

REGIONALIZACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EN COLOMBIA

Bernardo Chaves-Córdoba*; Alvaro Jaramillo-Robledo**

RESUMEN

CHAVES C., B.; JARAMILLO R., A. Regionalización de la temperatura del aire en Colombia. Cenicafé 49(3): 224-230. 1998.

Este estudio plantea la regionalización de la distribución de la temperatura del aire en Colombia utilizando conceptos de macroclima (Zona de Confluencia Intertropical, ZCIT), de mesoclima (topoclima) al nivel de cuenca hidrográfica, y técnicas estadísticas 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 calcularon las ecuaciones que estiman la temperatura media del aire según la altitud. Los resultados obtenidos permiten agrupar a Colombia en cuatro grandes regiones: Andina, Oriental (Amazonía y Orinoquia), Atlántica y la región Pacífica; para estas cuatro zonas se establecieron expresiones de cálculo para la temperatura media, la máxima y la mínima medias, según la altitud.

Palabras claves: Clima, zona cafetera, estadísticas, temperatura.

ABSTRACT

The study proposes a regionalization of air temperature distribution in Colombia using concepts of macroclimate (Intertropical Confluence Zone), mesoclimate (topoclimate) at the level of river basins, and statistical grouping techniques by the Ward method. The integration of different grouping criteria allowed the definition of thirteen regions in the country, for which equations that estimate mean air temperature according to altitude were calculated. Results obtained group Colombia in four great regions: the Andean, the Oriental (Amazonia and Orinoquia), the Atlantic, and the Pacific. Expressions to calculate mean, maximum, and minimum temperatures, according to altitude, were developed.

Keywords: Climate, coffee-growing zone, statistics, temperature.

* Investigador Científico II. Biometría. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

** Investigador Científico II. Agroclimatología. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

El calentamiento de la atmósfera es el resultado del balance de la radiación 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 1.000km 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 $5^{\circ}\text{C}/1.000\text{km}$ (2,3,11). 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 amplitud diaria, es decir, la diferencia entre la temperatura máxima y mínima del día, varía de un día a otro y depende de las condiciones de radiación que se presenten. La zona cafetera colombiana por su localización tropical mantiene una temperatura media uniforme a través del año para una misma altitud; la temperatura del mes más frío difiere poco de la del mes más caliente (9).

Para Colombia, la temperatura disminuye con la altitud, con unos gradientes de $0,63^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ para la temperatura media, $0,66^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ para la temperatura máxima y $0,61^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ para la temperatura mínima (4, 13).

Para la zona cafetera la amplitud térmica, o sea la diferencia de la temperatura del aire entre la máxima y la mínima, puede presentar diferencias diarias hasta de 20°C y varían de acuerdo con el balance de calor diario de cada

localidad. Un factor adicional que influye en la temperatura es la orientación de la vertiente de la montaña (9).

En Colombia, las laderas expuestas hacia las grandes llanuras (Llanos Orientales, Llanura Atlántica y llanura Pacífica) presentan temperaturas más bajas, en aproximadamente 2°C para una misma altitud, en comparación con las laderas encerradas dentro del sistema montañoso, como es el caso de las cuencas de los ríos Cauca y Magdalena. La vertiente del pacífico presenta temperatura en $1,5$ a $2,0^{\circ}\text{C}$ más bajas que los sistemas de laderas interiores (13).

MATERIALES Y METODOS

El estudio considera como información básica, la temperatura del aire analizada mensualmente y registrada en las estaciones climáticas operadas por la Federación Nacional de Cafeteros (8) y la información extractada de los estudios de temperatura en Colombia realizados por Cortés (4), Eslava *et al.* (6,7) y Stanescu y Díaz (13) para períodos de observación mayores de 10 años.

En el archivo de datos se evaluaron 1002 estaciones y las columnas o variables fueron la temperatura del aire media, mensual, para cada uno de los meses del año y la ubicación geográfica (latitud, longitud y altitud). Para las temperaturas máximas y mínimas medias se consideraron 237 estaciones climáticas extractadas del estudio de Cortés (4). 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 siguientes criterios climatológicos:

La latitud, para lo cual se dividió el país en tres fajas, así:

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

La agrupación pretende establecer regiones influenciadas por la Zona de Confluencia 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 de los años cincuenta.

La fisiografía, que 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:

- Región 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 Orinoquia), 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 en Colombia del brillo solar (5) y la precipitación (10).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La agrupación de la temperatura media del aire mediante el análisis de conglomerados determinó en cuanto a la latitud cuatro cinturo-

nes, 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 cual determinaría una división térmica de la temperatura entre los hemisferios del norte y del sur, y tendría su influencia entre los 3° y 7° Norte. Este cinturón había sido descrito 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, con su distribución espacial en la Figura 1 y su distribución temporal en las Figuras ubicadas en cada región.

