

VARIACION TEMPORAL DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EN BOGOTA

por

Jesús A. Eslava R.*

Resumen

Eslava, J.: Variación temporal de la temperatura del aire en Bogotá. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (68): 65-74. 1991. ISSN 0370-3908.

Con base en las observaciones horarias efectuadas en el Observatorio Meteorológico Nacional-Bogotá, se determinan las variaciones anual y diurna de la temperatura del aire para cada mes y año. Se establecen los valores extremos y sus amplitudes determinando, entre otras cosas, que el valor más alto registrado ha sido de 25.2°C (en enero) y el más bajo de -5.2°C (en febrero). Al obtener los valores medios diarios, aplicando varias de las fórmulas que se han usado, se detecta que difieren de los que se obtienen al establecer promedios con 24 datos por día, que, a nivel anual, es de 13.3°C .

Abstracts

Hourly observations made at the Observatorio Meteorológico de Bogotá indicate that the yearly mean temperature there is 13.3°C . Extreme values were observed in January (25.2°C) and February (-5.2°C).

Introducción

La necesidad de información y análisis climático varía en función del amplio y disperso número y tipo de posibles usuarios; no toda la información disponible es útil para cada uno de los diversos asuntos humanos en los que se aplican los conocimientos meteorológicos. Sin embargo, la temperatura se considera como el elemento más útil e importante en todas las áreas puesto que, como ningún otro, ella ejerce una marcada influencia sobre el desarrollo de los seres vivos y la distribución humana, animal y vegetal sobre la Tierra.

Al contrario de lo que sucede con el agua, por ejemplo, cuyo exceso o falta puede corregirse con

drenaje o irrigación, la necesidad de calor de las plantas no puede ser satisfecha adecuadamente en forma artificial, como tampoco puede ser disminuido satisfactoriamente el sobrante de calor.

Desde cualquier punto de vista (científico, agrícola, ganadero, higiénico, ambiental, legal, hídrico, etc.) se exige, entre otras cosas, el conocimiento exacto de las variaciones diurnas de la temperatura del aire. Por ejemplo, la respiración nocturna de los cultivos utiliza parte de la materia orgánica, principalmente carbohidratos, que la planta elabora por fotosíntesis durante el día, por lo cual su fisiología está sometida a la variación de la temperatura que se produce entre el día y la noche y, el desarrollo de los vegetales superiores está condicionado a las variaciones anuales, diarias y aperiódicas de la temperatura del aire.

* Profesor Titular – Universidad Nacional de Colombia.

En trabajos anteriores Eslava (1990) menciona como, en Colombia, los análisis de las variaciones temporales, especialmente las diurnas, de los diferentes elementos meteorológicos son, como casi todos los estudios referentes a la meteorología, muy escasos, inéditos o inexistentes. En el caso de las variaciones temporales de la temperatura del aire, sólo se conocen los comentarios que, para Colombia, hicieron Stanescu & Díaz (1971), Montealegre (1979) y Eslava (1990b), para Bogotá.

En este trabajo se recopila la información horaria publicada, sobre temperatura del aire en Bogotá; una vez, verificada, procesada y homogeneizada, se definen los valores horarios medios, con base en las observaciones realizadas en el Observatorio Meteorológico Nacional durante el período 1941–1960 y, las temperaturas máximas y mínimas para cada mes y el año, utilizando para ello los valores que se encuentran en el IGAC (1961) y en Montealegre (1979); con esa información se analiza la variación temporal (anual y diurna) de la temperatura del aire en Bogotá.

Igualmente se aplican algunas de las fórmulas usadas para el cálculo de los valores medios diarios y se comparan esos resultados con los que se obtienen al establecer un promedio aritmético de las 24 observaciones horarias.

Generalidades

Tal como lo mencionó Eslava (1990b), a nivel mundial, muchos autores, entre ellos Riehl (1954, 1979), De Martonne (1963), Petterssen (1968), De Fina & Ravelo (1973), Lowry (1973), Retallack (1973) y Mertins (1976), han estudiado las variaciones diurnas de la temperatura del aire y determinado sus características más importantes; con base en dichos análisis se efectúan los siguientes comentarios generales sobre esa variación.

Las variaciones temporales de los elementos meteorológicos y, por consiguiente, las variaciones y fluctuaciones del estado del Tiempo y del Clima, están relacionadas directa o indirectamente con los movimientos de la Tierra. La Tierra da una vuelta sobre sí misma, alrededor de su eje en un día y, al mismo tiempo, describe una órbita elíptica alrededor del Sol, cuyo período es de un año.

La rotación de la Tierra alrededor de su eje condiciona en alto grado la oscilación diurna de todos los elementos y parámetros meteorológicos. Por ejemplo, el aire se calienta normalmente durante el día y se enfría durante la noche; la variación diurna del viento, de la nubosidad, etc., están igualmente relacionadas con la rotación de la Tierra sobre sí misma. Al contrario, las oscilaciones anuales del tiempo están en relación con la translación de la Tierra alrededor del Sol.

Algunas características de la variación anual

La oscilación anual del Sol entre los trópicos, condicionada por el movimiento anual de la Tierra alrededor del Sol, ocasiona que en esa zona el Sol esté en el Cenit (y en consecuencia los rayos solares lleguen verticalmente) dos veces al año (en los equinoccios, 21 de marzo y 21 de septiembre) y sólo una vez fuera de esa zona; ello origina dos máximos de insolación en la zona intertropical y sólo uno fuera de ella.

La variación anual de la temperatura, aunque sujeta a ciertas modificaciones, es concordante con la oscilación anual del Sol. En general, existen dos épocas de temperatura máxima y dos de mínima que caracterizan a la zona intertropical (con mayor claridad en la ecuatorial) y, un sólo máximo y mínimo anual que ocurre en el resto del mundo.

Por supuesto, también hay una tendencia a que la temperatura sea mucho mayor en los equinoccios que en los solsticios. Sin embargo, en la zona ecuatorial, durante todo el año el Sol está a gran altura sobre el horizonte y la diferencia de temperatura entre los equinoccios y los solsticios es mucho más pequeña que en el resto del mundo.

La máxima y mínima temperatura no corresponden necesariamente a la máxima y mínima insolación, ya que la nubosidad y la precipitación actúan como moderadores de esos valores. En la zona ecuatorial, la influencia homogeneizadora de la humedad y la nubosidad, en unión con la pequeña variación anual de la insolación, ocasionan que la variación anual de la temperatura media sea relativamente pequeña.

