

Análisis del cambio de temperatura en Bogotá, D.C., durante los últimos 20 años

Temperature change in Bogotá, D.C., last 20 years

MARLA ALESSANDRA DÁVILA RAMÍREZ¹ - JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS²

1. Ingeniera civil. Maestría en Ingeniería Civil con énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente.
2. Ingeniero civil. MEEE. Profesor titular de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

marla_davila1@hotmail.com – jairo.romero@escuelaing.edu.co

Recibido: 20/08/2014 Aceptado: 30/09/2014
Disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>



Resumen

En este artículo se presenta un análisis de la variación de las temperaturas máximas, medias y mínimas mensuales de seis estaciones ubicadas en la ciudad de Bogotá, D.C., durante los periodos 1993-2002 y 2003-2012⁽¹⁾.

Palabras claves: cambio climático, temperatura ambiente, variación de temperatura.

Abstract

This article presents an analysis of the variation in maximum, mean and minimum monthly temperatures in six stations located in Bogotá D.C., during the 1993-2002 and 2003-2012 periods.

Keywords: climate change; ambient temperature; temperature variation.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta el resultado del análisis de la variación de las temperaturas máximas, medias y mínimas mensuales de seis estaciones meteorológicas de la ciudad de Bogotá, ubicadas en las localidades de Barrios Unidos, Engativá, Teusaquillo, Kennedy, Suba y Tunjuelito, durante los periodos 1993-2002 y 2003-2012, hecho con base en datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

ANTECEDENTES

Se ha considerado que la edad de la Tierra es de unos 4.470 millones de años $\pm 1\%$ ⁽²⁾, tiempo en el cual ha sufrido grandes cambios climáticos. Han ocurrido glaciales y épocas de clima cálido que han modificado a todas las formas de vida. Cabe destacar que los cambios climáticos no ocurren de la noche a la mañana sino en periodos prolongados⁽³⁾.

Desde el comienzo de los tiempos, el ser humano ha buscado satisfacer sus necesidades creando nuevas técnicas y tecnologías. Estas invenciones han generado los llamados gases de efecto invernadero (GEI): dióxido de carbono, clorofluorocarbonos, metano y óxido nitroso. Se ha encontrado que desde la década de los cincuenta se han incrementado notablemente las emisiones de CO₂, aumentando lo que había antes de la revolución industrial, de 280 partes por millón a aproximadamente 380 ppm en el año 2005⁽⁴⁾.

En 1988 se fundó el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por su sigla en inglés), el cual manifiesta la necesidad de crear una convención en la que se planteen medidas para controlar las temperaturas y así reducir el calentamiento global. En 1992 nació la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC o UN-FLCC), y en 1997 se realizó un anexo a este tratado, llamado Protocolo de Kioto, mediante el cual se introdujeron medidas de control⁽³⁾.

En el último informe publicado por el IPCC, en febrero de 2007, se afirma que once de los últimos doce años han sido los más calientes desde 1850, y que de 1901 a 2005 las temperaturas han aumentado en 0,74 °C, lo cual conduce a que el nivel del océano crezca, subiendo el nivel del agua en 3,1 mm/año entre 1993 y 2003. En el año 2007, el IPCC dedujo que para

las próximas dos décadas las temperaturas aumentarán en 0,2 °C/década debido a las grandes emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Para el año 2100 el aumento de la temperatura promedio oscilará entre 1,8 y 4 °C⁽³⁾.

En el último informe de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) se manifiesta que el 2012 ha sido uno de los años más cálidos de las últimas décadas, ubicándose en el noveno lugar entre los diez años más cálidos jamás registrados. Entre enero y diciembre de 2012, la temperatura anual mundial de la superficie de la Tierra y del océano fue superior en $0,45 \pm 0,11$ °C a la media de 14,0 °C, correspondiente al periodo 1961-1990. Estas temperaturas se sintieron más que todo en Norteamérica, el sur de Europa, el oeste de Rusia, en algunas partes del norte de África y en la zona septentrional de Suramérica⁽⁵⁾.

Los últimos estudios realizados por el Ideam arrojan que 1998 fue el año más caliente del periodo 1960 - 2011, con una temperatura promedio superficial de 22,85 °C. Además, entre los 20 años más calientes, nueve forman parte del decenio 2001-2010. La temperatura en el periodo 2001-2010 ha sido de 22,36 °C y en el periodo 1991-2000 de 22,23 °C, un incremento de 0,13 °C⁽⁶⁾.

METODOLOGÍA

1. Se recolectó la información necesaria para construir una base de datos de temperaturas máximas, medias y mínimas mensuales de seis estaciones meteorológicas de Bogotá, D.C., con los registros del Ideam, para los años de 1993 a 2012.
2. Teniendo los datos de las seis estaciones se calculó la media muestral por mes de las temperaturas máximas, media y mínima de cada año desde 1993 hasta 2012.
3. Se calculó la variación de temperatura en cada mes para el periodo 1993 - 2002 y para el periodo 2003-2012.
4. Se calculó el promedio del año con las temperaturas mensuales para así hallar la temperatura anual máxima, media y mínima de los periodos 1993-2002 y 2003-2012.
5. Se calculó la variación de los promedios anuales de temperatura máxima, media y mínima para cada decenio.

6. Se calculó la probabilidad de ocurrencia de la temperatura máxima, media y mínima para los periodos 1993 - 2002 y 2003 - 2012.
7. Se calculó la relación de la precipitación de las seis estaciones con las temperaturas máximas, medias y mínimas.

RESULTADOS

A continuación se muestran las temperaturas máximas, medias y mínimas mensuales promedio de cada mes para el periodo 1993-2002 y para el periodo 2003-2012 (figuras 1 a 3).

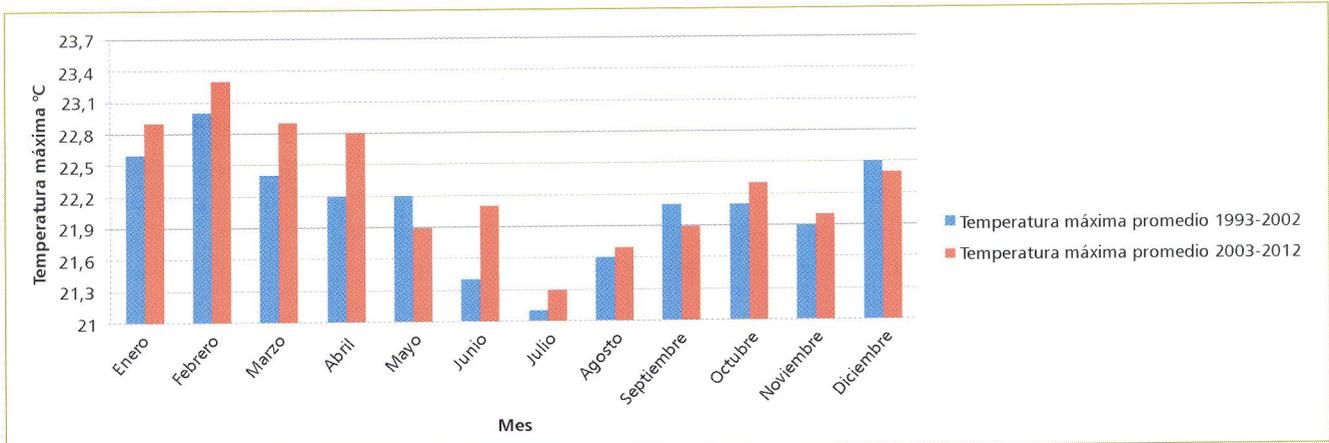


Figura 1. Temperatura máxima mensual promedio, periodos 1993-2002 y 2003-2012.