En la Tabla 2, se presentan las expresiones que relacionan la temperatura media con la altitud para las trece regiones halladas en Colombia, según 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 los la región Oriental -1,6°C y para la región Pacífica es -1,9°C. La observación anterior concuerda por lo encontrado por Stanescu y Díaz (14), 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 de altitud de temperatura son más altos para la región Andina (0,61°C/100m) que para las demás regiones (0,55 a 0,58 °C/100m).

TABLA 1. Regionalización de la temperatura del aire en Colombia según su latitud y su influencia fisiográfica.

Región	Latitud	Departamentos	N° Estaciones
Pacífica	< de 3°N	Nariño(cuenca del Patía).	12
	3° - 5° N	Valle, Chocó.	9
	5° - 8° N	Chocó, Urabá.	25
Nudo de los Pastos	1° - 2°N	Nariño, Cauca	60
Meseta de Popayán	< de 3° N	Putumayo.	7
Oriente Colombia	3° - 5° N	Caquetá, Meta	51
	> de 5°N	Casanare, Arauca.	40
Cuenca Cauca	2° - 5° N	Norte del Cauca, Valle, Quindío.	61
	5° - 7°	Risaralda, Caldas, Antioquia.	105
Cuenca Magdalena	3° -4°N	Huila, Tolima.	83
	4° - 7°	Tolima, Cundinamarca, Caldas, Antioquia, Santander	110
Región Cundi/Boyacá	3° -7° N	Cundinamarca, Boyacá Santander	200
Región Atlántica	Mayor de 7°N	Córdoba, Sucre, Bolívar Atlántico, Magdalena Cesar, Guajira, Santander del Norte.	239
			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	Tm = 26,97 - 0,0057 A	2 -1.181	0,99
	3° - 5° N	Tm = 27,11 - 0,0059 A	7 - 1.850	0,99
	5° - 8° N	Tm = 27,08 - 0,0056 A	2 - 1.790	0,99
Nudo de los Pastos Meseta Popayán	1° - 2°N	Tm = 29,45 - 0,0062 A	880 - 3.087	0,98
Oriente Colombia (Amazonía y Orinoquia)	menor de 3° N	Tm = 27,51 - 0,0062 A	200 - 3.600	0,99
	3° - 5° N	Tm = 27,37 - 0,0058 A	150 - 2.500	0,99
	mayor de 5°N	Tm = 27,35 - 0,0058 A	120 - 4.000	0,99
Cuenca Cauca	2° - 5° N	Tm = 29,40 - 0,0061 A	915 - 4.200	0,98
	5° - 7°	Tm = 29,38 - 0,0061 A	120 - 4.400	0,98
Cuenca Magdalena	3° -4°N	Tm = 29,56 - 0,0061 A	231 - 4.482	0,99
	4° - 7°	Tm = 29,46 - 0,0061 A	100 - 2.825	0,99
Región Cundi/Boyacá	3° -7° N	Tm = 29,35 - 0,0061 A	250 - 3.000	0,99
Región Atlántica	Mayor de 7°N	Tm = 27,72 - 0,0055 A	2 - 4.000	0,99