La temperatura del aire, exceptuando las regiones ecuatoriales, varía apreciablemente de acuerdo con las épocas del año; en un determinado mes se presenta un valor medio mínimo y a los seis meses se presenta un valor medio máximo.

La amplitud anual (diferencia entre la temperatura media del mes más caliente y la del mes más frío), en general, aumenta hacia las altas latitudes: es muy baja en las zonas marítimas ecuatoriales (cerca de 0.5°C) y muy alta en las zonas polares continentales (alrededor de 66°C).

Algunas características de la variación diurna

En los estudios referentes al régimen de temperaturas, siempre debe considerarse la variación diurna de la temperatura que, aun cuando aparentemente, es menos importante que la variación anual, desde el punto de vista geográfico, en la zona intertropical es uno de los elementos más importantes para la definición de las características climáticas.

A causa principalmente, del movimiento diario aparente del sol sobre el horizonte, se presenta

la sucesión de los días y de las noches y el alternativo enfriamiento y calentamiento del aire. Por esta razón, la temperatura del aire presenta variaciones regulares con un período de 24 horas; temperatura que es diferente en cada hora del día, máxima en las horas del mediodía y mínima en la madrugada.

La oscilación de la temperatura durante el día es muy variable de un sitio a otro; en bajas latitudes es muy amplia, puede alcanzar los 20°C a 25°C y, en latitudes medias es, por término medio, de 10°C a 15°C.

La presencia, cada día, de un valor de temperatura máximo y otro mínimo, alternados, sucede por cuanto la relación entre la radiación procedente del sol (entrante al sistema tierra-atmósfera) y la emitida por la tierra (saliente) cambia a través del día y también de mes a mes.

En un período de 24 horas, la radiación emitida por la tierra aumenta desde el amanecer (cuando empieza a recibirse la radiación solar) hasta un poco después del mediodía cuando su valor se iguala con el de la radiación que se recibe del sol; en este momento, se equilibran las dos radiaciones y se da la temperatura máxima. Después, las dos radiaciones descienden progresivamente, la entrante toma valor cero a partir de la puesta del sol y, la de la tierra (saliente) continúa emitiéndose pero con menor intensidad a medida que transcurre la noche; por esto; la superficie terrestre va perdiendo continuamente su energía durante la noche y, al salir el sol, la energía que éste entrega compensa la energía que la tierra pierde y la temperatura deja de bajar, momento en el cual se presenta un nuevo equilibrio entre las dos radiaciones y se produce la temperatura mínima.

Al comparar las curvas que muestran la variación diurna de la temperatura del aire en diferentes lugares, se observa que su característica común es que las más bajas o altas temperaturas siempre se registran, preferencialmente, dentro de un período determinado del día, aun cuando la hora precisa es diferente según cada latitud, altitud, época del año, etc.

En latitudes medias, por ejemplo, las más bajas temperaturas se presentan alrededor de las 04:30 HL (Hora Local), en verano y, en invierno se registran a las 06 HL. Este hecho se ocasiona por cuanto, el balance entre la radiación entrante (solar) y saliente (terrestre) y, por consiguiente, la temperatura mínima, se dan en el momento de salir el sol o un poco después y, en latitudes medias, el sol sale más tarde en invierno que en verano; en cambio, en las zonas intertropicales, especialmente en la ecuatorial, la salida y puesta del sol, a través de todo el año, sólo tiene diferencias de unos cuantos minutos y, por lo mismo, la temperatura mínima con frecuencia se presenta unos pocos minutos antes o después de las 06 HL.

Las temperaturas máximas también se presentan en horas distintas según la época del año, latitud, altitud, etc., pero esa hora de presentación es mucho más estable. A pesar de que la mayor intensidad de la radiación procedente del sol se da a las 12 HL, ya que a esa hora es cuando los rayos solares llegan, a la tierra, en forma más perpendicular, las temperaturas máximas sólo se presentan de una a tres horas más tarde. Las temperaturas más altas, por ejemplo, en latitudes medias, en verano, ocurren en promedio, alrededor de las 14:30 HL y en invierno, alrededor de las 14 HL; en la zona intertropical, especialmente en la ecuatorial, la temperatura máxima se presenta, casi siempre, unos pocos minutos después de las 13 HL.

La diferencia entre la hora de máxima recepción de energía solar y la hora de presentación de la temperatura del aire más alta, puede explicarse si se analizan las variaciones en la recepción y emisión de radiación durante el transcurso del día:

- En el período de la mañana la temperatura de la superficie terrestre es baja y la emisión de energía, por esa superficie, es también baja; se recibe del sol más energía de la que emite la tierra y por lo tanto, la temperatura del suelo y, como consecuencia, la del aire aumentan progresivamente.
- En el período de la tarde, la temperatura de la superficie terrestre es alta y, por lo tanto, la radiación emitida por la tierra también es alta; se recibe menos cantidad de energía solar que la que la tierra emite y, por esa causa, la temperatura del suelo y, por consiguiente, la del aire descienden.
- En general, alrededor de las 13 horas, la energía que emite la superficie terrestre es igual a la que recibe del sol, se establece un equilibrio; la temperatura deja de ascender y va a empezar a descender presentándose, como consecuencia, la temperatura máxima en la superficie del suelo.
- Puesto que el calentamiento del aire es ocasionado, principalmente, por la absorción de la energía emitida por el suelo, y ese proceso requiere que transcurra un cierto tiempo que, según sean los diferentes factores, puede ser hasta cerca de dos horas; sólo después de que se ha dado la temperatura máxima del suelo, se dará la temperatura máxima del aire.

Factores adicionales que influyen en la variación temporal

Las variaciones anual y diurna de la temperatura del aire en superficie presentan una regularidad bien característica en cada sitio, pero cambian notablemente de un sitio a otro o en el mismo sitio, dependiendo de diversos factores; algunas de las muy diversas situaciones que se deben tener en cuenta, son las siguientes:

a. La amplitud de las variaciones, es mayor en las zonas continentales que en las marítimas. La temperatura del agua del mar cambia durante el día en un valor, generalmente, inferior a 1°C y, en consecuencia, la temperatura del aire en las cercanías del mar presenta igualmente una oscilación diurna muy baja; por el contrario, en las regiones desérticas y en las situadas en el interior de los continentes, esa amplitud puede alcanzar y sobrepasar los 20°C . La amplitud anual puede oscilar desde 5°C , en las zonas marítimas, a 66°C en las zonas continentales.