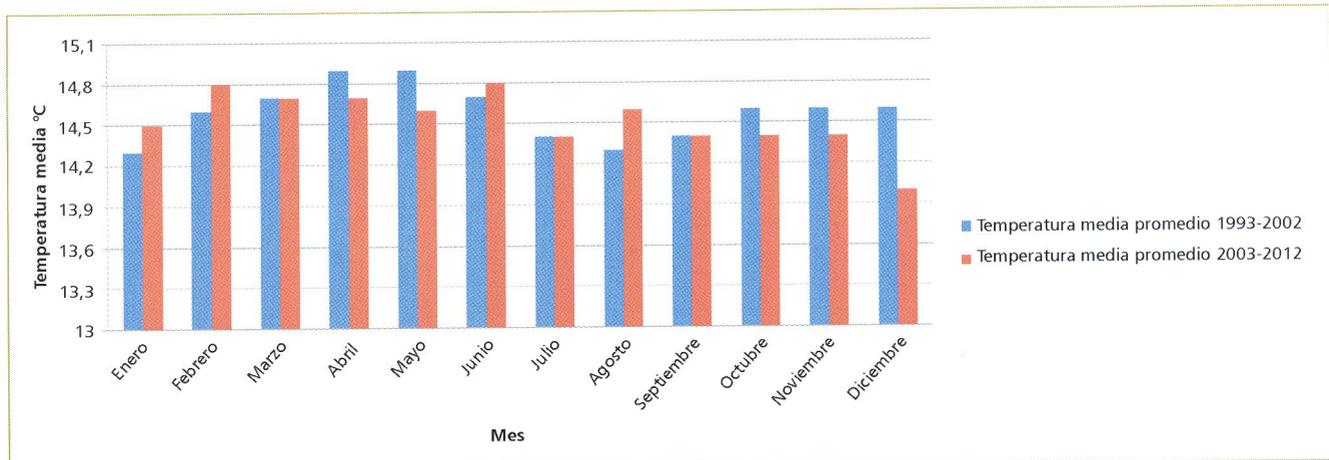


Figura 2. Temperatura media promedio, periodos 1993-2002 y 2003-2012.

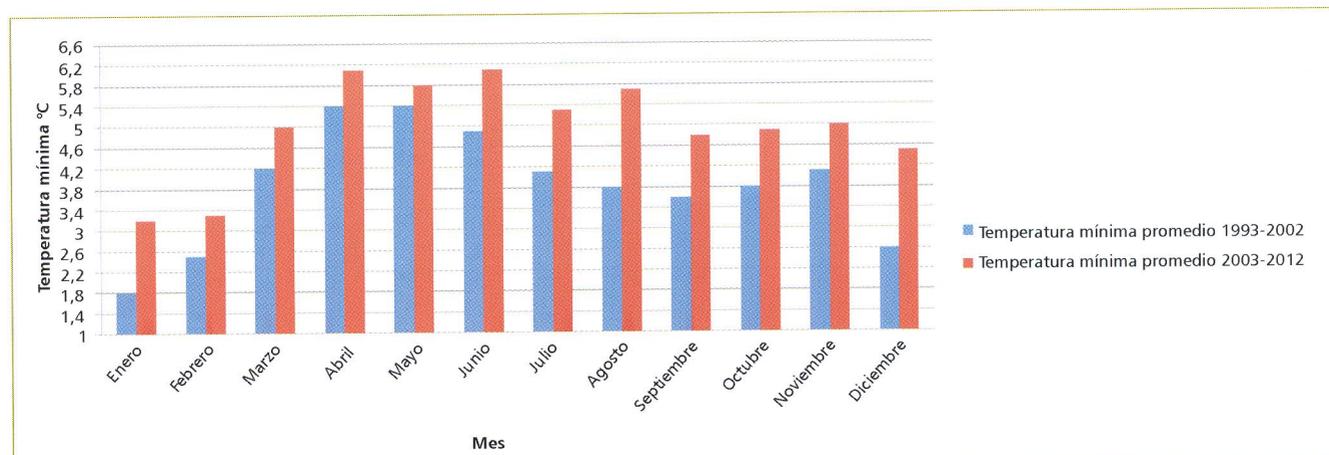


Figura 3. Temperatura mínima promedio, periodos 1993-2002 y 2003-2012.

Las temperaturas máximas mensuales (figura 1) para el periodo 2003-2012 son superiores a las del periodo 1993-2002, excepto en los meses de mayo, septiembre y diciembre.

Las temperaturas medias mensuales (figura 2) en ambos decenios han sido similares. En la mayoría de los meses se observa una disminución de temperatura, excepto en enero, febrero, junio y agosto.

Las temperaturas mínimas mensuales (figura 3) en todos los meses del decenio 2003-2012 son superiores a las del periodo 1993-2002.

Solamente las temperaturas mínimas mensuales del primer decenio son siempre inferiores a las del segundo decenio. En nueve de los doce meses del año, las

temperaturas máximas mensuales son inferiores en el segundo decenio. Por el contrario, en ocho de los doce meses del año las temperaturas medias mensuales son inferiores en el segundo decenio.

Las temperaturas máximas promedio anuales del periodo 1993-2002 se observan en la figura 4. Los años 1995, 1997, 1998, 2001 y 2002 han sido los más calientes de dicho decenio, debido probablemente al fenómeno del Niño.

Las temperaturas máximas promedio anuales del periodo 2003-2012 se muestran en la figura 5. Se observa que los años más cálidos de este decenio son 2003, 2005, 2006, 2007 y 2010.

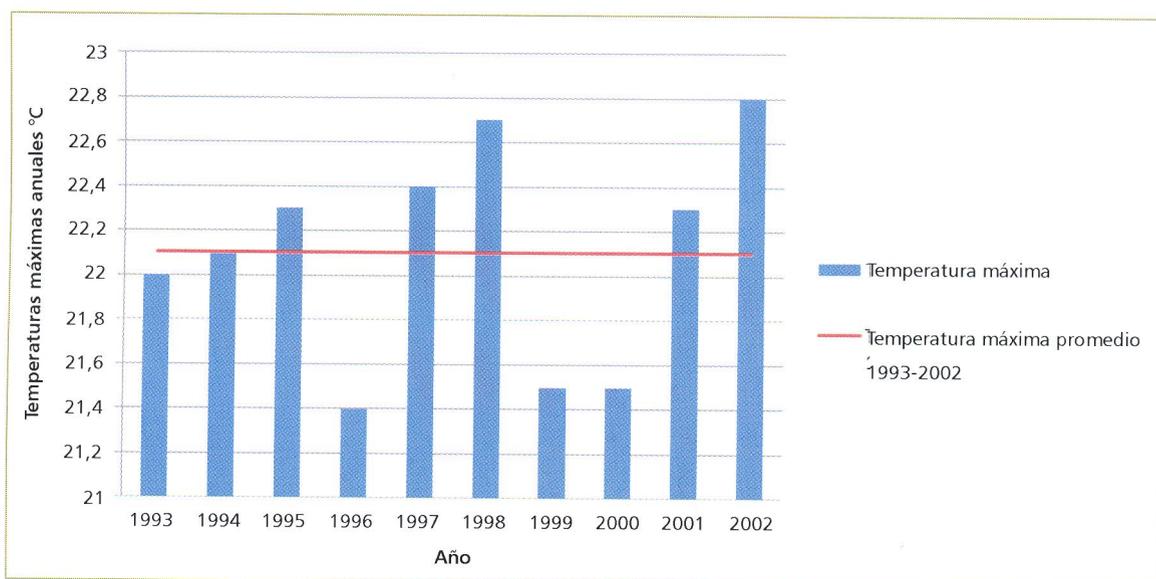


Figura 4. Temperaturas máximas promedio anual, periodo 1993-2002.

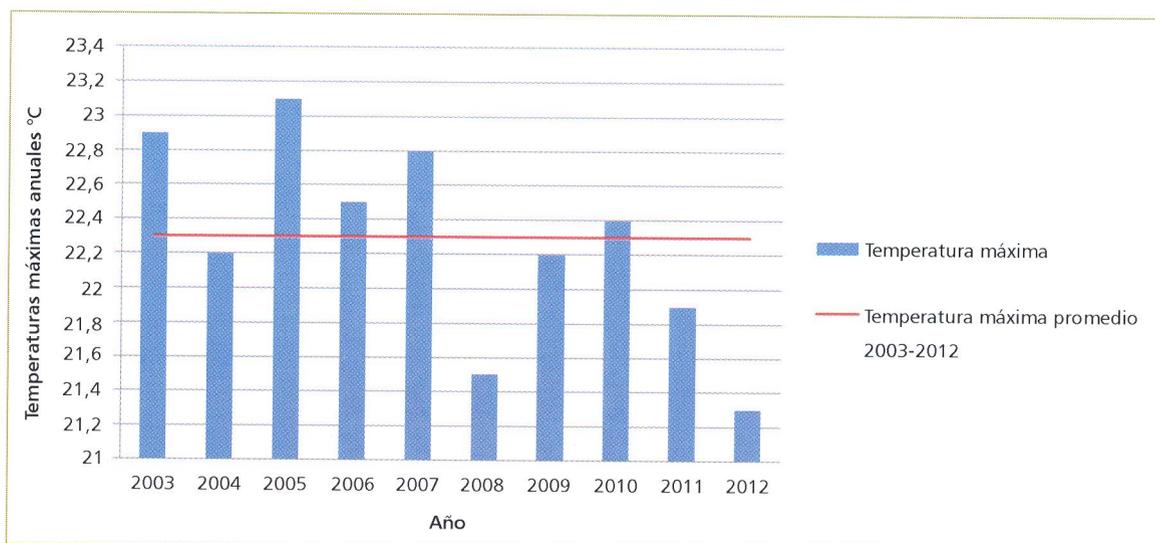


Figura 5. Temperaturas máximas promedio anual, periodo 2003-2012.

