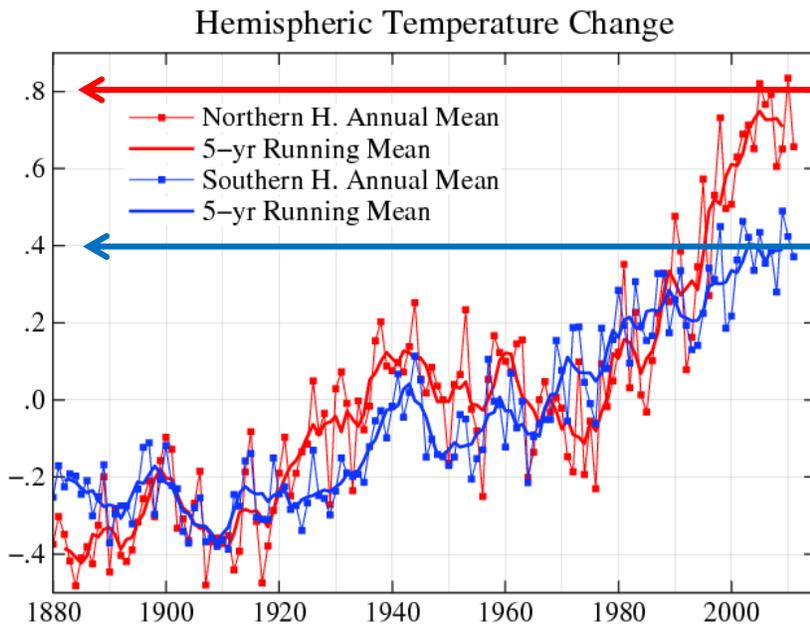


Figura 7: Índice de temperatura media anual por hemisferio. Valores anuales y media móvil de 5 años. Periodo de referencia 1951-1980. Hemisferio Norte línea roja; Hemisferio Sur línea azul. Fuente: [http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs\\_v3/fig.A3.gif](http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/fig.A3.gif)

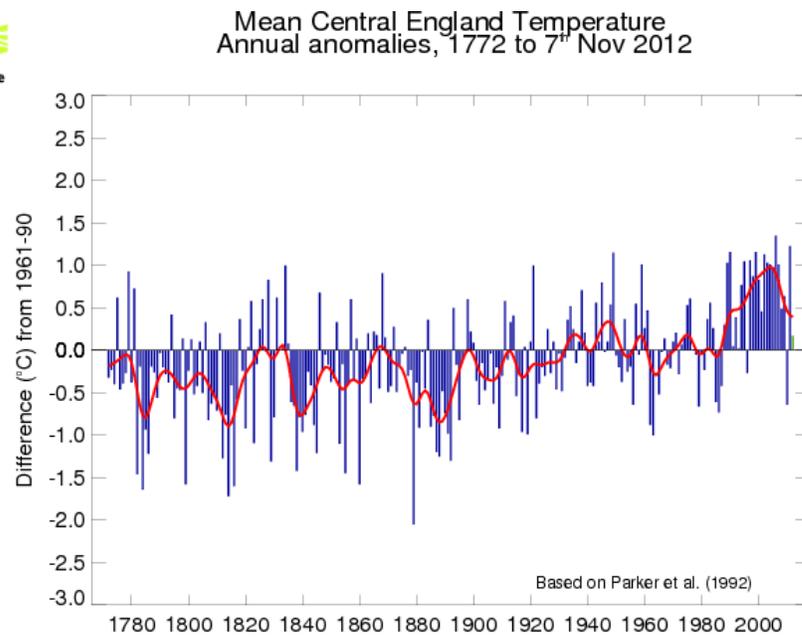


Figura 8: Diferencia de temperatura para la zona central de Inglaterra Central (triángulo formado por Lancashire, London y Bristol) (CET, por sus siglas en inglés). Este es el registro más largo de temperatura instrumental en el mundo (Fuente: <http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcet/>).

## PREGUNTAS PARA EL FORO

Utilizando las figuras 1 a 8 responda a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál son las variables en estudio?
2. ¿Desde cuándo se está discutiendo sobre el tema?
3. ¿Es el tema central de la discusión académica, política, económico, una mezcla de las tres?
4. Utilizando las figuras 1 a 7 describa el patrón general observado en los periodos 1880-1920, 1921-1981 y 1982-211.
5. Si usted tuviese que citar un valor de calentamiento global, ¿Cuál utilizaría y por qué?
6. ¿Qué indica la pendiente de cada una de las líneas de regresión en las figuras 1,2, 4 y 5?
7. ¿Cuál sería el valor de calentamiento global entre 1996 y 2011 si se utilizaran las figuras 1 y 6?
8. ¿Demuestra la figura 4 que existe calentamiento global?
9. La figura 8 muestra las anomalías de temperatura media anual para la estación Central de Inglaterra. ¿Muestra esta figura evidencia del calentamiento global? ¿Cuál es la tendencia de los datos a partir del año 2000?
10. Se podría utilizar la figura 8 como evidencia para argumentar que el calentamiento global se ha detenido a partir del año 2000?
11. ¿Se ha cumplido el pronóstico de Hansen *et al.* 1981?
12. ¿Es posible llegar a conclusiones erróneas utilizando datos fidedignos? ¿Por qué? ¿Cuál es el riesgo de extrapolar datos?