b. En las zonas costeras, la amplitud de la temperatura del aire, depende mucho de su movimiento. Las brisas de mar y tierra, generalmente la atenuan, pero es menor si el viento viene del mar. Como consecuencia, un sitio ubicado en zona continental cercana a un litoral importante tendrá menos variación de temperatura cuanto más próximo esté a dicho litoral.

c. Según la topografía, en una misma región las diferencias pueden ser muy grandes y la variación de la temperatura del aire se verá afectada por varias causas. Por ejemplo: i) la situación del lugar, respecto a la principal cadena montañosa y la orientación de las cordilleras cercanas, ii) la interrelación entre latitud, pendiente y dirección de la vertiente, que ocasiona que el sitio pueda estar más o menos expuesto a los efectos de la radiación solar.

d. La diferencia de temperatura entre el día y la noche, normalmente es mayor a grandes altitudes que en la cercanía del nivel del mar. Lo anterior, se debe a: i) la radiación solar se atenúa al pasar a través de la atmósfera, cuanto mayor espesor de atmósfera tenga que atravesar, mayor será la disminución y menor será la radiación que llegue a la superficie terrestre; esta causa justifica las altas temperaturas que se producen al mediodía en sitios altos; ii) la radiación terrestre, al igual que la solar, también se atenúa al pasar a través de la atmósfera; por lo tanto, la energía ganada durante el día puede disiparse mucho más rápidamente durante la noche, en sitios altos que en sitios bajos; esto justifica las temperaturas inferiores que se presentan durante la noche en sitios altos.

e. La naturaleza de la superficie terrestre y la conductividad térmica de la capa subyacente, también influyen en la amplitud de la temperatura del aire en superficie.

f. La naturaleza del terreno circundante, es también muy importante pues la temperatura de un lugar dado, puede ser modificada por el flujo de aire cálido o de aire frío que viene de las zonas vecinas. La influencia del medio ambiente circundante se hace evidente en las grandes ciudades: en noches sin nubosidad y viento en calma, las temperaturas en el centro de la ciudad pueden sobrepasar en 5°C las observadas en los campos vecinos; durante el día, las temperaturas están igualmente

influenciadas por el calor desprendido por los edificios de la ciudad y por todo el género de actividades que en ella se desarrollan.

g. La amplitud diurna de la temperatura del aire en superficie es mayor en las épocas cálidas y menor en las épocas frías; es también, mayor en las épocas secas o menos lluviosas y menor en las épocas húmedas.

h. La amplitud o variación diurna de la temperatura del aire en superficie es, relativamente, más pequeña en los días en los cuales el aire presenta un movimiento apreciable (no está en calma); en esa situación, el aire se mezcla en un gran espesor y, como consecuencia, las ganancias y pérdidas de calor que se producen durante el día y la noche, se reparten en un gran número de moléculas. Por el contrario, cuando no hay movimiento del aire (en calma) la variación diurna de la temperatura del aire en superficie es más apreciable. Igual se puede afirmar de los meses en los cuales se presenta o no, un movimiento apreciable del aire.

i. La presencia de nubosidad, en un lugar dado, reduce la amplitud de la temperatura. Durante el día, las nubes reflejan la mayor parte de la radiación solar y ella no alcanza por lo tanto, la superficie de la tierra; por el contrario, de noche las nubes absorben la radiación emitida por la tierra y se la devuelven. Las nubes cumplen así, el papel de un invernadero, a nivel diario o mensual, que impide que la superficie de la tierra se enfríe.

j. Esta marcha de la temperatura es bastante regular en días o meses despejados y con viento en calma, pero puede sufrir modificaciones irregulares, ocasionadas por el pasaje de nubes delante del sol, cambio de dirección del viento, pasaje de frentes, etc.

Información utilizada

Teniendo en cuenta que en Colombia, la variación de la temperatura del aire es muy homogénea en su presentación horaria, puesto que el país se ubica dentro de la región tropical, más específicamente dentro de la ecuatorial, se considera que, la variación diurna de la temperatura puede ser definida para Bogotá, y visualizada para Colombia, con base en los datos observados en la estación denominada Observatorio Meteorológico Nacional ubicada en el extremo NE de la Ciudad Universitaria de Bogotá (Universidad Nacional de Colombia), en zona aledaña a las edificaciones del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (IGAC) sitio que a su vez, se localiza aproximadamente en el centro de Colombia.

La descripción de la ubicación del Observatorio y de las zonas aledañas, se encuentra en IGAC (1961), reproducida en Eslava (1990), y es la siguiente: una cadena de montañas que bordea al Distrito Especial de Bogotá se extiende desde el sur (S) hacia el noreste (NE), donde la menor distancia

es aproximadamente de dos y medio kilómetros en línea recta al este (E); dentro de esta cadena, que es un ramal de la cordillera Oriental, se encuentran de sur (S) a norte (N) las siguientes elevaciones: Páramo de Cruz Verde con 3663 m de altitud, Cerro de Guadalupe con 3250 m de altitud y 650 m de altura sobre el nivel de Bogotá, Cerro de Monserrate con 3160 m de altitud y 560 m sobre el nivel de Bogotá, Cerro Piedras con 3333 m de altitud, al oeste (W) se extiende la Sabana de Bogotá. Las coordenadas geográficas del Observatorio son: 4° 38' 29" de latitud norte, 74° 05' 00" de longitud al oeste de Greenwich (4 horas, 56 minutos, 20 segundos al oeste de Greenwich), altitud de 2556 m, aceleración de la gravedad 977.4051 cm/seg².

Los valores horarios de la temperatura del aire en Bogotá se midieron con dos (2) Psicrómetros "Fuess", un (1) termógrafo "Fuess" de registro semanal, un (1) termógrafo "Richard" de registro semanal y un (1) termógrafo "Instrument Corporation" de registro diario, ubicados dentro de casetas meteorológicas de madera, instaladas dentro de un lote de terreno de 20 x 20 m, cercado con malla metálica, en el costado sur del edificio del IGAC, a una distancia aproximada de 75 m.

Esos valores horarios fueron verificados y homogeneizados en su oportunidad, y se publicaron en las siguientes referencias. Servicio Meteorológico Nacional (1950), Ministerio de Agricultura — División de Investigación (1952—1958) e Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (1959—1961). Esta serie de datos cubre el período 1941—1960; verificada, procesada y homogeneizada según los métodos meteorológicos y estadísticos usuales, permitió definir los valores medios para cada hora, mes y año (Tabla 1).