Las temperaturas medias anuales del periodo 1993 - 2002 se observan en la figura 6. Los años 1997, 1998, 2001 y 2002 son los más calientes de este decenio, debido probablemente al fenómeno del Niño.

A continuación se observan las temperaturas medias anuales desde 2003 hasta 2012. Los años 2003, 2005, 2006, 2007, 2009 y 2010 son los de mayor temperatura en el periodo (figura 7).

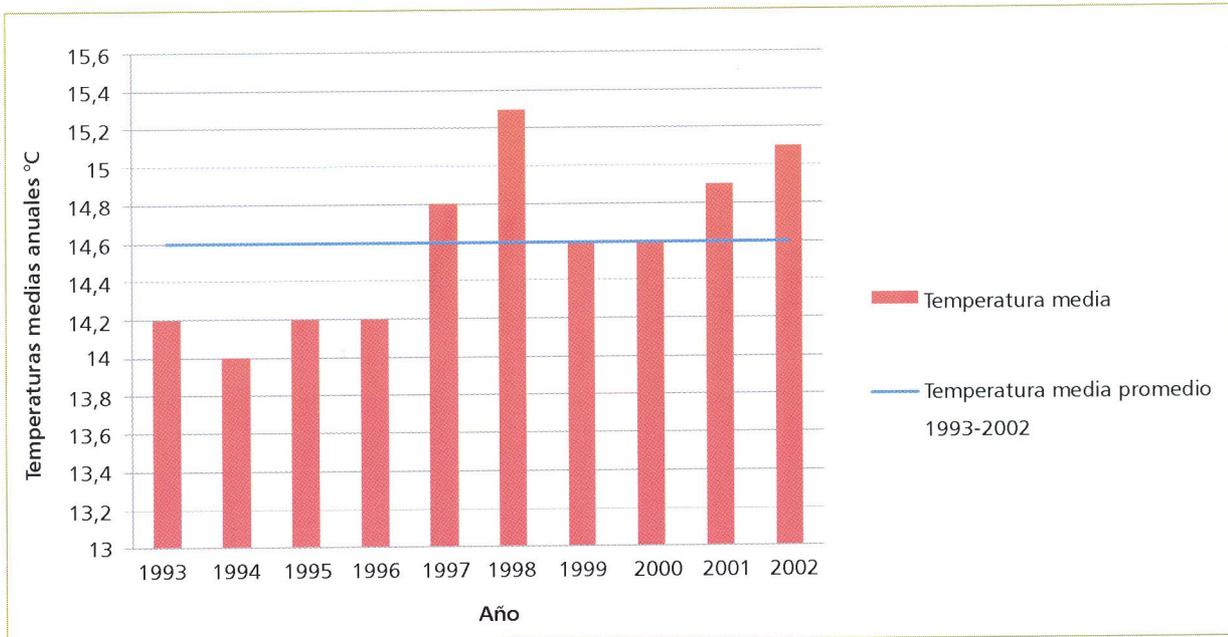


Figura 6. Temperaturas medias promedio anual, periodo 1993-2002.

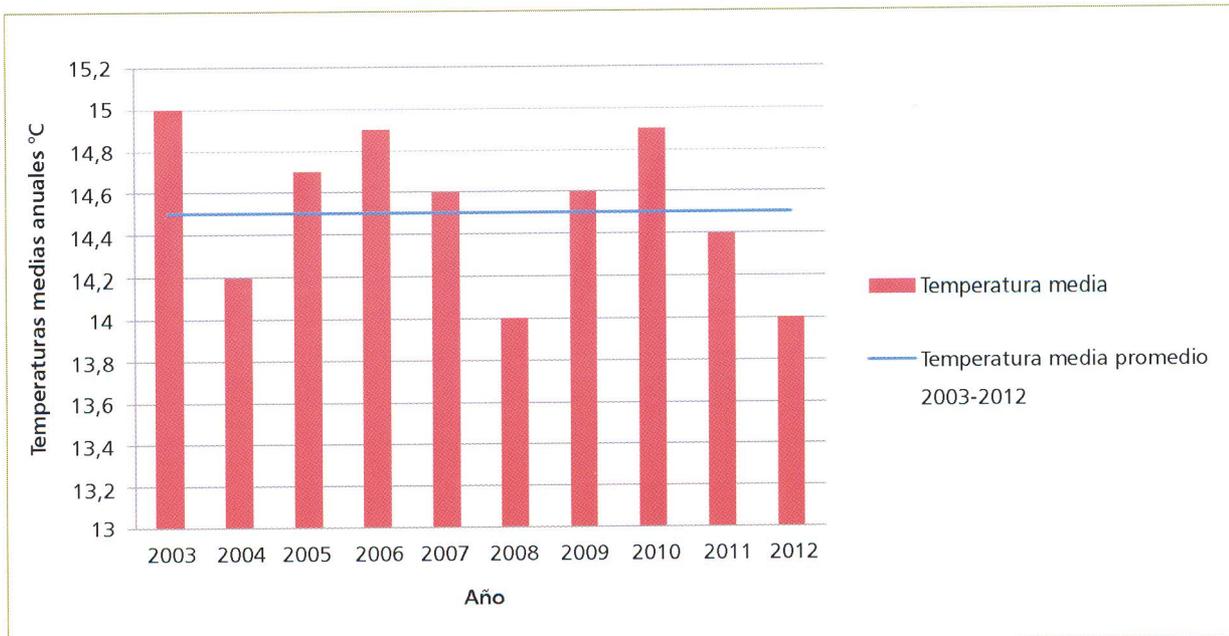


Figura 7. Temperaturas medias promedio anual, periodo 2003-2012.

Las temperaturas mínimas anuales del periodo 1993 - 2002 aparecen en la figura siguiente (figura 8). Se aprecia que 1994 y 1995 son los años más fríos del decenio.

Las temperaturas mínimas anuales del periodo 2003-2012 se muestran en la figura 9, en la que se observa que los años 2006, 2009, 2010 y 2011 son los años menos fríos del decenio.

