

# **BUSQUEDA DE SERIES DE REFERENCIA PARA EL SEGUIMIENTO DE LA SEÑAL REGIONAL DEL CALENTAMIENTO GLOBAL**

**J.D. PABON \***

**RESUMEN:** Como fase inicial de un estudio de los aspectos regionales del cambio climático se presenta un análisis preliminar de las series de registros de temperaturas medias anuales para diferentes regiones y altitudes en el territorio colombiano, con el propósito de seleccionar o conformar series de referencia para hacer el seguimiento del calentamiento global y para el estudio del cambio climático en general.

## **1. Introducción**

La posibilidad de un calentamiento global, producto del reforzamiento del efecto invernadero por el incremento en la atmósfera de gases como el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y clorofluorocarbonados, entre otros, es en la actualidad una preocupación de especialistas y legos en la materia. Este calentamiento tendrá efectos en otras variables climatológicas produciendo así un cambio climático que traerá consigo importantes cambios económicos, sociales, políticos y culturales. Dada la importancia del tema, se han realizado diferentes tipos de análisis de las temperaturas medias globales y se han encontrado evidencias de una tendencia al crecimiento de la temperatura global durante los últimos 100 años. También se han efectuado algunos estudios regionales, sin embargo, para el norte de Suramérica, particularmente para el sector noroccidental donde está ubicado el territorio colombiano aún no se ha llevado a cabo este tipo de análisis. El conocimiento de las particularidades regionales de este calentamiento es valioso desde el punto de vista práctico en los siguientes aspectos:

- Ubicación del país dentro de las tendencias del calentamiento global.
- Proyecciones nacionales del calentamiento global y del cambio climático en general.
- Información real importante para el chequeo de los modelos climáticos globales.

---

\* Profesor Asistente, Departamento de Geografía, Universidad Nacional de Colombia.

### *Búsqueda de series de referencia...*

- Información estratégica para uso en la planificación de largo plazo y en la política nacional e internacional.

Considerando lo anterior, en el Departamento de Geografía de la Universidad Nacional de Colombia se inició el desarrollo del proyecto "Aspectos Regionales del Cambio Climático", que examinará en un comienzo el calentamiento sobre el territorio nacional. El análisis que se presenta a continuación es el punto de partida del proyecto mencionado.

## **2. Antecedentes**

Aunque el calentamiento natural de escala intersecular que siguió a la Pequeña Edad de Hielo empezó a finales del siglo XIX, sólo en los años 1920-1930 llamó la atención de los climatólogos como un fenómeno de escala global, cuando aparecieron algunas señales del mismo en el Artico. Poco después se encontraron claros indicios de este calentamiento en diferentes continentes por medio del seguimiento de los glaciares. Pero es en las últimas décadas que el problema despierta profunda preocupación al ponerse de manifiesto un posible componente antropogénico (reforzamiento del efecto invernadero debido a la actividad del hombre) que se sobrepone a las tendencias naturales y hace más notorio el incremento de la temperatura.

Es posible encontrar evidencias de este proceso en Colombia. Según Flórez (1992a) y Flórez (1992b), actualmente los glaciares están por encima de los 4750 metros sobre el nivel del mar lo cual representa un retroceso de un poco más de 500 metros en 140 años aproximadamente. Este retroceso al parecer ha sido más acelerado durante las dos últimas décadas (Flórez, 1992a).

No obstante estas evidencias, es de gran importancia cuantificar la tasa de crecimiento de la temperatura con datos provenientes de mediciones directas. En algunas regiones del planeta se dispone de datos obtenidos por medición instrumental directa sobre diferentes elementos climatológicos para los últimos 120 años. Con base en esta información se ha analizado el comportamiento de la temperatura media global y la de los hemisferios norte y sur, separadamente (Jones y otros, 1986a, 1986b; Hansen & Lebedeff, 1987; Vinnikov y otros, 1987). Aunque se observan algunas diferencias en el comportamiento de la temperatura en los dos hemisferios, hay una clara tendencia al incremento de la misma. En el hemisferio norte el aumento de la temperatura media es de

aproximadamente  $0.5^{\circ}\text{C}$  a partir de mediados del siglo pasado hasta 1991. Para el hemisferio sur el incremento es un tanto mayor. Un análisis realizado por WMO/UNEP (1992) muestra que los años 80 fueron los más cálidos (con un incremento de  $0.2^{\circ}\text{C}$ ) del período de registro instrumental. Los años más cálidos en orden descendente fueron 1990, 1991, 1988 y 1987.