Tabla 1

Temperatura media horaria del aire en Bogotá, (°C)

HORA	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	AGO
01	9.5	9.6	10.6	10.7	10.9	10.5	9.9	9.9	9.5	10.2	10.2	10.2	10.1
02	9.0	9.2	10.2	10.4	10.5	10.1	9.6	9.5	9.0	9.8	9.8	9.7	9.7
03	8.6	8.7	9.8	10.0	10.2	9.8	9.3	9.2	8.7	9.5	9.5	9.3	9.4
04	8.2	8.4	9.6	9.8	10.0	9.5	9.0	8.9	8.5	9.2	9.3	9.1	9.1
05	7.8	8.1	9.3	9.7	9.8	9.3	8.8	8.7	8.3	8.9	9.0	8.7	8.9
06	7.6	7.7	9.1	9.6	9.8	9.3	8.8	8.5	8.1	8.9	8.9	8.6	8.7
07	8.5	8.5	10.2	11.1	11.5	10.8	10.5	10.3	10.1	10.6	10.7	10.2	10.2
08	11.8	11.8	12.9	13.6	13.8	13.3	12.7	12.7	12.8	13.3	13.4	12.7	12.9
09	14.3	14.3	15.2	15.5	15.4	14.7	14.4	14.4	14.9	15.1	15.4	14.9	14.9
10	16.5	16.4	16.8	16.5	16.4	15.8	15.4	15.6	16.2	16.5	16.9	16.8	16.3
11	17.9	18.2	17.9	17.7	17.1	16.6	16.1	16.5	16.9	17.3	17.8	17.9	17.3
12	18.7	19.1	18.6	18.0	17.6	17.1	16.6	16.9	17.4	17.6	18.3	18.6	17.9
13	19.1	19.4	19.2	18.5	18.1	17.6	17.1	17.5	17.8	17.6	18.4	18.7	18.2
14	18.9	18.9	19.0	18.2	18.0	17.6	17.2	17.4	17.9	17.2	17.8	18.5	18.0
15	18.6	18.5	18.6	17.8	17.7	17.3	17.1	17.3	17.8	16.9	17.2	17.8	17.7
16	17.6	17.7	17.9	17.1	17.3	16.9	16.7	16.8	17.2	16.3	16.5	16.9	17.1
17	16.5	16.6	16.9	16.3	16.4	16.0	16.0	16.0	16.4	15.6	15.4	15.8	16.2
18	15.1	15.4	15.5	15.1	15.3	15.0	14.9	14.9	15.0	14.4	14.4	14.7	15.0
19	13.6	14.1	14.2	13.8	14.2	13.9	13.7	13.7	13.8	13.4	13.4	13.7	13.8
20	15.0	15.3	15.5	15.2	15.5	15.2	14.9	14.9	15.0	14.8	14.9	15.1	15.1
21	12.1	12.3	12.8	12.5	12.6	12.3	12.0	11.9	12.0	12.0	12.0	12.1	12.2
22	11.4	11.5	12.3	12.0	12.1	11.8	11.3	11.4	11.2	11.4	11.6	11.5	11.6
23	10.7	10.8	11.8	11.5	11.8	11.3	10.8	10.8	10.6	11.2	11.2	11.1	11.1
24	10.1	10.2	11.1	11.2	11.4	10.8	10.3	10.4	9.8	10.6	10.7	10.7	10.6
MED	13.1	13.3	13.9	13.7	13.8	13.4	13.0	13.0	13.0	13.2	13.4	13.4	13.3

Por su parte, los valores máximos y mínimos para cada mes y año (Tabla 2), se extractaron de Montealegre (1979), excepto algunos máximos absolutos (abril, mayo, septiembre, noviembre y diciembre) y mínimos absolutos (febrero, abril, julio, octubre y noviembre), que se tomaron de IGAC (1961); las amplitudes se calcularon en función de esos valores.

Tal y como sucedió con los valores horarios de presión, véase Eslava (1990), para el análisis de la variación diurna de la temperatura del aire en Bogotá sólo se tomó el período comprendido entre

Tabla 2

Valores máximos y mínimos de temperatura del aire en Bogotá, en °C

Mes	Máxima absoluta	Máxima media	Media	Mínima media	Mínima absoluta	Amplitud Absoluta	Amplitud Media
ENERO	25.2	20.1	13.1	6.6	-1.5	26.7	13.5
FEBRERO	25.0	20.4	13.3	7.3	*-5.2	30.2	13.1
MARZO	25.0	20.4	13.9	8.3	-0.4	25.4	12.1
ABRIL	*24.2	19.6	13.7	9.2	*1.0	25.2	10.4
MAYO	*24.6	19.5	13.8	9.3	3.7	20.9	10.2
JUNIO	24.7	18.9	13.4	8.8	3.0	21.7	10.1
JULIO	25.0	18.6	13.0	8.4	*0.4	24.6	10.2
AGOSTO	23.3	18.9	13.0	8.1	0.4	22.9	10.8
SEPTIEMBRE	*24.0	19.2	13.0	7.8	0.3	23.7	11.4
OCTUBRE	25.1	19.3	13.2	8.3	*2.0	23.1	11.0
NOVIEMBRE	*23.4	19.6	13.4	8.5	*0.5	22.9	11.1
DICIEMBRE	*23.8	19.0	13.4	7.4	-1.1	24.9	11.6
AÑO	25.2	19.5	13.3	8.2	-5.2	30.4	11.3

FUENTE: Datos básicos tomados de Montealegre (1979); excepto los señalados con asterisco (*) que fueron extractados de IGAC (1961) y la Media que se determinó con base en las 24 observaciones horarias (Tabla 1).

1941 y 1960, puesto que durante ese intervalo el Observatorio tuvo la ubicación más representativa y estable de toda su historia y, porque son los únicos datos publicados al respecto.

De 1961 a 1968 aún cuando el IGAC, entidad responsable del Observatorio en esa época, continuó con la toma de la información horaria, esta no se ha publicado y la información original no se ha verificado, procesado ni homogeneizado y, por lo tanto, su utilización directa podría introducir serios errores en los análisis; del año 1969 en adelante el Servicio Colombiano de Meteorología e Hidrología, SCMh, (actualmente Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras, HIMAT), se encargó de la operación de dicha estación y suspendió la observación horaria de la información; además, el crecimiento y desarrollo del IGAC, en cuyos predios aún funciona la estación, ocasionó que el llamado Observatorio Meteorológico Nacional se trasladara al costado norte del edificio del IGAC y se encuentre, actualmente, rodeado de un parqueadero asfaltado, lo que, obviamente, le ha quitado toda representatividad a la nueva información que suministra, desde el punto de vista de los análisis meteorológicos que tienden a determinar el régimen normal y natural.