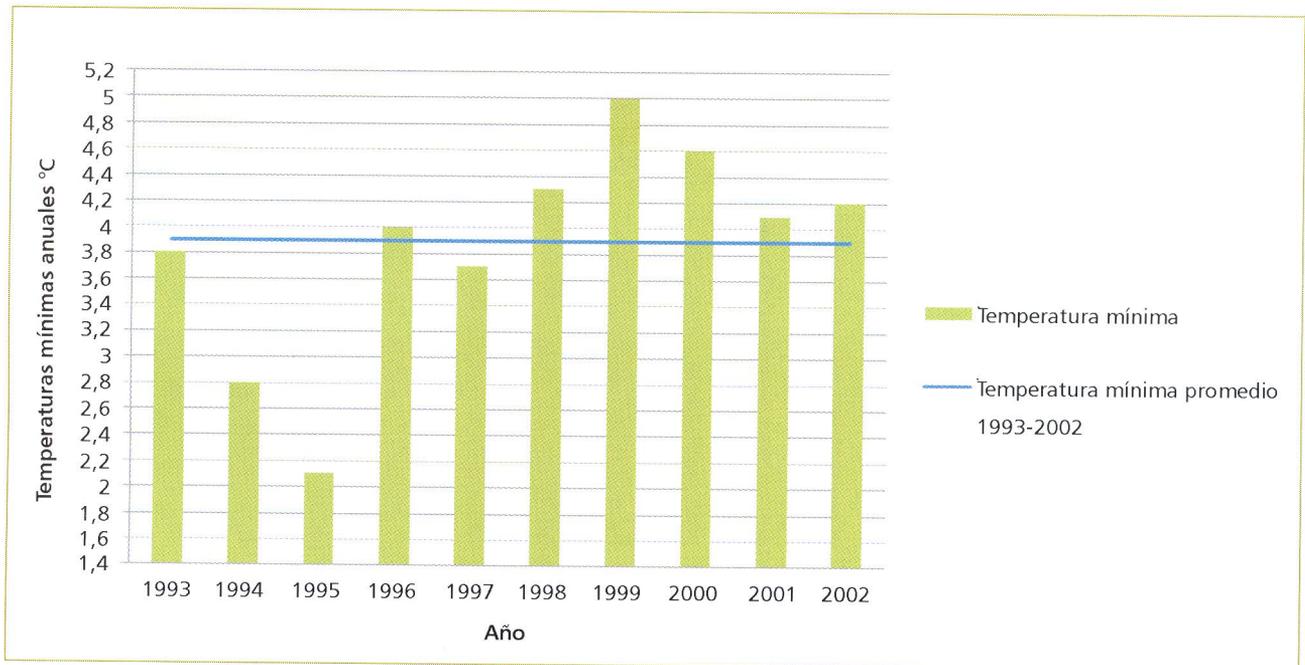


Figura 8. Temperaturas mínimas promedio anual, periodo 1993-2002.

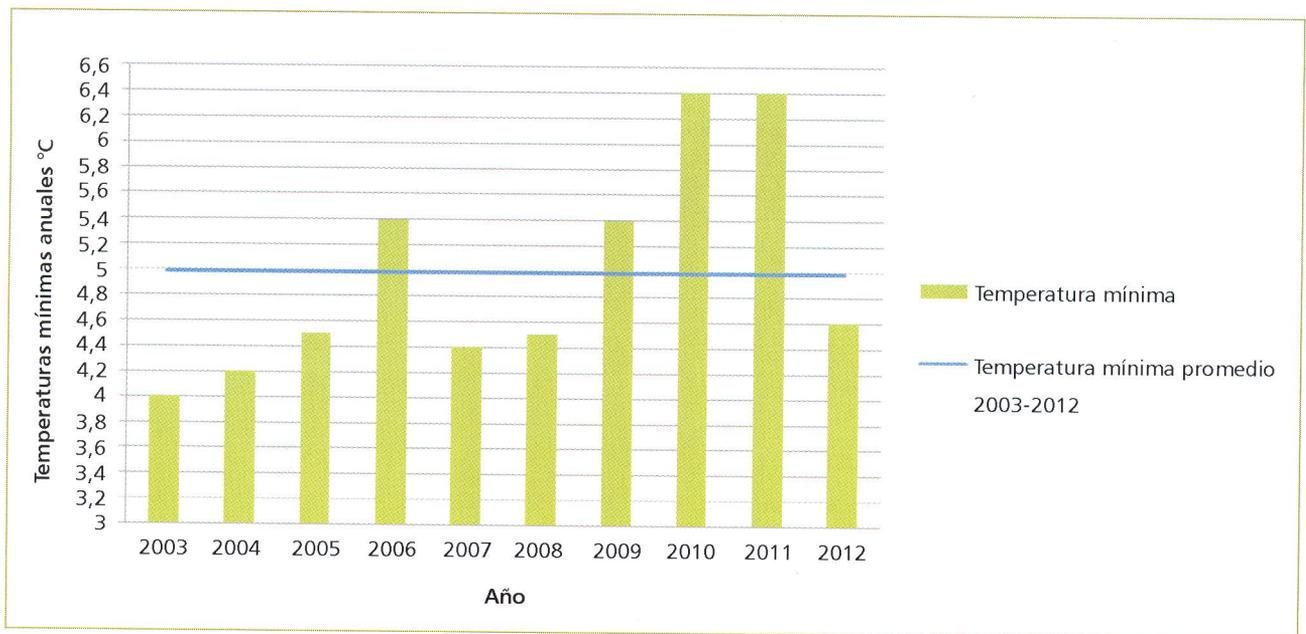


Figura 9. Temperaturas mínimas promedio anual, periodo 2003-2012.

Como se puede apreciar (figura 10) el promedio de las temperaturas máximas del decenio 2003-2012 es superior al promedio de las temperaturas máximas del decenio 1993-2002 en 0,2 °C, valor que no significa que haya existido un calentamiento notorio.

Así mismo, se puede observar que las temperaturas medias anuales del segundo decenio 2003-2012 son menores en 0,1 °C que las del primer decenio. Esta variación no representa tampoco un enfriamiento significativo de temperatura (figura 11).



Figura 10. Temperaturas máximas promedio anual, periodos 1993-2002 y 2003-2012.

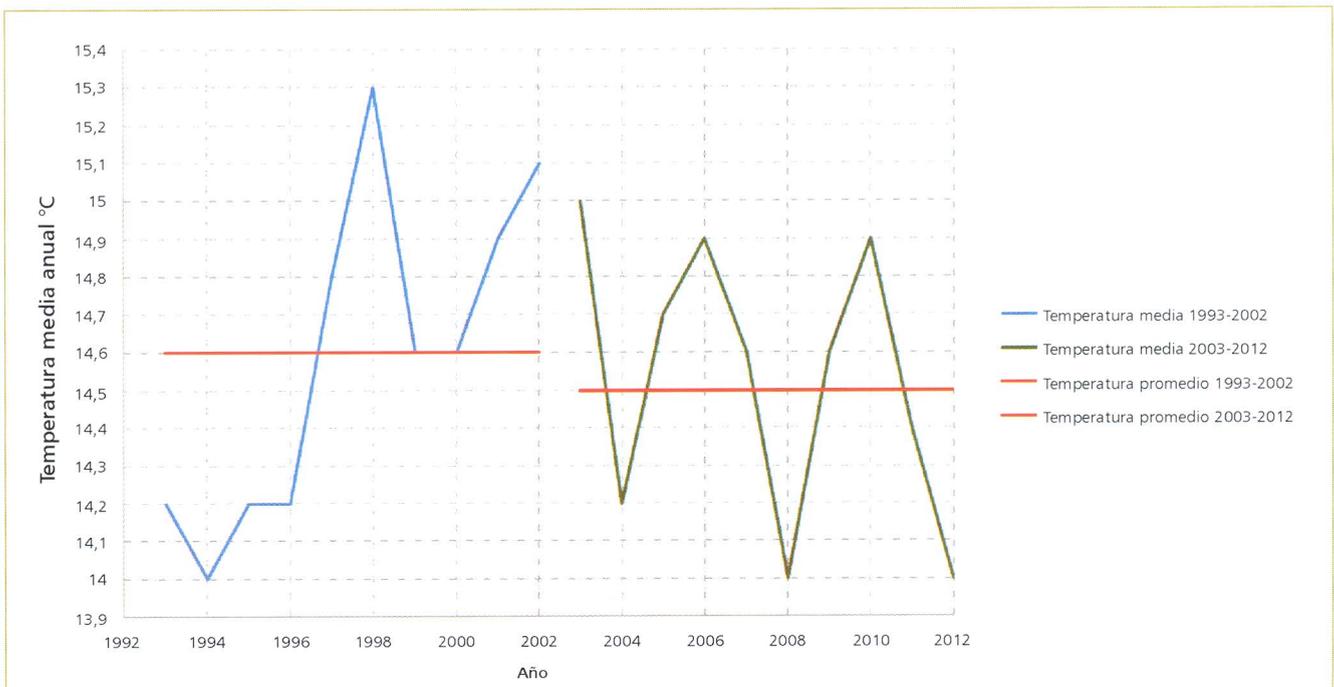


Figura 11. Temperaturas medias promedio anual, periodos 1993-2002 y 2003-2012.

A renglón seguido se muestran las temperaturas promedio mínimas anuales del periodo 1993-2002 y del periodo 2003-2012. Para el primer decenio la temperatura mínima promedio fue de 3,9 °C y para el segundo fue de 5,0 °C; es decir, un aumento de la temperatura

promedio mínima anual de 1,1 °C. Este incremento podría significar un régimen de temperatura mínima en el segundo decenio menos frío que en el primer decenio (figura 12).

