

REGIONALIZACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EN COLOMBIA

Bernardo Chaves Córdoba y Alvaro Jaramillo Robledo
Investigadores del Centro Nacional de Investigaciones de Café - CENICAFE
Chinchina – Caldas - Colombia

RESUMEN

El estudio plantea una regionalización de la distribución de la temperatura del aire en Colombia utilizando conceptos de macroclima (Zona de Convergencia Intertropical, ZCIT), de mesoclima (topoclima) a nivel de cuenca hidrográfica y métodos estadísticos de agrupación por el método de Ward. La integración de los diferentes criterios de agrupación permitió definir para el país trece regiones para las cuales se obtuvieron las ecuaciones para estimar la temperatura media del aire con la altitud. Los resultados obtenidos permiten agrupar a Colombia en cuatro grandes regiones: la Andina, la oriental (Amazonía y Orinoquía), la Atlántica y la Pacífica; para estas cuatro zonas se dan expresiones de cálculo para la temperatura media, la máxima y la mínima media en función de la altitud.

ABSTRACT

The study exhibits a regionalization of the distribution of the air temperature in Colombia that considers the concepts of macroclimate (Inter-tropical convergence zone, ZCIT), mesoclimate (topoclima) at the basin level, and statistical aggregate methods as the Ward method. Integration of the several aggregate criteria allowed to define thirteen regions for the country for which equations for estimating the mean air temperature as a function of altitude were obtained. The results allow to identify four big regions in Colombia: Andean, East (Amazonía and Orinoquía), Atlantic and Pacific. For these four zones, expressions for calculating the mean, the maximum, and the average minimum temperatures as a function of the altitude, are presented.

1. INTRODUCCIÓN

El calentamiento de la atmósfera es el resultado del balance de la radiación solar entrante y saliente de la superficie terrestre y de la propia atmósfera. La temperatura del aire varía en el espacio y en el tiempo; estas modificaciones son debidas a diferencias de la radiación recibida, a la naturaleza de la superficie, a la distancia desde las grandes masas de agua, al relieve y a los vientos dominantes, entre otros (12).

El gradiente horizontal de la temperatura no es significativo en la zona tropical, con un valor próximo a 1°C por 1000 km. de latitud y es particularmente válido para la franja comprendida entre los 5° Sur y 10° Norte; en las zonas subtropicales esta variación es de $5^{\circ}\text{C}/1000$ km. (2, 3, 11). Es de anotar que para las altitudes donde se cultiva el café en Colombia no se presenta el fenómeno de las heladas (9).

La variación diaria de la temperatura del aire es paralela al ciclo del balance de energía pero desfasado uno respecto al otro. La temperatura máxima se observa después del medio día y la mínima un poco antes de la salida del sol (1, 15).

La diferencia entre la temperatura máxima y mínima del día (amplitud diaria) varía con las condiciones de radiación solar que se presenten. La zona cafetera colombiana, por su localización tropical, mantiene para una misma altitud una temperatura media uniforme a través del año; la temperatura del mes más frío difiere poco de la del mes más caliente (9).

En algunas regiones de la zona cafetera la amplitud térmica, o sea la diferencia de la temperatura del aire entre la máxima y la mínima, puede alcanzar cambios diarios hasta

de 20°C y varía de acuerdo con el balance de calor diario de cada localidad. Un factor adicional que influye en la temperatura del aire es la orientación de la vertiente hacia los valles o hacia la montaña (9).

Para Colombia, la temperatura del aire disminuye con la altura sobre el nivel del mar con unos gradientes de $0.63^{\circ}\text{C}/100$ m para la temperatura media, $0.66^{\circ}\text{C}/100$ m para la temperatura máxima y $0.61^{\circ}\text{C}/100$ m para la temperatura mínima (4, 13).