Variación diurna de la temperatura del aire

Del análisis de la información, señalada en la Tabla 1, se confirma la presencia de un valor máximo y un valor mínimo diario en la temperatura del aire; es decir, la llamada variación diurna que coincide en términos generales con lo que sucede en la región tropical.

El máximo horario se registra en todos los meses, y a nivel anual, a las 13 HL (excepto en julio y septiembre, cuando ocurre a las 14 HL); en junio se presenta el valor máximo (igual) a las 13 HL y 14 HL, lo cual puede estar indicando que el máximo valor ocurre en promedio, alrededor de las 13:30 HL. Los mínimos ocurren a las 06 HL; en mayo, junio, julio y octubre, también ocurren a las 05 HL, por lo que puede considerarse que el mínimo valor se presenta cerca de las 05:30 HL.

La amplitud máxima absoluta de esta variación oscila entre 21°C y 30°C y los valores medios de la amplitud oscilan entre 10°C y 14°C.

El valor más alto (máximo absoluto de 25.2°C) ocurrió en enero y el más bajo (mínimo absoluto de -5.2°C) se registró el 12 de febrero de 1948 (véase IGAC, 1961).

En general, la variación diurna de la temperatura en Bogotá a través del año, presenta otras características un poco complejas, que pueden sintetizarse en la siguiente forma:

a. a la salida del Sol, alrededor de las 06 HL, las temperaturas son relativamente bajas (8.7°C,

en promedio anual); con los valores más bajos en los meses de enero (7.6°C), febrero (7.7°C) y septiembre (8.1°C) y, los más altos en abril (9.6°C) y mayo (9.8°C);

b. entre las 06 HL y 10 HL, la temperatura asciende rápidamente y a las 10 HL, en promedio anual, ya es de 16.3°C; a esta hora los valores más bajos ocurren en junio (15.8°C), julio (15.4°C) y los más altos en noviembre (16.9°C), diciembre (16.8°C) y marzo (16.8°C);

c. a las 13 HL, se presenta la máxima temperatura media horaria, en promedio anual de 18.2°C, con el valor promedio más bajo en julio (17.1°C) y el más alto en febrero (19.4°C);

d. A partir de las 14 HL, además de un descenso gradual de la temperatura, ocurre fundamentalmente un cambio en las épocas de presentación de los valores mínimos y máximos: entre las 14 HL y 20 HL; los mínimos ocurren en octubre y/o noviembre (los meses más lluviosos) y, los máximos en marzo (relativamente seco); entre las 20 y 06 HL, los mínimos ocurren en septiembre, enero y/o febrero (relativamente secos) y los máximos con mayor frecuencia en mayo (lluvioso);

e. las 07 HL, es la hora en la cual a través del año, ocurren mayores variaciones; para esa hora la amplitud anual es de 3.0°C; al contrario, a las 20 HL se presenta la menor amplitud anual (0.7°C). Además, existen otro máximo y mínimo relativo de amplitud anual, a las 12 HL (2.5°C) y a las 09 HL (1.2°C).

Para mayor ilustración se presentan a manera de ejemplo, las gráficas representativas de la variación diurna de la temperatura del aire en los meses de solsticios (junio y diciembre) y equinoccios (marzo y septiembre) y a nivel medio anual (Figs. 1 a 5), y la variación de la amplitud máxima mensual (temperatura máxima absoluta menos temperatura mínima absoluta) y de la amplitud media mensual (temperatura máxima media menos temperatura mínima media (Fig. 6), y la variación horaria de la amplitud para cada mes (Fig. 7).

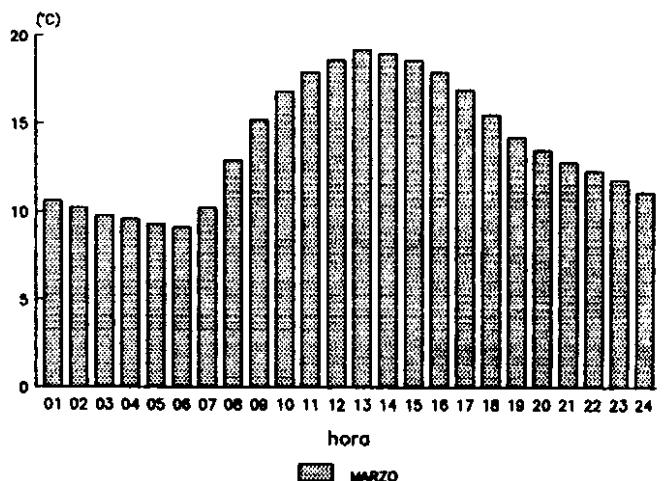


Figura 1. Variación horaria de la temperatura media del aire, en Bogotá. Marzo.

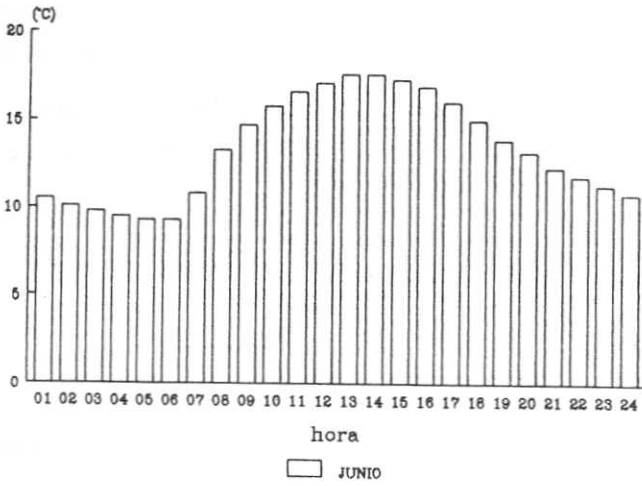


Figura 2. Variación horaria de la temperatura media del aire, en Bogotá. Junio.

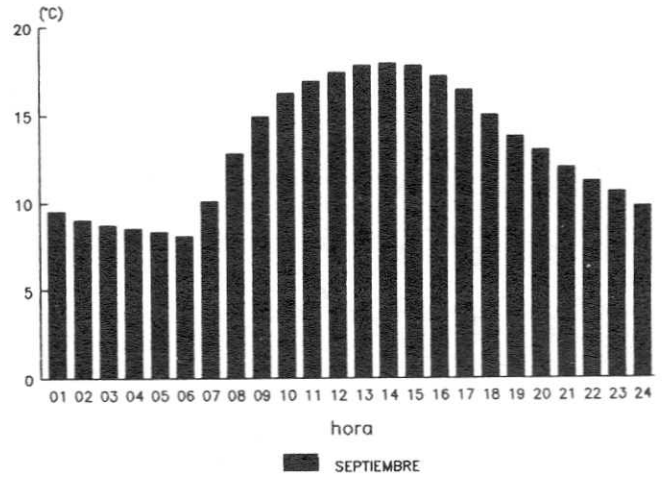


Figura 3. Variación horaria de la temperatura media del aire, en Bogotá. Septiembre.

