

EL MACIZO COLOMBIANO ALGUNAS CARACTERISTICAS HIDROCLIMATICAS Y GEOMORFOLOGICAS

por

Jesús Eslava* & Antonio Flórez**

Resumen

Eslava, J. & A. Flórez. El macizo colombiano. Algunas características hidroclimáticas y geomorfológicas. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 19 (73): 265-273, 1994. ISSN 0370-3908.

El Macizo Colombiano es la estrella fluvial por excelencia donde nacen los principales ríos de nuestro sistema hídrico. Geológicamente incluye eventos recientes relacionados con el plutonismo, volcanismo y cambios climáticos. Allí convergen corrientes de vientos planetarios y locales. Puede definirse como un área geomorfológicamente inestable por las condiciones naturales allí imperantes, inestabilidad que se está acelerando por la intervención antrópica.

Abstract

The so called "Macizo Colombiano" is an area of a big hydrological importance because the main Colombian hydrological basins spring there. The massif, as the whole Colombian Andes, was recently tectonically uplifted and knew several plutonic, volcanic and glacial episodes. At present, the massif is subject to geomorphic processes which define some natural instability, accelerated by human activity. For this reason, the scientific interest is also great and support the content of this paper.

1. Introducción

El objetivo del presente trabajo es el de hacer un diagnóstico general del Macizo Colombiano de acuerdo con las características relevantes de su hidroclimatología y geomorfología. Los conceptos expuestos son el resultado de las observaciones de campo realizadas por el primer autor durante la primera expedición al Macizo Colombiano, organizada por la Gobernación del Huila en marzo de 1993, por trabajos de campo y de fotointerpretación realizados por el segundo autor en años anteriores y del tratamiento de datos meteorológicos suministrados por el Instituto Colombiano de Hidrología,

Meteorología y Adecuación de Tierras-HIMAT y de muy variada información bibliográfica (P.Ej.: Barrero et al., 1969; CRC, 1985; Eslava et al., 1986; Eslava, 1992, 1993; Flórez, 1983, 1992; Hubach & Alvarado, 1932; Kroonenberg et al., 1981; París & Marín, 1979; Radelli, 1967; Rivera, 1992; Tricart & Trautmann, 1974).

Con base en el objetivo del trabajo y por el escaso conocimiento sobre el área, los conceptos son de carácter general, sin descripciones localizadas sobre la distribución de los fenómenos considerados. Así, el diagnóstico de la situación del Macizo es general en cuanto a sus recursos agua y clima y se plantean algunos problemas relacionados con la forma de utilización de los recursos naturales. Además, se pretende orientar las actividades investigativas y las acciones referentes al ordenamiento territorial.

* Profesor Titular, Departamento de Geociencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

** Profesor Asociado, Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de Colombia.

2. Generalidades

A partir del Macizo Colombiano se diferencian las cordilleras de Colombia y se le conoce como la "Estrella Fluvial" ya que allí nacen cuatro de los principales ríos de nuestro país: el Magdalena y Cauca que forman el principal sistema hidrográfico al cual está ligado el recurso agua del centro y norte del país; transversalmente se ubican las cuencas hidrográficas del Caquetá y Patía que captan las aguas de dos de las regiones menos pobladas del territorio colombiano.

El Macizo es un centro de convergencia de diferentes sistemas de circulación general y local del aire (Brisas de valle-montaña, Föhn, Vientos del Pacífico, Alisios del SE, etc.); además, esta circunscrita dentro de la llamada Zona de Confluencia Intertropical. Esto hace que el Macizo se convierta en la región de mayor captación y distribución de aguas y, por ende, con una incidencia marcada a nivel nacional.

El área se identifica bajo el concepto de macizo. Los criterios que definen un macizo se relacionan con: presencia de rocas antiguas (paleozoicas y mesozoicas), ocurrencia de varios eventos tecto-orogénicos, aplanamientos (para Colombia: aplanamientos en condiciones bioclimáticas tropicales en el Terciario inferior antes de la orogenia andina) y fenómenos magmáticos (plutonismo y volcanismo). Estas condiciones se cumplen en el Macizo Colombiano, por lo cual su denominación está bien aplicada, a diferencia de otros relieves montañosos de Colombia donde se aplica mal el término.