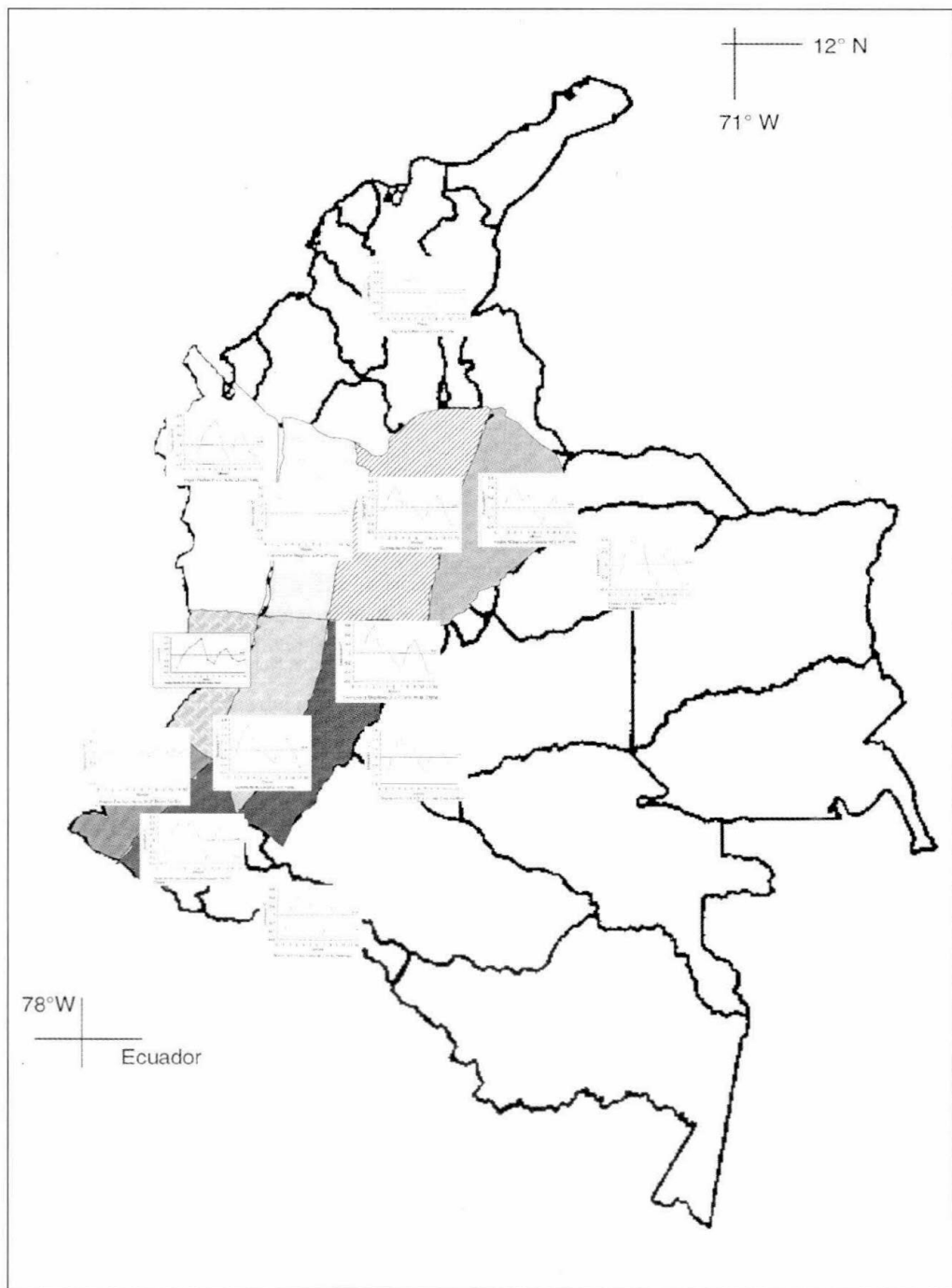


Figura 1. Distribución espacial de la temperatura media del aire en Colombia. Se observan 13 regiones homogéneas. En cada figura dentro de cada región, se presenta la distribución temporal de la temperatura.

Los gradientes térmicos (coeficientes de regresión lineal), al nivel mensual, presentan valores de desviación estándar menores 0,03 °C/100m 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 determinado 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 (Orinoquia 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 media(T_m), máxima(T_{max}) y mínima(T_{min}) del aire (°C), y la altitud (A, m) para cuatro grandes regiones de Colombia.

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
REGION 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
ATLANTICA	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
PACIFICA	46	$T_m = 27,05 - 0,0057 A$	2 - 1850	0,99

LITERATURA CONSULTADA

1. AYOADE, J.O. Introduction to climatology for the tropics. Chichester, John Wiley and Sons, 1983.258p.
2. BARRY,R.G. Mountain weather and climate. New York,Routledge, 1992.402p.(Routledge Physical Environment Series).
3. BARRY, R.G.; CHORLEY R.J. Atmósfera, tiempo y clima. Barcelona, Omega, 1972.395p.
4. CORTES, B.,E. Estudio del régimen de temperatura en Colombia. Santafé de Bogotá, HIMAT.1989.98p.
5. CHAVES C., B.; JARAMILLO R.,A. Regionalización de la distribución espacial del brillo solar en Colombia por métodos de conglomeración estadística. *In*: CONGRESO Colombiano de Meteorología, 4. Santafé de Bogotá, Marzo 19-23, 1996.Memorias, Santafé de Bogotá, IDEAN, 1996. p. 125-134.
6. ESLAVA R., J.A. Climatología y diversidad climática de Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas y Físicas 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, CENICAFÉ. Disciplina de Agroclimatología. Anuarios Meteorológicos 1950a 1993. Chinchiná, Cenicafé, 1993.
9. JARAMILLO R.,A. Características climáticas de la zona cafetera. *In*: TECNOLOGÍA del cultivo del café. Chinchiná, FEDERACAFE. Comité Departamental de Cafeteros de Caldas-Cenicafé, 1988. p. 4-55.
10. JARAMILLOR., A; CHAVES C., B. Distribución de la precipitación en Colombia; uso de la conglomeración estadística. Chinchiná, Cenicafé, 1997. 12p.
11. LAUER, W. Climate and weather. *In*: LIETH, H. H.; WERGER, M.J.A. (Eds) Tropical rainforest ecosystems; biogeographical and ecological studies. Amsterdam, Elsevier, 1989. p. 7-53. (Ecosystems of the world 14B).
12. MORAN, J.M.; MORGAN, M.D. Meteorology.The atmosphere and the science of weather. 4 ed. Englewood Cliffs, Macmillan Publishing Company,1991. 517p.
13. STANESCU, S.; DIAZ J.R. Estudio preliminar de la temperatura del aire en Colombia. Santafé de Bogotá, Servicio Colombiano de Meteorología e Hidrología, 1971. 90p.
14. TROJER, H. Fundamentos para la zonificación meteorológica y climatológica del trópico especialmente en Colombia. Cenicafé 10(8): 289-373. 1959.
15. VIERS, G. Climatología. Barcelona, Editorial Oikos-Tau. 1975. 320p.