**Nota:** Según los científicos de NASA (<http://data.giss.nasa.gov/gistemp/>), el índice de temperatura de tierra-oceano, proporciona una representación más realista de las tendencias globales medias en temperatura del planeta comparada con los datos basados en estaciones meteorológicas. Pero a la vez, dicha estimación subestima ligeramente las tendencias de calentamiento o enfriamiento global, debido a que el agua tiene una mayor capacidad calórica que el aire de la superficie terrestre. El océano tiene un efecto amortiguador (retardador) en la velocidad de los procesos que inciden en los cambios en temperatura y por ende en el aumento de la temperatura global.

Por otro lado, las anomalías en temperatura media del aire (estimadas a partir de datos recolectados en estaciones meteorológicas) sobrestiman las tendencias, ya que no consideran el efecto moderador de los océanos; los cuales cubren aproximadamente dos terceras partes del planeta.

### Aplicaciones a toma de decisiones

**¿Cómo utilizaría usted los resultados del análisis realizado para planificar sus acciones de gestión en los próximos 20, 50, 100 años?**

1. ¿Cuál sería su recomendación al ente encargado de registrar datos meteorológicos de su región?
2. ¿Cómo utilizaría los datos analizados para cumplir con el Principio 8 del enfoque ecosistémico: “Se deben establecer objetivos a largo plazo en la gestión de los ecosistemas”.
3. ¿Cómo utilizaría los datos analizados para cumplir con el Principio 9 del enfoque Ecosistémico?: “En la gestión debe reconocerse que el cambio es inevitable”.

### Referencias:

Brian Martin. [The globalisation of scientific controversy](http://www.bmartin.cc/pubs/08globalization.html). *Globalization*, Vol. 7, No. 1, 2008. Disponible en: <http://www.bmartin.cc/pubs/08globalization.html>. Visitado 25 julio 2012.

Brian Martin. Strategies for alternative science. In Scott Frickel and Kelly Moore (eds.), *The New Political Sociology of Science: Institutions, Networks, and Power* (Madison, WI: University of Wisconsin Press, 2006), pp. 272-298. Disponible en: <http://www.bmartin.cc/pubs/06Frickel.html>. Visitado 25 julio 2012.

Brian Martin. [Science: contemporary censorship](http://www.bmartin.cc/pubs/01cescience.html). In: Derek Jones (ed.), *Censorship: A World Encyclopedia*, Volume 4 (London: Fitzroy Dearborn, 2001), pp. 2167-2170. Disponible en: <http://www.bmartin.cc/pubs/01cescience.html>. Visitado 25 julio 2012.

Brian Martin and Sharon Beder. [The arrogance of scientists](http://www.bmartin.cc/pubs/93crrarrog.html). *Chain Reaction*, No. 68, February 1993, pp. 16-17. [special issue guest edited by Sharon Beder and Brian Martin]. Disponible en: <http://www.bmartin.cc/pubs/93crrarrog.html>. Visitado 25 julio 2012.

Brian Martin. 1992. Scientific fraud and the power structure of science of science. *Prometheus*, Vol. 10, No. 1, June 1992, pp. 83-98 1992. Disponible en: <http://www.bmartin.cc/pubs/92prom.html>. Visitado 25 julio 2012.

Hansen, J., Mki. Sato, P. Kharecha, and K. von Schuckmann. 2011. Earth's energy imbalance and implications. *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 13421-13449. Disponible en [http://pubs.giss.nasa.gov/docs/2011/2011\\_Hansen\\_etal.pdf](http://pubs.giss.nasa.gov/docs/2011/2011_Hansen_etal.pdf). Visitado 25 julio 2012.

Hansen, J., R. Ruedy, Mki. Sato, and K. Lo. 2010. Global surface temperature change. *Rev. Geophys.*, 48, RG4004. Disponible en [http://pubs.giss.nasa.gov/docs/2010/2010\\_Hansen\\_etal.pdf](http://pubs.giss.nasa.gov/docs/2010/2010_Hansen_etal.pdf). Visitado 25 julio 2012.

Hansen, J., D. Johnson, A. Lacis, S. Lebedeff, P. Lee, D. Rind, and G. Russell. 1981. Climate impact of increasing atmospheric carbon dioxide. *Science*, 213, 957-966. Disponible en: [http://pubs.giss.nasa.gov/docs/1981/1981\\_Hansen\\_etal.pdf](http://pubs.giss.nasa.gov/docs/1981/1981_Hansen_etal.pdf). Visitado 25 julio 2012.

Sandrine Thérèse and Brian Martin. [Shame, scientist! Degradation rituals in science](http://www.bmartin.cc/pubs/10prometheus.html). *Prometheus*, Vol. 28, No. 2, June 2010, pp. 97-110. Methods used to stigmatise and humiliate scientists. Disponible en: <http://www.bmartin.cc/pubs/10prometheus.html>. Visitado 25 julio 2012.

Fuentes González Gilbert, Azofeifa Mora Ana Beatriz, Aguilar Zumbado Susana (Ed.). 2008. Bibliografía sobre Calentamiento Global y Cambio Climático en Costa Rica. Organización para Estudios Tropicales (OET). Biblioteca – BINABITROP. Bibliografía actualizada al 30 de enero del 2008. Disponible en: <http://www.ots.ac.cr/images/downloads/information-resources/library/cambio-climatico.pdf> . Visitado 25 julio 2012.