En Colombia, las laderas expuestas hacia las grandes llanuras (Llanos Orientales y Llanuras Atlántica y Pacífica) presentan temperaturas más bajas, aproximadamente 2°C para una misma altitud, en comparación con las laderas encerradas dentro del sistema montañoso, como es lo que se observa en las cuencas de los ríos Cauca y Magdalena. La vertiente del pacífico presenta una temperatura media de 1.5°C a 2.0°C mas bajas que los sistemas de laderas interiores (13).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio considera, como información básica, la temperatura del aire a nivel mensual registrada en las estaciones climáticas operadas por la Federación Nacional de Cafeteros (8), e información extractada de los estudios de temperatura en Colombia de Cortés (5), Eslava et. al (6, 7) y Stanescu y Diaz (13), para períodos de observación mayores a 10 años.

En el archivo de datos, las filas u observaciones, fueron 1002 estaciones y las columnas o variables fueron la temperatura media mensual del aire para cada uno de los meses del año y la localización geográfica (latitud, longitud y altitud). Para el análisis de la temperatura máxima y mínima media se consideraron 237 estaciones climáticas

extractadas del estudio de Cortés (5). La información de las temperaturas extremas para la región Pacífica es escasa y no se tuvo en cuenta para los gradientes.

La agrupación inicial se realizó teniendo en cuenta los criterios climatológicos siguientes:

El primer criterio considerado es la latitud, para el cual se dividió el país en tres fajas, así:

- Regiones localizadas a menos de 3° de latitud norte.
- Regiones entre los 3 y los 7° de latitud norte.
- Regiones situadas en latitudes mayores de los 7° norte.

La agrupación pretende establecer regiones influenciadas por la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la cual determina la distribución macroclimática de las masas de aire que influyen en Colombia, según estudios previos realizados por Trojer (14), en la década del cincuenta.

El segundo criterio de agrupación, la Fisiografía, corresponde a las influencias de tipo regional condicionadas por la topografía y que dan lugar a circulaciones locales del viento valle-montaña-valle. Las regiones inicialmente seleccionadas fueron: Pacífica, cuenca del río Patía, cuenca del río Cauca, cuenca del río Magdalena, región Amazónica, región del Catatumbo, Sierra Nevada de Santa Marta, región Atlántica, región Oriental (Amazonía y Orinoquía), región Cundiboyacense, región de El Nudo de Los Pastos.

Para cada una de las regiones establecidas previamente, se efectuó el análisis de conglomeración (cluster analysis) por medio del método jerárquico de Ward. El método anterior se utilizó para la regionalización del

brillo solar (4) y de la precipitación (10) en Colombia.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La agrupación de la temperatura media del aire mediante el análisis de conglomerados determinó, a nivel latitudinal, cuatro cinturones, así: por debajo de los 3° norte; entre los 3° y 5° norte; entre los 5° y 7° norte y por encima de los 7° norte.

La franja divisoria encontrada por análisis de conglomerados alrededor de los 5° norte podría estar indicando la presencia del "Ecuador climático de Colombia" a esta latitud, el que determinaría una división térmica de la temperatura del aire entre los hemisferios del norte y del sur y tendría su influencia entre los 3° y 7° norte. Este cinturón había sido descrito con anterioridad por Trojer (14), en su estudio de zonificación meteorológica y climatológica del trópico con énfasis en Colombia.

Al considerar las interrelaciones de la latitud y la fisiografía, se determinaron trece regiones homogéneas en cuanto a la distribución de la temperatura media del aire, las cuales se relacionan en la Tabla 1.

En la Tabla 2, se presentan las expresiones que relacionan la temperatura media con la altitud para las trece regiones halladas en Colombia de acuerdo con la distribución mensual de la temperatura.

Para una misma altitud la temperatura media del aire observada en las vertientes orientadas a las grandes llanuras (Atlántica, Pacífica, Llanos Orientales) es más baja que la registrada en los valles interandinos, así: las laderas de la llanura Atlántica son inferiores 1.1°C; para la región Oriental - 1.6°C y para la región Pacífica - 1.9 °C.

TABLA 1. Regionalización de la temperatura del aire en Colombia mediante el análisis de conglomerados (cluster analysis) de acuerdo con su latitud y su influencia fisiográfica. CENICAFE, 1998.