Al analizar detenidamente los gráficos presentados en el informe WMO/UNEP (1992) sobre el comportamiento de la temperatura para diferentes continentes, no se observa la tendencia al calentamiento en todas las regiones y en la zona tropical es difícil encontrar tendencia alguna. Al parecer, el incremento de la temperatura es mayor en las latitudes medias y altas que en las bajas, lo cual estaría acorde con las condiciones observadas durante los períodos de calentamiento global del pasado, cuando el menor incremento de la temperatura se dio en la zona tropical. Esto también está acorde con los resultados de los modelos numéricos que predicen una menor magnitud del calentamiento en la zona tropical.

En territorio colombiano, a pesar de que se realizaron mediciones directas de temperatura del aire desde la última década del siglo XVII (Academia Colombiana de Ciencias, 1987), se dispone de registros continuos y confiables sólo para unas cuantas estaciones y para un período máximo de 50 años (a partir de 1930 o 1940 aproximadamente). No obstante, es necesario probar metodologías de análisis que permitan utilizar estas series en estudios de cambio climático.

### **3. Materiales y métodos**

Como base del análisis se tomarán los datos de la temperatura media anual de las estaciones meteorológicas del HIMAT (Tabla 1) que presentan el mayor período de registro instrumental y están ubicadas en diferentes regiones geográficas y a diferentes altitudes sobre el nivel del mar. Los datos se sometieron previamente al análisis de verificación rutinario en todo estudio climatológico. Sin embargo, se presentarán las series originales de datos con el fin de mostrar los problemas que tiene cada una de ellas, argumentar su corrección y establecer la metodología para conformar una o varias series de referencia que permitan hacer el seguimiento del calentamiento sobre el territorio colombiano.

### *Búsqueda de series de referencia...*

Tabla 1. Lista de estaciones utilizadas en el análisis preliminar

Lugar	Estación	Alt.	Lat.	Long.	P.Obser.
Pasto	Obonuco	2710	0114	7716	57-93
Tunja	U.P.T.C.	2690	0534	7322	68-93
Bogotá	O.M.N.	2556	0438	7405	41-93
Tibaitatá	Tibaitatá	2540	0437	7404	71-93
Medellín	a. O.Herrera	1490	0613	7536	41-93
Palmira	ICA	1000	0325	7631	32-93
Villaviciencio	a. Vanguardia	423	0410	7337	45-93
Cartagena	a. R.Nuñez	2	1027	7531	41-93

Para el análisis de la calidad de las series y con el fin de conformar las secuencias de referencia buscadas se utilizarán las propiedades de la variabilidad climática: el comportamiento similar de los elementos climatológicos en la gran escala espacial y temporal. Por ello, en este trabajo se buscará fundamentar las propiedades de la variabilidad climática en nuestro medio y así utilizarlas como base para la comparación de series, para la generación de datos faltantes, para el análisis de homogeneidad y para la conformación de series completas.