El Macizo evolucionó a partir de eventos metamórficos y magmáticos ligados a la zona de subducción del Pacífico, con la formación de altiplanos ocupados en el pasado reciente por lagos que posteriormente fueron sedimentados y hoy conocidos como la altiplanicie de Paletará y el "páramo" de Las Papas. El eje volcánico activo de Los Coconucos con una gran actividad explosiva y efusiva, constituye uno de los elementos dominantes y de mayor dinámica dentro de la diversidad paisajística.

La evolución de los diferentes espacios, con la incidencia de varios factores, generó endemismos y fuente de distribución de especies vivas. El nombre vernáculo de la región (**Papallacta**) hace clara alusión a la existencia natural de la papa, y es un ejemplo del valor ecológico del área.

Por lo anterior, el Macizo se constituye en un gran ecosistema de incalculable valor biótico, hídrico, climático, paisajístico, etc., pero también incluye importantes factores de riesgo natural ligados al volcanismo activo y a los movimientos sísmicos derivados de una tectónica activa.

Los procesos de erosión, aunque funcionan en condiciones naturales por la inestabilidad natural del área, se están acelerando por la explotación especulativa de los recursos naturales.

tivamente, alta variabilidad de las lluvias mensuales, especialmente en el sector sur-oriental.

El régimen normal de variación temporal de los elementos climáticos se caracteriza por una predominancia de distribución bimodal, con dos períodos de valores máximos y dos de mínimos relativos, influenciado ese tipo de distribución por los desplazamientos de la Zona de Confluencia Intertropical (ITC). Sin embargo, en algunos casos y para algunos elementos se dan hasta tres (3) máximos y tres (3) mínimos, en otros casos sólo se da un (1) máximo y un (1) mínimo.

La ITC (Lessman & Eslava, 1985) es una zona de la atmósfera en la que confluyen dos masas de aire con baja presión relativa, se sitúa aproximadamente paralela al Ecuador y está ubicada entre dos núcleos de alta presión atmosférica. Esta zona, y las masas de aire que confluyen en ella, se desplaza con respecto al Ecuador siguiendo el movimiento aparente del sol, con un retraso de 5 a 6 semanas y una amplitud latitudinal media, aproximada, de 20° en África, 30° en Asia y 15° en América del Sur.

La diferencia de presión entre los núcleos de altas presiones y la ITC, da origen a movimientos horizontales del aire desde los Trópicos hacia el Ecuador, ellos se desvían por el movimiento de rotación de la tierra y soplan finalmente, desde el noreste en el sector ubicado en el norte y desde el sureste en el sur. Las áreas que no están, en un período dado, bajo la influencia de la ITC, se condicionan a los efectos de masas de aire relativamente secas, subsidentes y estables, y disfrutan, en términos generales, de buen tiempo, relativamente seco y soleado. Por el contrario, si están bajo la influencia de la ITC, el cielo es nuboso y se presentan abundantes lluvias, algunas veces se originan turbulencias dinámicas y/o térmicas que ocasionan procesos de fuerte convección (ascenso de aire), condensación del vapor de agua (al enfriarse por el ascenso) y precipitación.

En Colombia la ITC fluctúa, aproximadamente, entre 0° de latitud, posición en la que se encuentra en enero-febrero, y 10° de latitud norte, posición extrema que se puede alcanzar en julio-agosto. El desplazamiento ocasiona que en la mayor parte de Colombia se presente, durante el año, un doble máximo y un doble mínimo de precipitaciones y, por supuesto, también de los demás elementos meteorológicos.