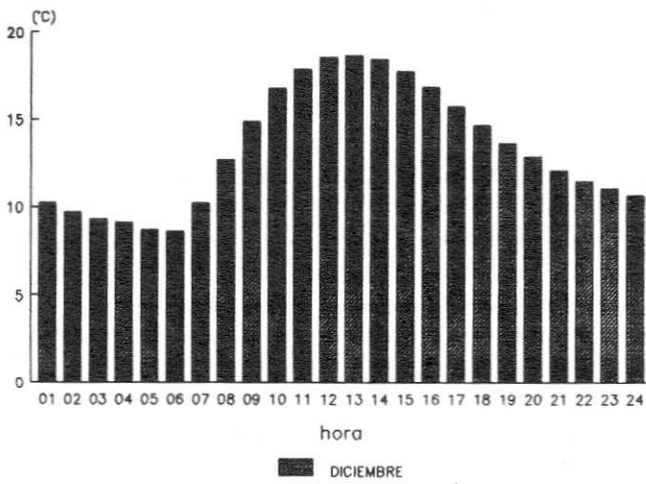


Figura 4. Variación horaria de la temperatura media del aire, en Bogotá. Diciembre.

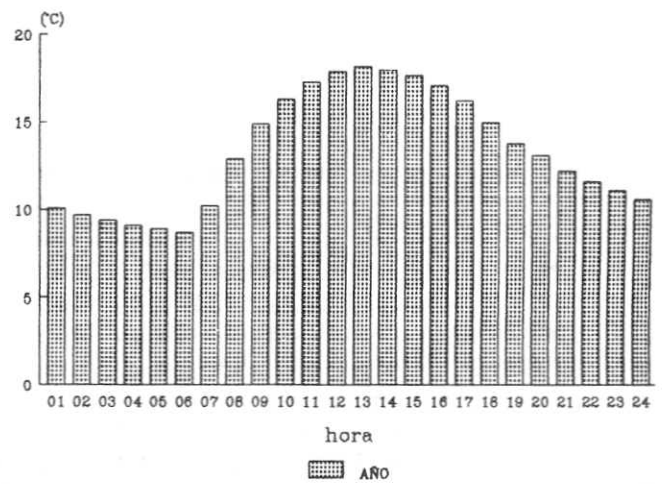


Figura 5. Variación horaria de la temperatura media del aire, en Bogotá. Valor medio anual.

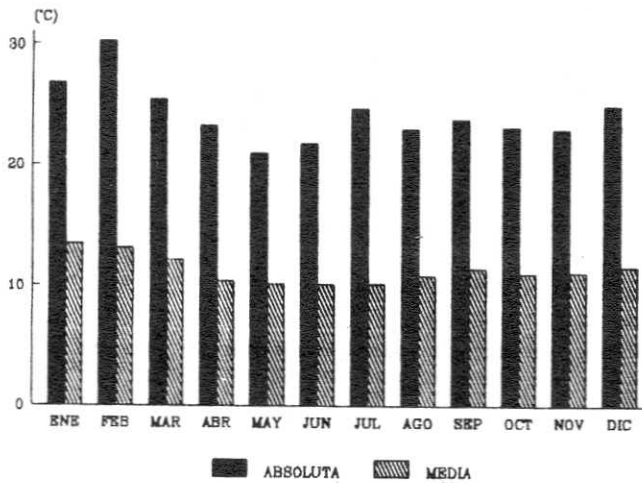


Figura 6. Variación interanual de la amplitud mensual de la temperatura del aire, en Bogotá.

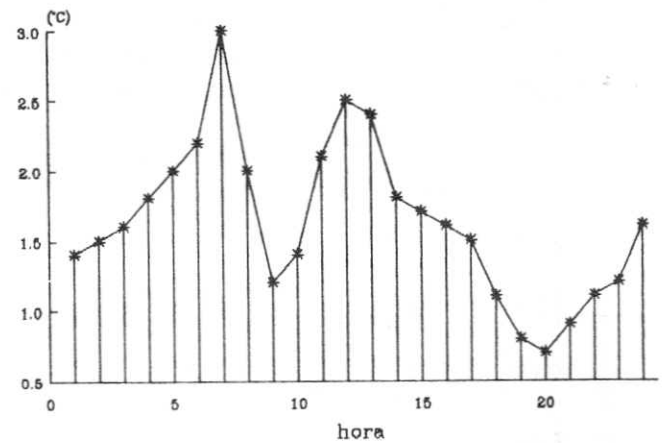


Figura 7. Variación horaria de la amplitud anual de la temperatura del aire, en Bogotá.

Por otra parte, al comparar el valor medio de la temperatura del aire, determinado con base en los 24 valores horarios (ecuación [1]) y los que se obtienen aplicando algunas de las fórmulas que se han usado en diferentes épocas (ecuaciones [2] a [6]), se encuentra que las desviaciones son significativas (véase Tabla 3). La ecuación que más se ajusta es la [5] que fue usada por la Federación Na-

cional de Cafeteros, antes de la década del setenta, pero desechada por inoperativa; la ecuación [6] que presenta la segunda menor desviación es la que tradicionalmente se ha considerado como la más inexacta. La ecuación que actualmente se aplica es la [2], que presenta la tercera menor desviación (véase Tabla 3 y Fig. 8).

$$T = [\sum T_i] / 24 \quad [1]$$

$$T = [T_{07} + T_{13} + 2xT_{19}] / 4 \quad [2]$$

$$T = [T_{07} + T_{13} + T_{19}] / 3 \quad [3]$$

$$T = [T_{07} + T_{13} + T_{18}] / 3 \quad [4]$$

$$T = [T_{07} + T_{13} + 2xT_{20}] / 4 \quad [5]$$

$$T = [T_x + T_m] / 2 \quad [6]$$

T = temperatura del aire media diaria; T_{07} , T_{13} , T_{18} , T_{19} , T_{20} = temperatura del aire a las 07, 13, 18, 19 y 20 horas, respectivamente; T_i = temperatura del aire horaria, donde $i = 1$ a 24 horas; T_x = temperatura máxima media del aire; T_m = temperatura mínima media del aire.