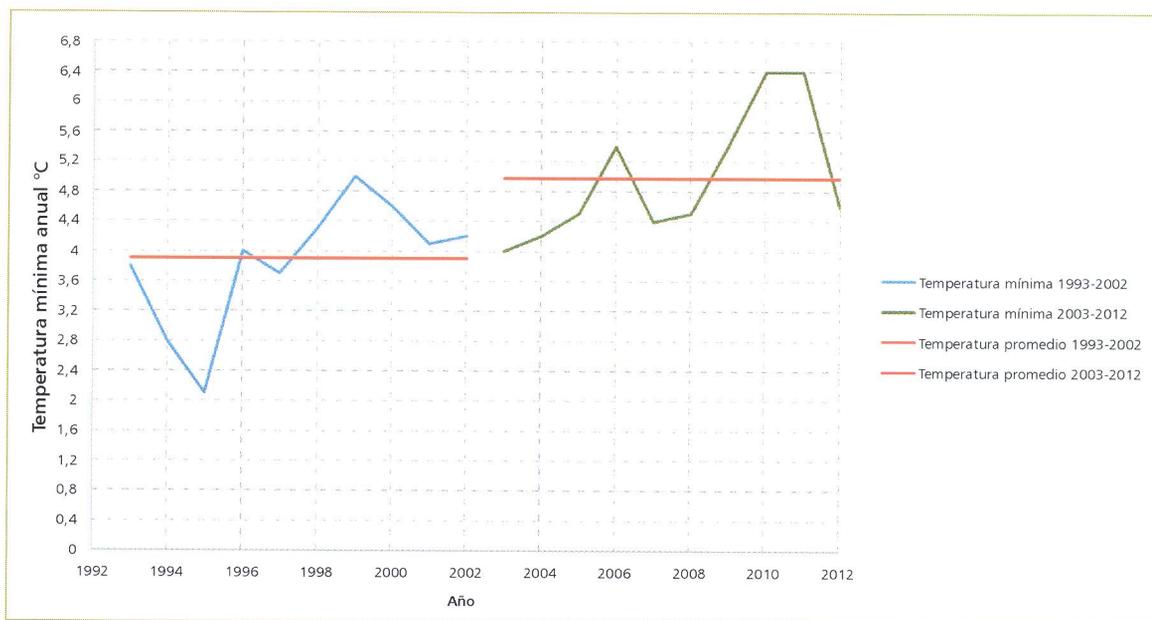


Figura 12. Temperaturas mínimas promedio anual, periodos 1993-2002 y 2003-2012.

Igualmente, se presenta la probabilidad de ocurrencia de las temperaturas máxima, media y mínima para los periodos 1993 - 2002 y 2003 - 2012 (figuras 13 a 18). Se observa en las figuras 13 y 14 que con una probabilidad

del 90 % la temperatura máxima en el decenio 1993-2002 es inferior a 23,3 °C y en el decenio 2003-2012 es menor que 23,8 °C. Lo anterior permitiría deducir que existió un incremento en temperatura máxima de 0,5 °C.

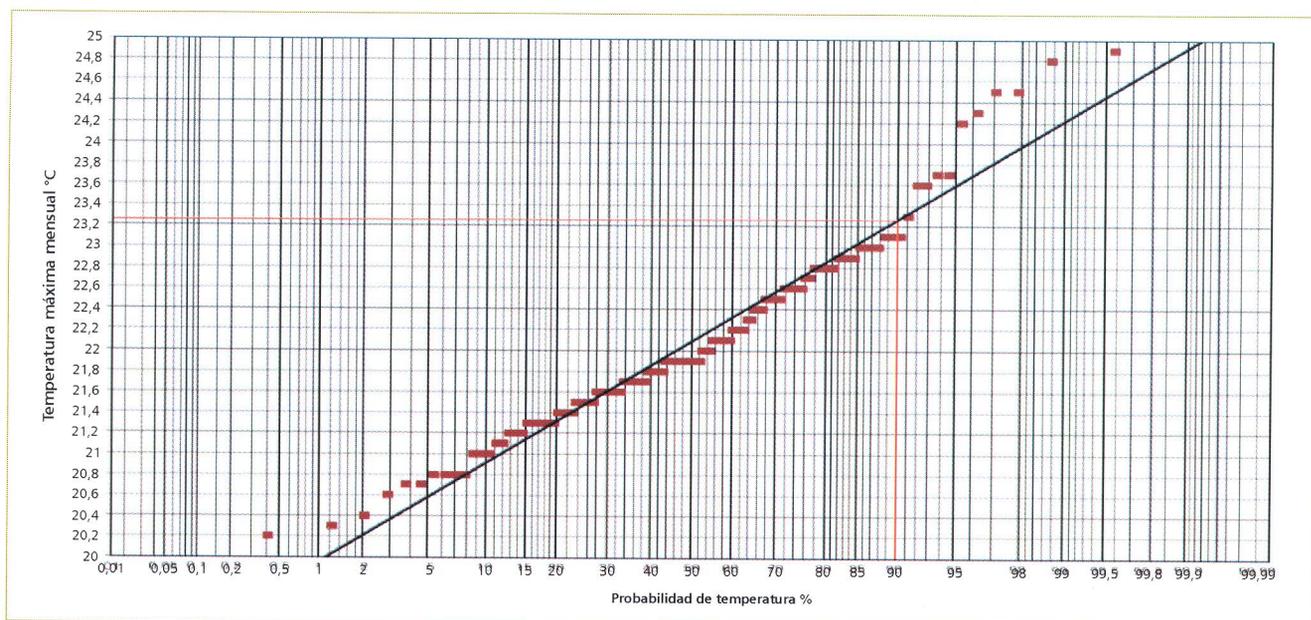


Figura 13. Probabilidad de ocurrencia de temperaturas máximas mensuales, periodo 1993-2002.

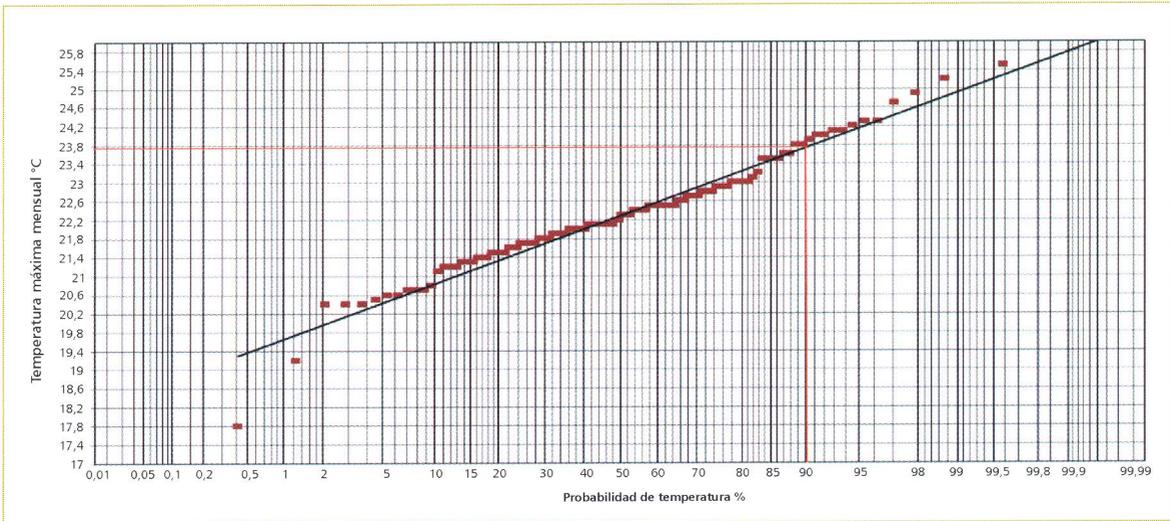


Figura 14. Probabilidad de ocurrencia de temperaturas máximas mensuales, periodo 2003-2012.