Es decir, la ITC, pasa por el centro de Colombia dos veces al año: a) una primera vez entre abril y mayo, cuando se desplaza hacia el norte y ocasiona el primer período lluvioso que va acompañado de una disminución de la radiación solar entrante y del número de horas de brillo solar, con un pequeño descenso en las temperaturas medias, con disminución de las temperaturas máximas y aumento de las mínimas; b) una segunda vez entre septiembre y octubre, cuando regresa de su posición norte más extrema, alcanzada en julio-agosto, y se dirige al sur, originando el segundo período lluvioso que es el más fuerte y también se acompaña de una disminución de la radiación solar entrante y del número de horas de brillo solar, descenso en las temperaturas medias, disminución de las temperaturas máximas y aumento de las mínimas.

3. Hidroclimatología

Lo más característico de el clima de la región del Macizo Colombiano es su tendencia húmeda y con, rela-

Los procesos zonales de convección térmica y dinámica, junto con la influencia extensiva de la ITC, juegan una importancia decisiva en el régimen climático, notándose su acción especialmente en las áreas planas de las regiones septentrionales y orientales de Colombia. Por otra parte, en algunas áreas de la región del Macizo Colombiano, especialmente en la zona occidental, parece ser que la ITC cede, sólo en parte, su influencia predominante a procesos de circulación local que se encargan de que la formación de sistemas nubosos con fuertes lluvias no sean tan constantes.

Además de los procesos convectivos, térmicos y dinámicos mencionados, y de los ascensos y descensos de aire que guardan una relación directa con la ITC, también se hacen presentes movimientos del aire, horizontales y verticales, determinados por causas locales y condicionados por la configuración del relieve, la vegetación y la relación tierra-agua que originan estabilización o inestabilización de la atmósfera lo cual ocasiona, a su vez, muy escasas o muy abundantes precipitaciones, respectivamente; influyen los efectos de las circulaciones locales, como las brisas de montaña-valle y valle-montaña o pendiente-arriba y pendiente-abajo. Se demuestra su presencia básicamente porque refuerzan la influencia de los otros procesos o sistemas meteorológicos actuantes y determinan el período del día en el cual se presenta una mayor precipitación y coadyuvan a su producción en las épocas en las cuales esos otros procesos o sistemas meteorológicos no son totalmente condicionantes.

Por otra parte, la CRC (1985) anota que dentro del área del Macizo es de resaltar el aspecto regulador ecológico que ofrecen las numerosas lagunas, siendo las principales: La Laguna del Buey (64 hectáreas-ha), San Rafael (26.5 ha), Los Andes (24,7 ha), San Patricio (20.2 ha), Santiago (12.2 ha), La Magdalena (7.2 ha), Cusiyaco (6.2 ha) y Ríonegro (3.5 ha). Además de las anteriores hay unas 30 lagunas con superficie entre 1.5 y 3.5 ha y, aproximadamente, 35 con superficie menos de 1.5 ha. Todas esas lagunas ubicadas dentro del Parque Nacional Natural de Puracé, tienen que ver con los cuatro ríos que estructuran la Estrella Fluvial colombiana, por cuanto cada uno acrece su caudal con sus aguas.

3.1 Precipitación y caudales

Los diferentes ascensos de aire, originados por las múltiples causas y factores climáticos que se dan en la zona sur-oriental (Cuenca del río Caquetá), se unen para producir durante el año abundantes lluvias, para llegar en los sitios bajos (altitudes entre 450 y 750 m) a valores puntuales de precipitación anual promedia superior a los 4.500 mm (Villagarzón-Putumayo = 4.700 mm; El Pepino-Putumayo = 5.100 mm; Mocoa-Putumayo = 4.500 mm). Estos datos muestran a esta área como una de las más lluviosas de Colombia, junto con la zona norte del Chocó.

En todos los casos, el análisis de los diferentes datos sobre precipitación para la región del Macizo Colombiano, la zona sur-oriental es la que presenta los mayores valores.