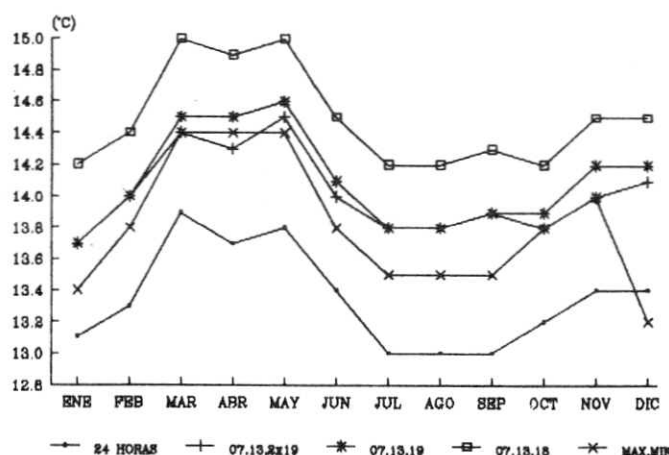


Figura 8. Comparación de valores medios diarios de temperatura del aire, en Bogotá, calculados con diferentes fórmulas.

Tabla 3

Valores medios diarios de temperatura del aire en Bogotá, °C, calculados con diferentes ecuaciones

MES	TEMPERATURAS MEDIAS						DESVIACIONES				
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[2]-[1]	[3]-[1]	[4]-[1]	[5]-[1]	[6]-[1]
ENERO	13.1	13.7	13.7	14.2	13.4	13.4	0.6	0.6	1.1	0.3	0.3
FEBRERO	13.3	14.0	14.0	14.4	13.6	13.8	0.7	0.7	1.1	0.3	0.5
MARZO	13.9	14.4	14.5	15.0	14.1	14.4	0.5	0.6	1.1	0.2	0.5
ABRIL	13.7	14.3	14.5	14.9	14.0	14.4	0.6	0.8	1.2	0.3	0.7
MAYO	13.8	14.5	14.6	15.0	14.2	14.4	0.7	0.8	1.2	0.6	0.6
JUNIO	13.4	14.0	14.1	14.5	13.7	13.8	0.6	0.7	1.1	0.3	0.4
JULIO	13.0	13.8	13.8	14.2	13.4	13.5	0.8	0.8	1.2	0.4	0.5
AGOSTO	13.0	13.8	13.8	14.2	13.4	13.5	0.8	0.8	1.2	0.4	0.5
SEPTIEMBRE	13.0	13.9	13.9	14.3	13.5	13.5	0.9	0.9	1.3	0.5	0.5
OCTUBRE	13.2	13.8	13.9	14.2	13.4	13.8	0.6	0.7	1.0	0.2	0.6
NOVIEMBRE	13.4	14.0	14.2	14.5	13.7	14.0	0.6	0.8	1.1	0.3	0.6
DECIEMBRE	13.4	14.1	14.2	14.5	13.7	13.2	0.7	0.8	1.1	0.3	-0.2
AÑO	13.3	14.0	14.1	14.5	13.6	13.8	0.7	0.8	1.2	0.3	0.5

$$[1] T = [\sum T_i] / 24$$

Valores calculados con datos de Tabla 1

$$[2] T = [T_{07} + T_{13} + 2xT_{19}] / 4$$

Valores calculados con datos de Tabla 1

$$[3] T = [T_{07} + T_{13} + T_{19}] / 3$$

Valores calculados con datos de Tabla 1

$$[4] T = [T_{07} + T_{13} + T_{18}] / 3$$

Valores calculados con datos de Tabla 1

$$[5] T = [T_{07} + T_{13} + 2xT_{20}] / 4$$

Valores calculados con datos de Tabla 1

$$[6] T = [T_x + T_m] / 2$$

Valores calculados con datos de Tabla 2

T - temperatura del aire media diaria; T_{07} , T_{13} , T_{18} , T_{19} , T_{20} - temperatura del aire a las 07, 13, 18, 19 y 20 horas, respectivamente; T_i - temperatura del aire horaria, donde $i = 1$ a 24 horas; T_x - temperatura máxima media del aire; T_m - temperatura mínima media del aire.

Variación anual de la temperatura del aire en Bogotá

La temperatura media en Bogotá, calculada con base en las 24 observaciones por día, que a nivel anual es de 13.3°C, presenta variaciones durante el transcurso del año que se caracterizan por una relativa complejidad y que muestra la existencia de un doble máximo y un doble mínimo relativo de temperatura media mensual (Tablas 1 y 3, Fig. 9).

- La época con mayores valores medios de temperatura corresponde al trimestre que cubre los meses de marzo (13.9°C), abril (13.7°C) y mayo (13.8°C); meses que corresponden al primer período lluvioso del año.
- Las más bajas temperaturas medias mensuales (13.0°C) se presentan durante el trimestre de julio a septiembre, que corresponde a uno de los dos períodos relativamente secos que ocurren en Bogotá.
- Las otras dos épocas —intermedias— de máximas y mínimas temperaturas medias mensuales, ocurren en noviembre y diciembre (2o. período lluvioso del año) con 13.4°C, el de máxima, y en enero (mes con muy bajas precipitaciones) con 13.1°C, el de mínima.
- Los meses de febrero (13.3°C), junio (13.4°C) y octubre (13.2°C), presentan valores muy similares al promedio anual, pueden considerarse como meses de transición entre las diferentes épocas relativamente calientes y frías.
- Las temperaturas extremas (absolutas y medias) presentan la misma constancia (relativamente muy baja amplitud) e igual variabilidad que los valores medios; la oscilación media de los valores extremos oscila alrededor de los 11°C y en casos extremos, muy poco probables, puede llegar a los 30°C (Tabla 2 y Fig. 10).

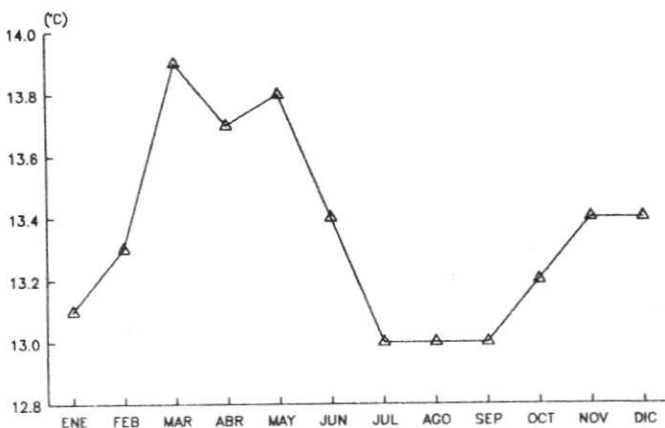


Figura 9. Variación interanual de la temperatura media del aire, en Bogotá.