REGIÓN	LATITUD	DEPARTAMENTOS	N° ESTACIONES
Pacífica	Menor de 3° N	Nariño (cuenca Patía).	12
	3° - 5° N	Valle, Chocó	9
	5° - 8° N	Chocó, Urabá.	25
Nudo de los Pastos Meseta Popayán	1° - 2° N	Nariño, Cauca	60
Oriente Colombia	Menor de 3° N	Putumayo.	7
	3° - 5° N	Caquetá, Meta.	51
	> 5° N	Casanare, Arauca.	40
Cuenca Cauca	2° - 5° N	Norte Cauca, Valle, Quindío.	61
	5° - 7° N	Risaralda, Caldas, Antioquia.	105
Cuenca Magdalena	3° - 4° N	Huila, Tolima.	83
	4° - 7° N	Tolima, Cundinamarca, Caldas, Antioquia, Santander Sur.	110
Región Cundi/Boyacá	3° - 7° N	Cundinamarca, Boyacá Santander Sur.	200
Región Atlántica	Mayor de 7° N	Córdoba, Sucre, Bolívar Atlántico, Magdalena, Cesar, Guajira, Santander Norte.	239
TOTAL			1002

TABLA 2. Relación entre la temperatura media del aire, Tm (°C) y la altitud, A (m) para diferentes regiones de Colombia.

REGIÓN	EXPRESIÓN	RANGO ALTITUD, (m)	R ²	
Pacífica	menor de 3° N	$T_m = 26.97 - 0.0057 A$	2 - 1.181	0.99
	3° - 5° N	$T_m = 27.11 - 0.0059 A$	7 - 1.850	0.99
	5° - 8° N	$T_m = 27.08 - 0.0056 A$	2 - 1.790	0.99
Nudo de los Pastos Meseta Popayán	1° - 2° N	$T_m = 29.45 - 0.0062 A$	880 - 3.087	0.98
Oriente Colombia (Amazonía y Orinoquía)	Menor de 3° N	$T_m = 27.51 - 0.0062 A$	200 - 3.600	0.99
	3° - 5° N	$T_m = 27.37 - 0.0058 A$	150 - 2.500	0.99
	mayor de 5° N	$T_m = 27.35 - 0.0058 A$	120 - 4.000	0.99
Cuenca Cauca	2° - 5° N	$T_m = 29.40 - 0.0061 A$	915 - 4.200	0.98
	5° - 7°	$T_m = 29.38 - 0.0061 A$	120 - 4.400	0.98
Cuenca Magdalena	3° - 4° N	$T_m = 29.56 - 0.0061 A$	231 - 4.482	0.99
	4° - 7°	$T_m = 29.46 - 0.0061 A$	100 - 2.825	0.99
Región Cundi/Boyacá	3° - 7° N	$T_m = 29.35 - 0.0061 A$	250 - 3.000	0.99
Región Atlántica	Mayor de 7° N	$T_m = 27.72 - 0.0055 A$	2 - 4.000	0.99

La observación anterior concuerda por lo encontrado por Stanescu y Díaz (13), los cuales manifiestan que para las regiones Atlántica, Pacífica y Llanos Orientales presentan para una misma altitud, temperaturas más bajas que la zona Andina. Igualmente los gradientes altitudinales de temperatura son más altos para la región Andina (0.61 °C/100 m) que para las demás regiones (0.55 a 0.58 °C/100 m).

Los gradientes térmicos (coeficientes de regresión lineal) a nivel mensual, presentan desviaciones estandar menores de 0.03 °C/100 m entre un mes y otro, lo cual permite generalizar una única expresión para el cálculo de la temperatura con la altitud para una misma región.

El comportamiento anual de la temperatura del aire en Colombia está determinada por su posición latitudinal en la franja tropical la cual condiciona muy poca variación entre un mes y otro. Las condiciones fisiográficas como son la altitud, la exposición de las laderas a los valles interiores o a las grandes llanuras modifican las condiciones térmicas de las localidades.

Aunque se determinaron las relaciones de la temperatura con la altitud para trece regiones en el país, de acuerdo con las expresiones halladas se pueden reunir en ecuaciones que representen las cuatro grandes regiones naturales de Colombia, a saber: Andina, Atlántica, Pacífica y Oriente del país (Orinoquía y Amazonía), como se observan en la Tabla 3, para calcular las temperaturas media, la máxima media y la mínima media con la altitud.