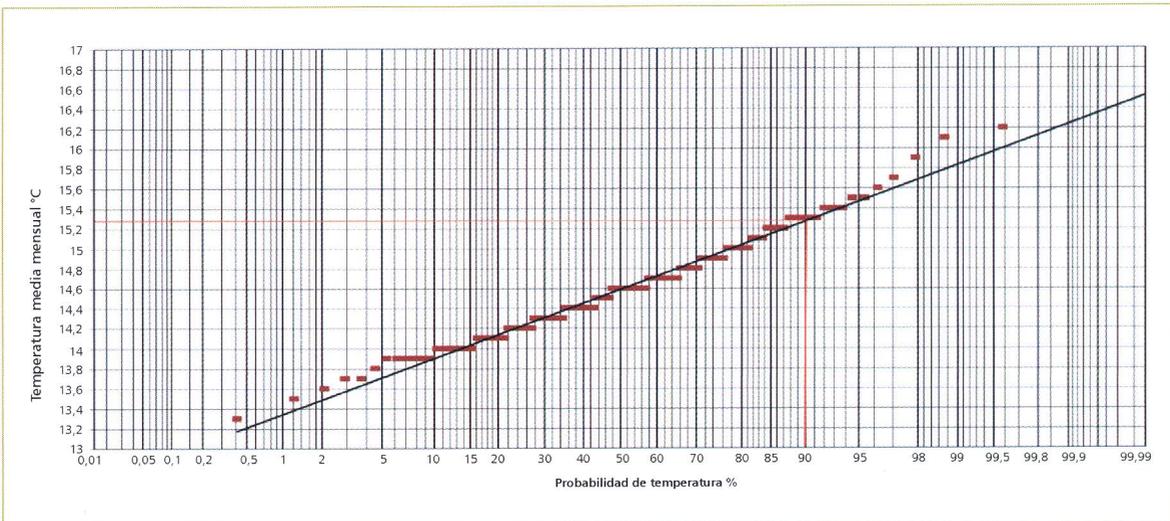


Figura 15. Probabilidad de ocurrencia de temperaturas medias mensuales, periodo 1993-2002.

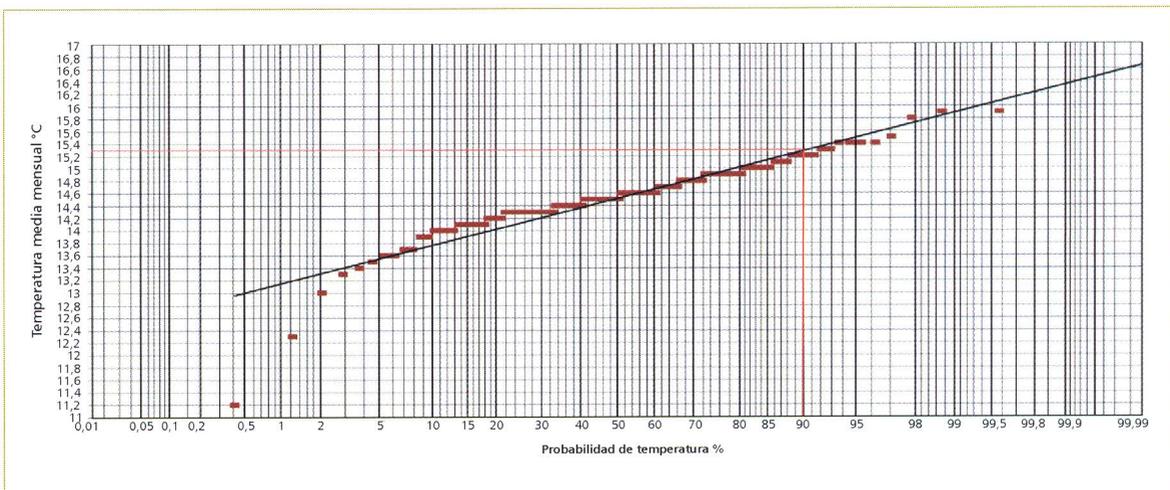


Figura 16. Probabilidad de ocurrencia de temperaturas medias mensuales, periodo 2003-2012.

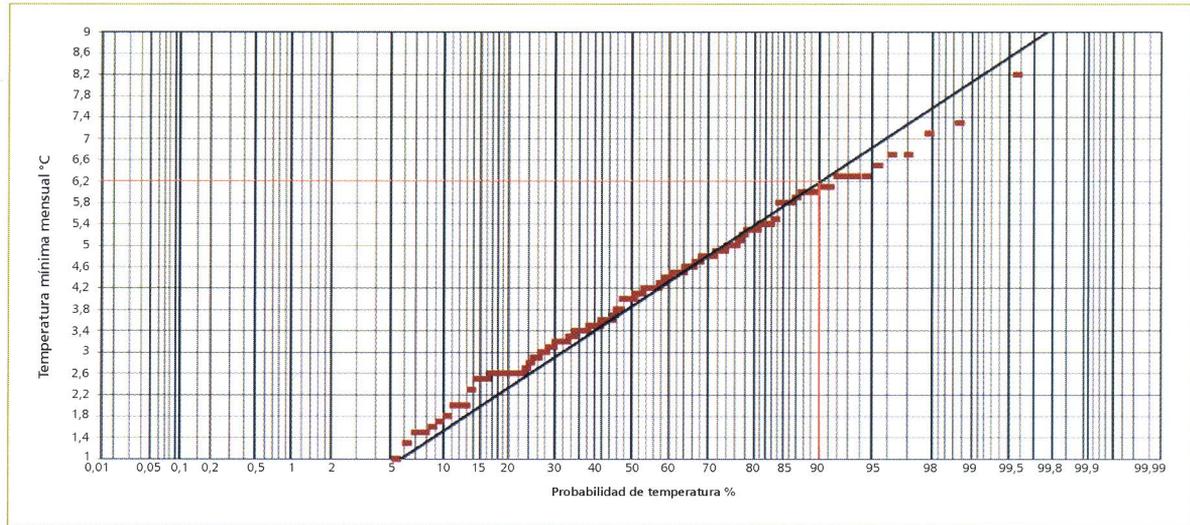


Figura 17. Probabilidad de ocurrencia de temperaturas mínimas mensuales, periodo 1993-2002.

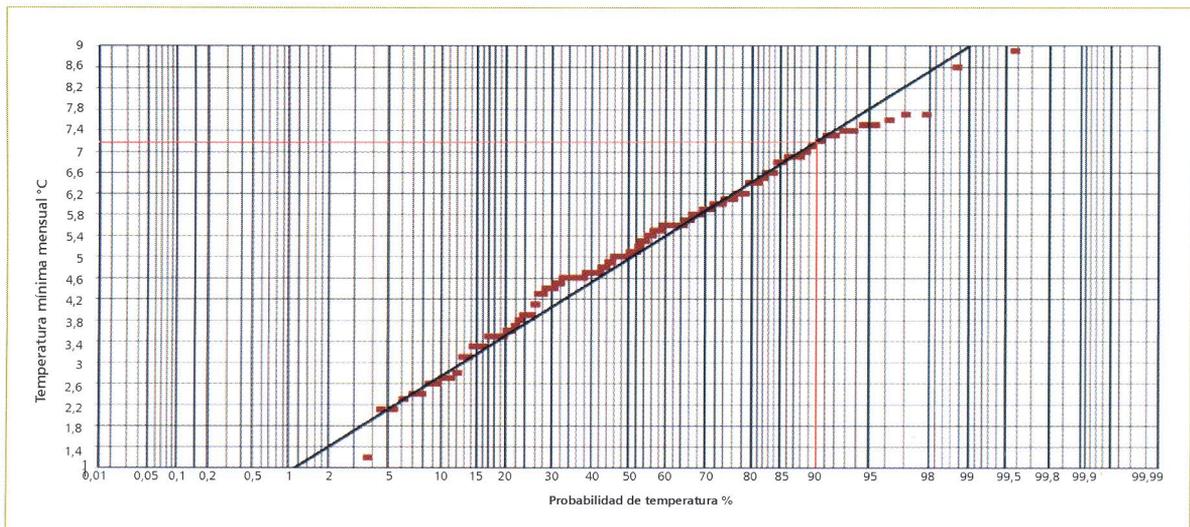


Figura 18. Probabilidad de ocurrencia de temperaturas mínimas mensuales, periodo 2003-2012.

Se observa en las figuras 15 y 16 que con una probabilidad del 90 % la temperatura media en el decenio 1993-2002 es inferior a 15,3 °C y en el decenio 2003-2012 también es inferior a 15,3 °C. Por lo tanto, no existió variación en la temperatura media, manteniéndose estable para los dos decenios.

Como se observa en las figuras 17 y 18, la temperatura mínima mensual del periodo de 1993-2002, con una probabilidad del 90 %, fue menor de 6,2 °C y en el periodo 2003-2012 la temperatura mínima, con una probabilidad del 90 %, fue menor que 7,3 °C, es decir,

existió un incremento en la temperatura mínima de 1,1 °C.