- El valor más alto de temperatura del aire, que se ha registrado en Bogotá, ha sido de 25.2°C (en enero) y el más bajo de -5.2°C (el 12 de febrero de 1948, véase IGAC, 1961); la máxima media oscila alrededor de los 19.5°C y la mínima media alrededor de los 8.2°C.
- Las temperaturas más altas y más bajas ocurren, con mayor frecuencia, en los meses de enero y febrero; estos meses se caracterizan por la poca nubosidad y precipitación, óptimo ingreso de radiación solar y muy fácil salida de la radiación terrestre. Todas estas características, aunadas, hacen que los meses de enero y febrero sean los más aptos para que el fenómeno de Heladas se haga presente.

Es de anotar que algunos de los análisis que se han efectuado en el presente trabajo, difieren de los presentados por Montealegre (1979); ya que aca, se han utilizado los valores medios de temperatura determinados con base en 24 observaciones por día.

Conclusiones

Se comprueba que el régimen normal de variación anual de la temperatura del aire en Bogotá se caracteriza por una distribución con dos períodos de máximas y dos de mínimas temperaturas medias mensuales que, coinciden con las épocas más lluviosas y menos lluviosas, respectivamente.

También, se comprueba que el régimen normal de variación diurna de la temperatura media del aire en superficie, en Bogotá, se caracteriza por la existencia de un máximo y un mínimo horario, que se presentan alternadamente, el máximo un poco después de las 13 HL y el mínimo cerca a las 06 HL; el valor más alto, que se ha registrado, es de 25.2°C en enero y el más bajo de -5.2°C en febrero. La amplitud máxima absoluta ha oscilado entre 20.9°C y 30.2°C y la amplitud media entre 10.1°C y 13.5°C.

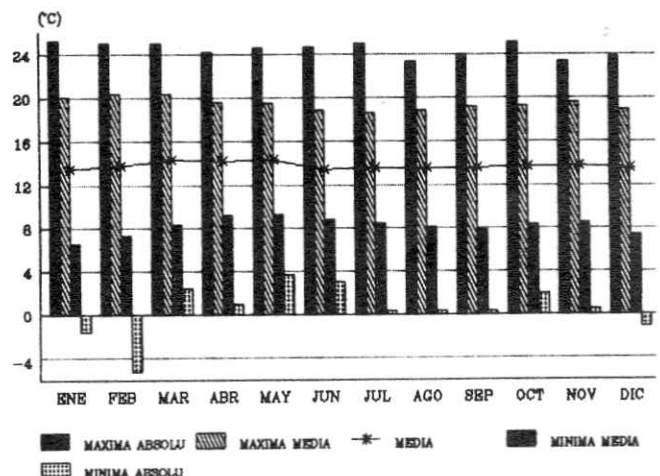


Figura 10. Variación interanual de los valores extremos y medios de la temperatura del aire, en Bogotá.

Igualmente, se muestra que sólo una de las ecuaciones utilizadas en pasadas épocas (distinta de la que actualmente se aplica) para la determinación de los valores medios diarios de la temperatura del aire, se ajusta bien a aquella que aplica el promedio aritmético de las 24 observaciones horarias por día. Lo anterior demuestra que, por lo menos, existe un problema para la definición de los valores medios diarios de la temperatura y, por lo tanto, se considera necesario recomendar la realización de un estudio que cubra todo el país, que cuantifique exactamente las desviaciones y que defina la ecuación más adecuada para aplicar en Colombia.

Bibliografía

De Fina, A. & Ravelo, A. 1973. Climatología y fenología agrícolas. 282 pp. Eudeba, Buenos Aires.

De Martonne, E. 1963. Tratado de Geografía Física. Tomo I. 9a. Edición 520 pp. Editorial Juventud, Barcelona.

Eslava, J. 1990a. La presión atmosférica en Colombia (Mscr). 159 pp. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

----- 1990b. Características de la variación de la temperatura del aire en Bogotá. Memorias del XI Congreso Colombiano de Geografía. pp. 222-237. Acoge, Montería.

----- 1990c. Características de la variación diurna de la presión atmosférica en Bogotá. Memorias del XI Congreso Colombiano de Geografía. pp. 238-249. Acoge, Montería.

Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (IGAC). 1959. Anales del Observatorio Meteorológico Nacional – Ciudad Universitaria 1958. 151 pp. IGAC, Bogotá.

----- 1960. Anales del Observatorio Meteorológico Nacional – Ciudad Universitaria 1959. 151 pp. IGAC, Bogotá.

----- 1961. Anales del Observatorio Meteorológico Nacional – Ciudad Universitaria 1960. 215 pp. IGAC, Bogotá.

Lowry, W.P. 1973. Compendio de apuntes de climatología para la formación de personal meteorológico de la Clase IV. Publicación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) No. 327. 168 pp. OMM, Ginebra.

Mertins, H. 1976. Compendio de apuntes de meteorología marítima para la formación de personal meteorológico de la Clase III y Clase IV. Publicación OMM No. 434. 240 pp. OMM, Ginebra.

Ministerio de Agricultura – División de Investigación. 1952-1958. Anales del Observatorio Meteorológico Nacional – Ciudad Universitaria 1944 a 1957. Bogotá.

Montealegre, J. 1979. Análisis estadístico de algunos parámetros meteorológicos en Bogotá. Publicación Aperiódica No. 44, HIMAT, 56 pp. Bogotá.

Pettersen, S. 1968. Introducción a la meteorología. 429 pp. Espasa-Calpe, Madrid.

Retallack, B.J. 1973. Compendio de apuntes para la formación del personal meteorológico de la Clase IV; Vol. II, Meteorología. Publicación OMM No. 266. 357 pp. OMM, Ginebra.

Riehl, H. 1954. Tropical meteorology. 392 pp. MacGraw-Hill, New York.

----- 1979. Climate and weather in the tropics. 612 pp. Academic Press, London.

Servicio Meteorológico Nacional 1950. Anales del Observatorio Meteorológico Nacional – Ciudad Universitaria 1941, 1942, 1943, 226 pp. Bogotá.

Stanescu, S. & J. Díaz, 1971. Estudio preliminar de la temperatura del aire en Colombia. Publicación aperiódica 26, SCMH. 81 pp. SCMH, Bogotá.