El comportamiento de la precipitación durante el año, casi en toda la región del Macizo Colombiano, responde a una distribución de tipo bimodal (Fig.1), influenciada por los desplazamientos de la ITC y modificada por los factores climáticos propios de cada zona y de la región (forma, orientación, rango de altitudes, topografía, vegetación, presencia tierra-agua, no continentalidad, etc.)

La distribución bimodal se caracteriza por la presencia alternada de dos temporadas muy lluviosas y dos "relativamente" menos lluviosas.

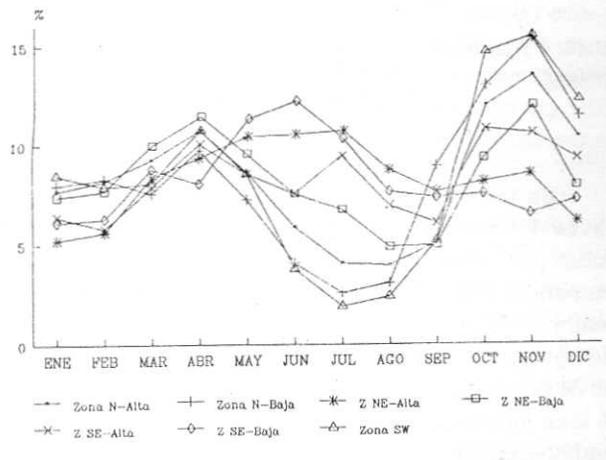


Figura 1. Distribución mensual típica promedio de la precipitación (en % respecto al valor medio anual)

3.1.1 Zona norte (Río Cauca). Según el documento de la CRC (1985), el 17 de enero de 1963 se determinó con exactitud que el nacimiento del río Cauca no estaba en la Laguna del Buey sino en una depresión al sur del valle de Paletará denominada La Josefita a una altitud de 3.280 m, muy cerca de los cerros El Cubilete (3.380 m) y El Español con una altitud un tanto superior al anterior.

En esta zona, la primera temporada lluviosa se inicia normalmente en el mes de marzo y se prolonga hasta finales de mayo, en total 3 meses; su máxima intensidad se presenta en el mes de abril (Fig.2), como consecuencia de que en este lapso la ITC se desplaza hacia el norte.

La segunda temporada lluviosa (la más intensa) incluye el período de octubre a diciembre (3 meses), con máximas intensidades en noviembre, por efecto de que la ITC nuevamente se hace presente en su viaje de regreso hacia el sur del país.

La temporada menos lluviosa, en general, tiene lugar en el lapso comprendido entre los meses de junio a septiembre (4 meses), cuando la ITC se encuentra en el sur y no ejerce influencia condicionante en la región.

La presencia de la ITC en el sur del país durante los meses de enero a febrero, ocasiona que la disminución de las lluvias, en este uno de los dos períodos menos lluviosos (2 meses), no sea muy fuerte, si se la compara con la disminución que ocurre a mediados del año.

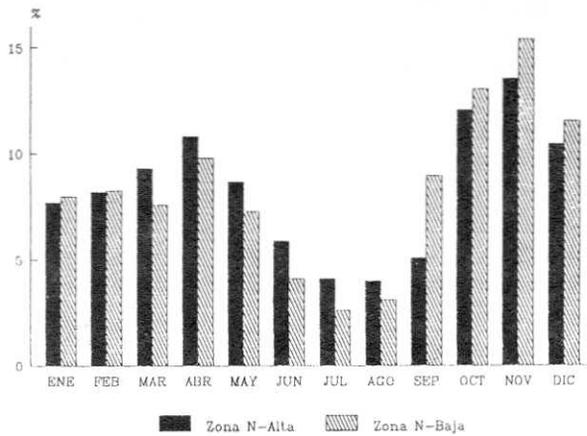


FIGURA 2. Distribución mensual típica promedio de la precipitación (en % respecto al valor medio anual). Zona norte del Macizo Colombiano-Río Cauca