PRECIPITACIÓN

Las precipitaciones en la ciudad de Bogotá (figura 19) se caracterizan por seguir una distribución bimodal, esto es, con dos periodos de valores máximos relativos y dos de mínimos relativos. En la mayoría de los meses ha aumentado la precipitación en el periodo 2003-2012 en comparación con el periodo 1993-2002. Los meses

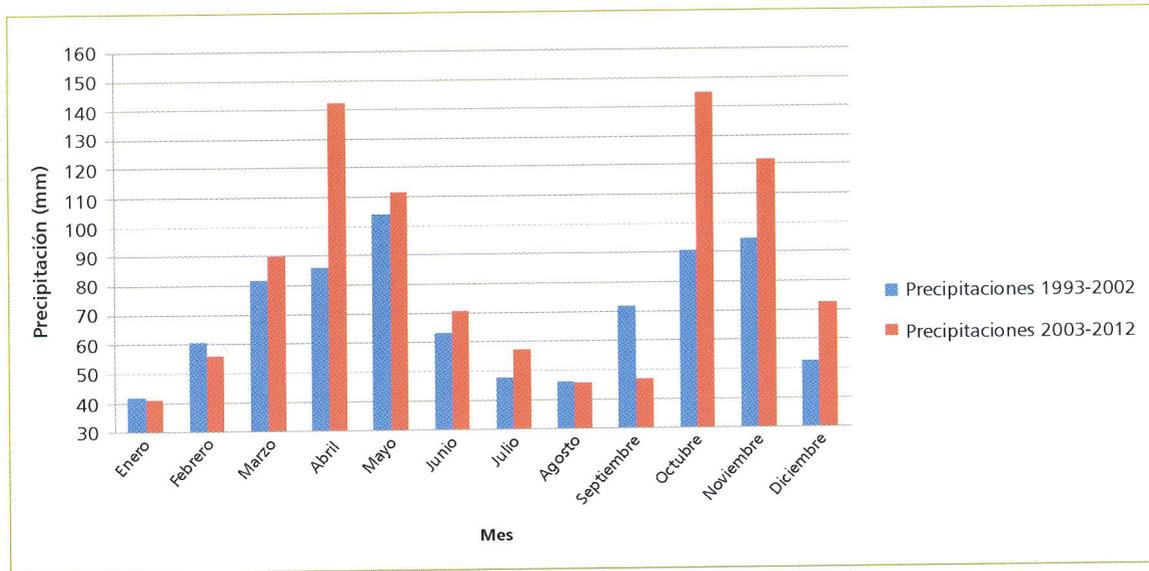


Figura 19. Precipitaciones mensuales promedio, periodos 1993-2002 y 2003-2012.

de abril y octubre son los meses con mayor precipitación, con aumentos entre 65 y 60 %, respectivamente.

Sin embargo, en los meses de febrero y septiembre bajaron las precipitaciones. El mes con mayor variación fue septiembre, en el cual la precipitación disminuyó en un 35 % con respecto al decenio 1993-2002.

En la figura 20 se observan las precipitaciones anuales desde 1993 hasta 2012. Se evidencia que 2011 fue el año con más lluvias en las dos últimas décadas con 1475 mm de precipitación. Además, que 1997 y 2001 son los años secos del periodo, con una precipitación de 604,6 y 597 mm, respectivamente.

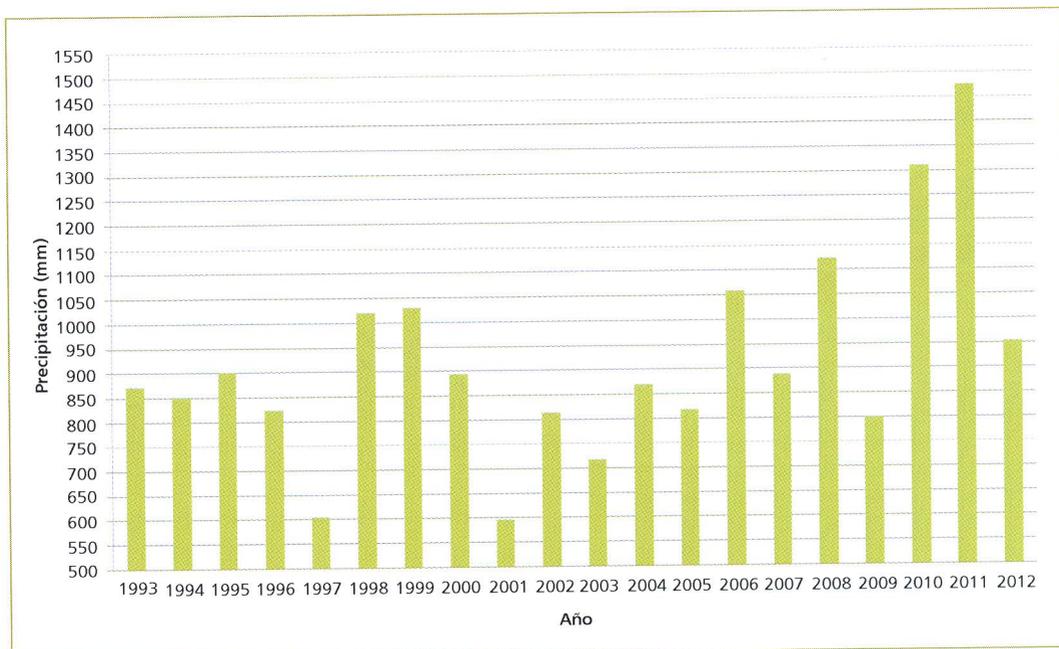


Figura 20. Precipitaciones anuales, periodo 1993-2012.

Según los últimos estudios realizados por el Ideam, las variaciones originadas en el régimen de lluvias en Colombia son causadas por la variabilidad climática interanual, relacionada con los fenómenos del Niño y de la Niña, los cuales han sido causa de sequías y lluvias extremas, generando un efecto negativo sobre el medio físico natural y un impacto socioeconómico de grandes proporciones.

Como se puede observar en la figura 21, existen años más lluviosos en que las temperaturas máximas disminuyeron, como es el caso del 2011; pero también se observan años más lluviosos, como 1998 y 2010, con aumento de la temperatura.

En la figura 22 se muestran las temperaturas medias y las precipitaciones anuales. En los años 1997, 2001, 2005 y 2009 las precipitaciones disminuyeron y las temperaturas se elevaron; sin embargo, en los años 1998, 2002, 2006 y 2010 las lluvias aumentaron y las temperaturas medias también.

En la figura 23 se observan las temperaturas mínimas y las precipitaciones anuales. En los años más lluviosos del periodo 1993-2002, años 2010 y 2011, las temperaturas mínimas aumentaron, y también fueron los años con las temperaturas mínimas más altas.

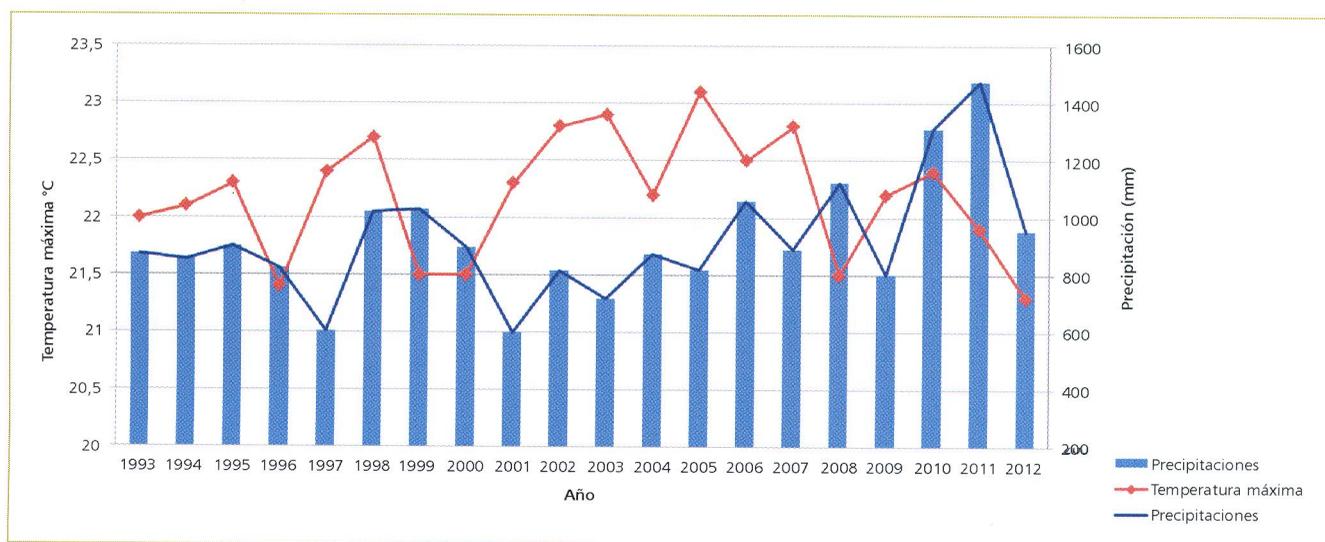


Figura 21. Temperaturas máximas y precipitaciones anuales, periodo 1993-2012.