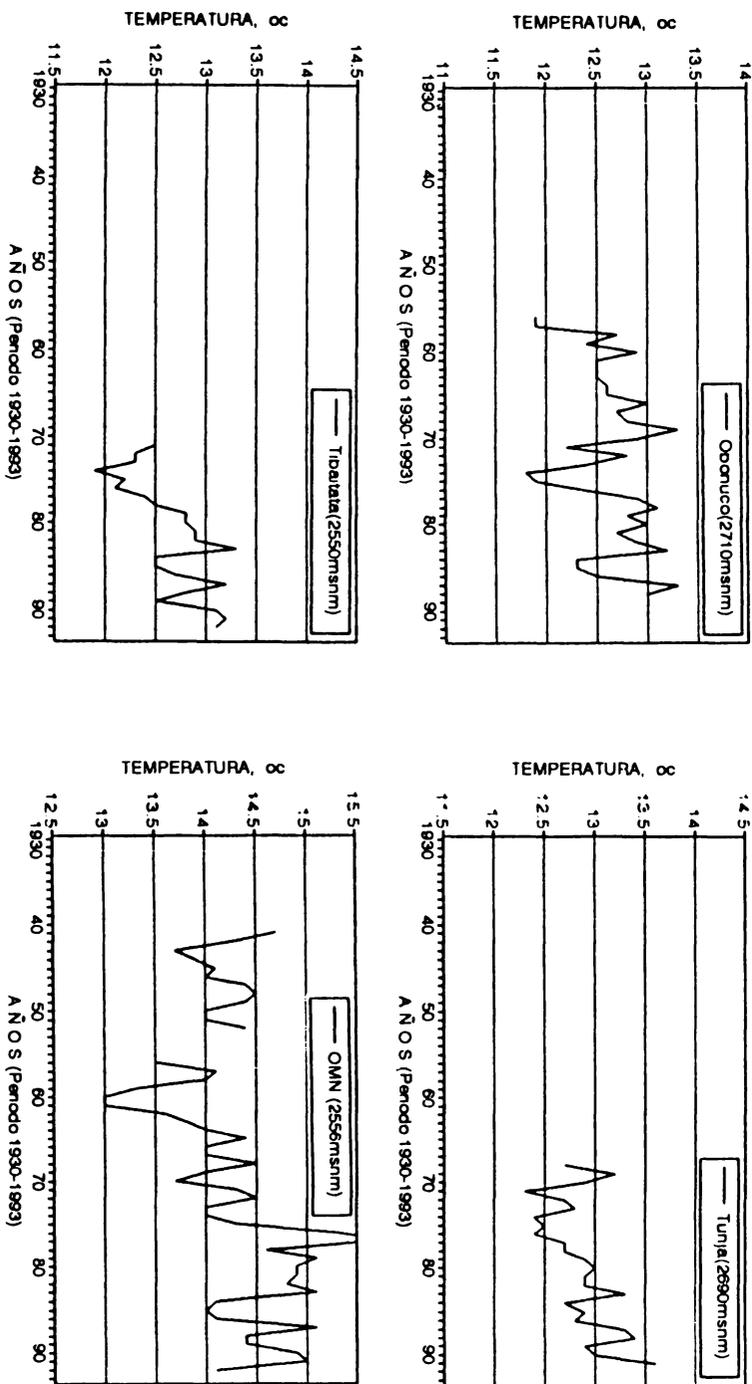


Figura 1. Comportamiento de las temperaturas medias anuales en estaciones sobre los 2500 metros sobre el nivel del mar

Búsqueda de series de referencia...