TABLA 3. Relación entre la temperatura (°C) media (T_m), máxima (T_{max}) y mínima (T_{min}) del aire y la altitud, A (m) para las cuatro grandes regiones de Colombia.

RANGO REGIÓN	Nº ESTACIONES	EXPRESIÓN	ALTITUD, m	R ²
ANDINA	626	T _m = 29.42 - 0.0061 A	100 - 4482	0.99
	133	T _{max} = 33.97 - 0.0058 A		0.86
	133	T _{min} = 23.97 - 0.0059 A		0.92
REGIÓN ORIENTAL	91	T _m = 27.37 - 0.0057 A	120 - 4000	0.99
	33	T _{max} = 32.13 - 0.0054 A		0.92
	33	T _{min} = 22.63 - 0.0059 A		0.95
ATLÁNTICA	239	T _m = 27.72 - 0.0055 A	2 - 4000	0.99
	71	T _{max} = 33.06 - 0.0062 A		0.79
	71	T _{min} = 23.10 - 0.0061 A		0.90
PACÍFICA	46	T _m = 27.05 - 0.0057 A	2 - 1850	0.99

BIBLIOGRAFÍA

1. AYOADE, J. O. Introduction to Climatology for the Tropics. Chichester, John Wiley and Sons, 1983, 258 p.
2. BARRY, R. G. Mountain Weather and Climate. London, Routledge, 1992, 402 p. (Routledge Physical Environmental Series).

3. BARRY, R. G., CHORLEY, R. J. *Atmósfera, Tiempo y Clima*. Barcelona, Ed. Omega, 1972, 395 p.
4. CHAVES, C. B., JARAMILLO, R. A. Regionalización de la Distribución del Brillo Solar en Colombia por Métodos de Conglomeración Estadística. *Cenicafé* 48(2), 1997, p. 120 - 132.
5. CORTES, B. E. Estudio del Régimen de Temperatura en Colombia. Santafé de Bogotá. HIMAT, 1989, 98 p. 6 mapas.
6. ESLAVA R., J. A. Climatología y Diversidad Climática de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas y Naturales* 18(71): 507-538, 1993.
7. ESLAVA R., J. A., LOPEZ G., V. A., OLAYA T. G. Contribución al Conocimiento del Régimen Térmico y Pluviométrico de Colombia. *Colombia Geográfica* 12(2): 53-118, 1986.
8. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ -CENICAFE. *Disciplina de Agroclimatología. Anuarios Meteorológicos 1950 a 1993*.
9. JARAMILLO R. A. Características Climáticas de la Zona Cafetera. *In: Tecnología del cultivo del café. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Comité. Departamental de Cafeteros de Caldas - Cenicafé*. 1988, p. 4 - 55.
10. JARAMILLO R. A., CHAVES C. B. Distribución de la Precipitación en Colombia; Uso de la Conglomeración Estadística. Chinchiná, CENICAFÉ, 1997, 12 p.
11. LAUER, W. Climate and Weather. *In: LIETH, H. H.; WERGER, M. J. A. (Eds). Tropical Rainforest Ecosystems; Biogeographical and Ecological Studies. Ecosystems of the World* 14 B. Amsterdam, Elsevier, 1989, p. 7 - 53.
12. MORAN, J. M., MORGAN, M. D. Meteorology. *The Atmosphere and the Science of Weather*. 4 Ed, Englewood Cliffs, Macmillan Publishing Company, 1991, 517 p.
13. STANESCU, S., DIAZ, J. R. Estudio Preliminar de la Temperatura del Aire en Colombia. *Servicio Colombiano de Meteorología e Hidrología*, 1971, 90 p.
14. TROJER, H. Fundamentos para la Zonificación Meteorológica y Climatológica del Trópico especialmente en Colombia. *Cenicafé*, 1959, 10(8): 289 - 373.
15. VIER S. G. *Climatología*. Barcelona, Editorial Oikos - Tau S. A, 1975, 320 p.