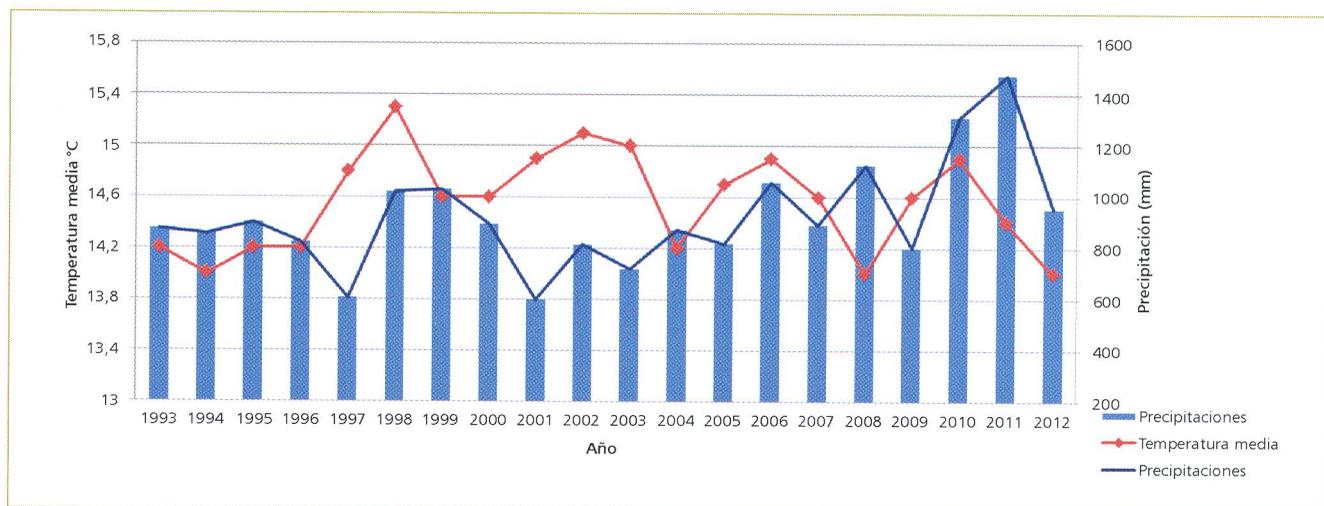


Figura 22. Temperaturas medias y precipitaciones anuales, periodo 1993-2012.

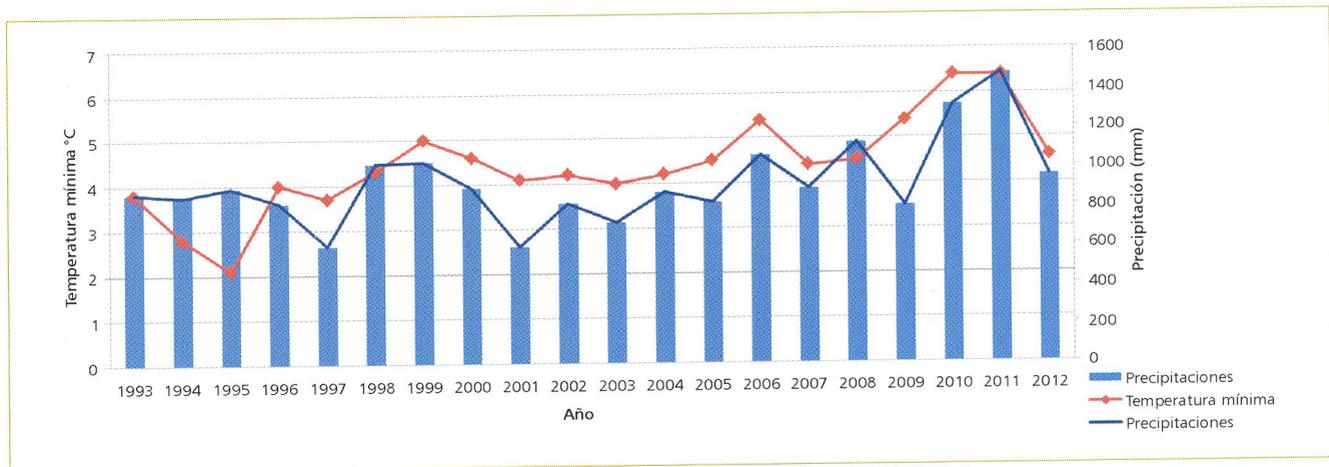


Figura 23. Temperaturas mínimas y precipitaciones anuales, periodo 1993-2012.

CONCLUSIONES

- La temperatura máxima anual promedio del decenio 1993-2002 es 22,1 °C, temperatura menor 0,2 °C que la temperatura máxima promedio del decenio 2003-2012, la cual es 22,3 °C.
- La temperatura media anual promedio del decenio 1993-2002 es 14,6 °C, temperatura mayor 0,1 °C que la temperatura promedio del decenio 2003-2012, que es 14,5 °C.
- La temperatura mínima anual promedio del decenio 1993-2002 es de 3,9 °C, temperatura menor 1,1 °C que la temperatura mínima promedio del decenio 2003-2012, la cual es 5 °C.
- Las temperaturas máximas y medias del decenio 2003-2012 no revelan calentamiento con respecto al decenio 1993-2002. Sin embargo, las temperaturas mínimas sí aumentan 1,1 °C en el decenio posterior.
- La precipitación anual, en el decenio 1993-2002, oscila entre 597 y 1029 mm; por el contrario, en el decenio 2003-2012 varía entre 717 y 1475 mm.
- El decenio más reciente ha sido el más lluvioso, especialmente el año 2011 con 1475 mm.
- El 90 % del tiempo, en el decenio 1993-2002, la temperatura máxima promedio mensual es inferior a 23,3 °C.
- El 90 % del tiempo, en el decenio 2003-2012, la temperatura máxima promedio mensual es inferior a 23,8 °C.
- El 90 % del tiempo, en los decenios 1993-2002 y 2003-2012, la temperatura media promedio mensual es inferior a 15,3 °C.
- El 90 % del tiempo, en el decenio 1993-2002, la temperatura mínima promedio mensual es inferior a 6,2 °C.
- El 90 % del tiempo, en el decenio 2003-2012, la temperatura mínima promedio mensual es inferior a 7,3 °C.
- El análisis realizado permite afirmar que solamente se observa un incremento en la temperatura mínima promedio mensual en la década 2003-2012, con respecto a la década 1993-2003, de 1,1 °C.

REFERENCIAS

1. Dávila Ramírez, M.A. (2014). Análisis del cambio de la temperatura en Bogotá durante los últimos 20 años. Trabajo de grado. Maestría en Ingeniería Civil con énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito 2014.
2. Wikipedia (2013). Wikipedia, la enciclopedia libre. Edad de la Tierra. http://es.wikipedia.org/wiki/Edad_de_la_Tierra.
3. Torres, J. & Gómez, A. (2008). Adaptación al cambio climático: de los ríos y de los calores en los Andes. http://www.ceda.org.ec/index.php/es/biblioteca-virtual/doc_download/404-adaptacion-al-cambio-climatico-de-los-frios-y-los-calores-en-los-andes.html.
4. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf.
5. OMM (Organización Meteorológica Mundial) (2013). Declaración anual de la OMM sobre el estado del clima mundial. http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_972_es.html.
6. Ideam (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) (s.f.). Indicadores que manifiestan cambios en el sistema climático de Colombia (años y décadas más calientes y las más y menos lluviosas). <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/2456>.