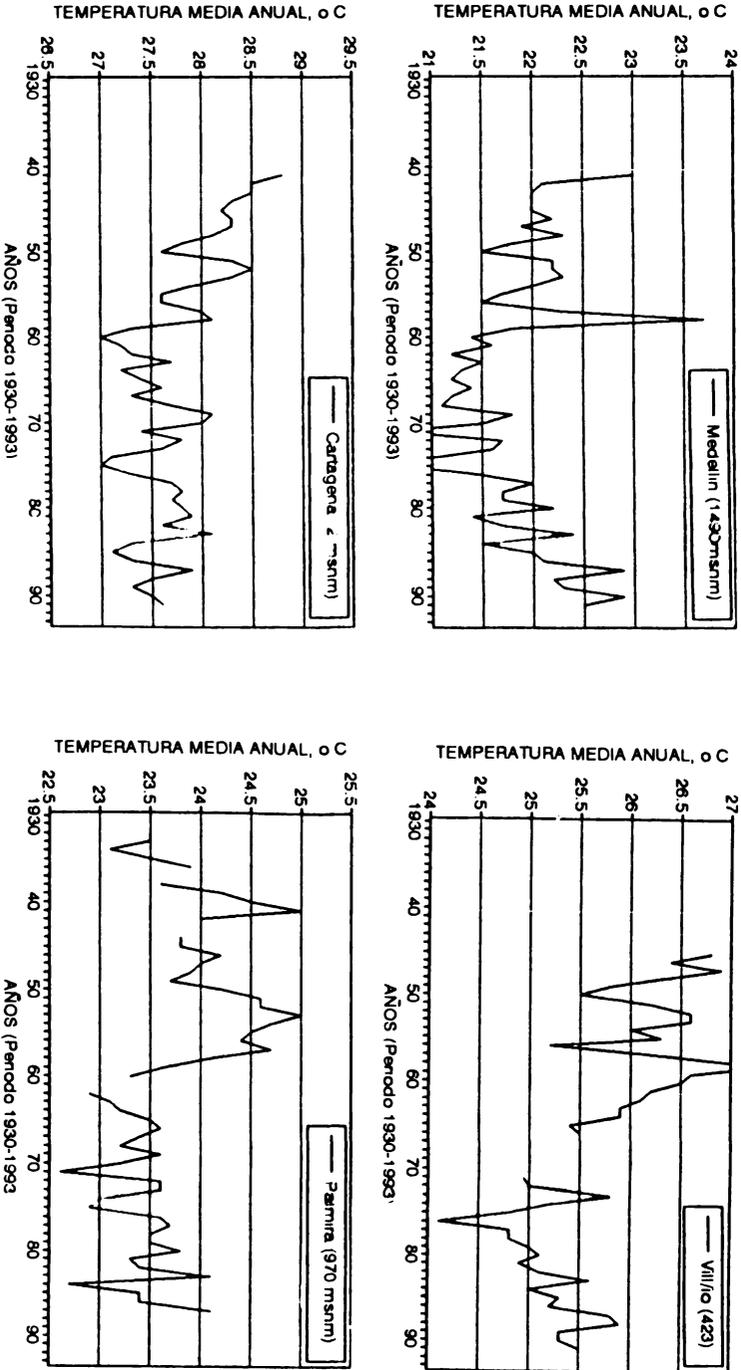


Figura 2. Comportamiento de las temperaturas medias anuales en estaciones por debajo de los 1500 metros sobre el nivel del mar

#### **4. Análisis y discusión**

En la Figura 1 se presentan las secuencias de temperaturas medias del aire (datos originales) registradas en las estaciones meteorológicas mencionadas en la Tabla 1. El simple análisis visual permite fácilmente encontrar las oscilaciones de la variabilidad climática interanual. No es difícil también constatar que las variaciones se dan al mismo tiempo en las diferentes estaciones del territorio nacional, lo que destaca una de las características de la variabilidad climática interanual: su gran escala espacial. Se hace énfasis en este aspecto ya que, como se anotó ya, precisamente esta característica será una de las bases para rellenar datos faltantes, reconstruir series y componer las series de temperaturas lo suficientemente largas para el análisis de la señal regional del calentamiento global.

A pesar de que es posible ver claramente las señales de la variabilidad interanual de las temperaturas medias anuales y se puede constatar el sincronismo de estas en diferentes lugares del territorio nacional, las series presentan diferentes problemas que hay que solucionar antes de cualquier análisis. En primer lugar, en algunas de las secuencias presentadas en la Figura 1, se encuentran amplitudes cercanas a los 2°C y más. Generalmente, la amplitud de las oscilaciones de la variabilidad interanual de las temperaturas medias anuales son del orden de 1°C, aunque en algunos casos, pueden llegar cerca a los 1.5°C. También se pueden apreciar cambios bruscos en algunas de las series, lo cual no es natural para este tipo de series. De otro lado, en algunas de estas se encuentran problemas de tendencia relacionadas con intervenciones.

El análisis detallado del comportamiento general de las temperaturas para cada estación permite encontrar las siguientes particularidades:

- En la serie de Medellín (aeropuerto Olaya Herrera) hay una marcada tendencia al incremento de las temperaturas a partir de los años 70s. La magnitud de este crecimiento (aprox. 2°C en 20 años) no es natural ya que esto no se observa en otras estaciones. Al parecer esto es el efecto de la urbanización. La pendiente de este incremento es más marcada a finales de los 70s y comienzos de los 80s. También es posible encontrar un dato fuera de serie en 1958.
- La serie de temperaturas medias anuales de Villavicencio tiene serios problemas a comienzos de los años 60s. Al parecer hay dos períodos

### *Búsqueda de series de referencia...*

de observación; uno, a partir de 1969, corresponde a la iniciación del Servicio Colombiano de Meteorología e Hidrología (SCMH). También se observa una marcada tendencia al incremento a partir de los años 70s, la cual por su magnitud está fuera de rango de los procesos naturales.

- Las series cortas de Tunja y Tibaitatá presentan un ligero incremento de las temperaturas a partir de los 70s. En este caso el incremento es menor que el observado para Medellín y Villavicencio. Sin embargo, es necesario, analizar más detenidamente estas tendencias ya que en la serie original de la estación OMN no se vislumbra ningún incremento para este período.
- En las series de Cartagena, Palmira, OMN y Obonuco no se observan tendencias como en las estaciones ya analizadas. Sin embargo las tres primeras presentan varios períodos de observación cada una. Así, por ejemplo, la estación OMN parece tener tres períodos: desde 1940 hasta mediados de los 50s, desde mediados de los 50s hasta mediados de los 60s y, un último, desde mediados de los 60s hasta nuestros días. En el caso de Palmira, parece que hay también tres períodos: hasta comienzos de los 40s, desde estos hasta comienzos de los 60s y a partir de esa época hasta nuestros días. La secuencia de Cartagena presenta una división en los años 50s.

Las tendencias encontradas podrían ser la resultante de un proceso global y otro de intervención local. Si realmente existe un componente global actuando, éste se debería poner de manifiesto en todas las secuencias analizadas. Sin embargo esto no es así. Posiblemente, estas series estén afectadas por algún factor local. Pero dada la dificultad de aislar confiablemente los componentes globales y locales de las tendencias de las series que las presentan, su reconstrucción es poco confiable.

Sólo las series de Cartagena, Palmira y la del OMN no presentan intervenciones como las anteriores que llevan a una tendencia al incremento de la temperatura. En estas se observa otro tipo de intervención que está más o menos clara (diferentes períodos de observación) y puede ser corregida con mayor grado de confianza, mediante el análisis detallado de la historia de cada estación que permita establecer con exactitud el comienzo y el fin de los diferentes períodos de observación. En este caso, una reconstrucción confiable podría ser posible.

## 5. Conclusiones

El análisis anterior permite concluir lo siguiente:

- Las secuencias de temperaturas medias anuales del aire tienen bien marcadas las señales de la variabilidad interanual, las cuales se presentan sincrónicamente en diferentes puntos del territorio nacional. Esto hace posible la verificación y complementación de las series mediante su comparación.
- Sólo las series de Cartagena, Palmira y OMN podrían ser reconstruidas, previo análisis detallado de la historia de cada una de las estaciones.
- En este análisis preliminar, la serie de Obonuco, no presenta los problemas del resto de series, por lo tanto podría ser utilizada para verificación de las demás series y en el seguimiento de la señal regional del calentamiento global.

## Referencias bibliográficas

- Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, (1978). *Cartas de Caldas*. Bogotá, Colombia, 425 páginas.
- Flórez A., (1992a). "Los glaciares residuales de Colombia. Enfoque geohistórico y situación actual". *Zenit*, 3, pp.35-45.
- Flórez A., (1992b). "Los nevados de Colombia, glaciares y glaciaciones". *Análisis Geográficos*, 22, IGAC, Santafé de Bogotá, 95p.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, (1992). "Cambio Climático. Evaluación Científica". Informe preparado para el IPCC por el Grupo de Trabajo B1. (Versión española de la edición inglés de J.T. Houghton, G.J. Jenkins y J.J. Ephraums, Cambridge University Press). Instituto Nacional de Meteorología. Madrid. p.397.
- Hansen J., Lebedeff S., (1987). "Global trends of measured surface air temperature". *J. Geophys. Res.*, 92, pp.13345-13372.

*Búsqueda de series de referencia...*

Jones P.D., Raper S.C.B., Bradley R.S., Diaz H.F., Kelly P.M., Wigley T.M.L., (1986a). "Northern Hemisphere surface air temperature variations, 1851-1984". *J. Clim. Appl. Met.*, 25, pp.161-179.

Jones P.D., Raper S.C.B., Bradley R.S., Diaz H.F., Kelly P.M., Wigley T.M.L., (1986b). "Southern Hemisphere surface air temperature variations, 1851-1984". *J. Clim. Appl. Met.*, 25, pp.1213-1230.

Vinnikov K.Y., Groisman P.Y., Lugina K.M., Golubev A.A., (1987). "Variations in Northern hemisphere mean surface air temperature over 1881-1985". *Meteorologiya i Gidrologiya*, 1, pp. 45-53. (en ruso)

WMO/UNEP, (1992). The Global Climate System. Climate System Monitoring, December 1988 - May 1991. Geneva.