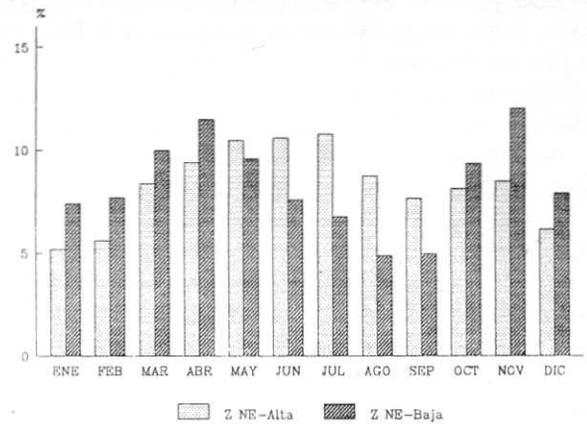


FIGURA 3. Distribución mensual típica promedio de la precipitación (en % respecto al valor medio anual). Zona nor-oriental del Macizo Colombiano-Río Magdalena

En las áreas bajas, la distribución de las lluvias a través del año sufre algunas modificaciones, influenciadas por las condiciones locales, que ocasionan que la temporada más lluviosa cubra también el mes de septiembre y la menos lluviosa sólo abarque el período junio-agosto. También se aprecia que los valores mensuales de precipitación que se presentan entre enero y marzo sean muy parecidos y, por ello, es difícil definir estas temporadas, sólo se aprecia claramente que en abril ocurre lluvias más fuertes.

En las partes altas de la zona, se puede decir que se presentan, en promedio anual, 1.700 mm de precipitación (en cada metro cuadrado de área caen -en promedio y anualmente- 1.700 litros de agua) y en las partes bajas 2.000 mm.

La distribución de los caudales es monomodal, en la parte alta de la cuenca con máximo en julio y mínimo en enero; por el contrario, aguas abajo de Julumito los caudales presentan un régimen bimodal con un máximo en julio y otro, de menores valores, en noviembre. Los caudales más bajos se registran en septiembre y existe un período de inflexión de enero a marzo.

Se ha estimado en 576 kilómetros cuadrados (km^2) el área de la Cuenca del Río Cauca ubicada en el Macizo Colombiano y por encima de los 2.200 m de altitud. Dentro de ésta área, se presenta un rendimiento de 32,70 litros por cada kilómetro cuadrado (lt/km^2) y un caudal promedio de 17,55 metros cúbicos por segundo (m^3/seg) (CRC, 1985).

3.1.2 Zona nor-oriental (Río Magdalena). El Río Magdalena nace en la laguna de su nombre a 3.350 m de altitud; esta laguna de 490 m de longitud por cerca de 400 m en su mayor anchura se halla ubicada en el Páramo de Las Papas, pequeña planicie del Macizo.

En esta zona, aún cuando se aprecia una distribución de las precipitaciones en dos temporadas lluviosas y dos relativamente menos lluviosas, la extensión y características de cada temporada son diferentes según se trate de las partes altas (cercanas al nacimiento del río) o bajas (Fig.3).

En las áreas altas, la primera temporada lluviosa (también la más intensa) se inicia normalmente en el mes de marzo y se prolonga hasta mediados de agosto (casi 6 meses), su máxima intensidad se presenta en el mes de abril; en las partes bajas, esta temporada dura sólo tres (3) meses, de marzo a mayo, en junio ya comienza la disminución de las lluvias y se inicia una temporada menos lluviosa.

La segunda temporada lluviosa (la menos intensa, en las áreas altas) incluye el período de octubre a noviembre (2 meses), con máximas intensidades en noviembre por efecto de que la ITC nuevamente se hace presente en su viaje de regreso hacia el sur del país; en las áreas altas, los valores de las lluvias que se dan en esta temporada están sólo un poco ligeramente por encima de los de la temporada menos lluviosa de los meses anteriores y de los meses siguientes.

Una de las temporadas menos lluviosas, en general, tiene lugar en el lapso comprendido entre los meses de julio a septiembre en las áreas bajas y, sólo durante septiembre en las áreas altas, cuando la ITC se encuentra en el sur y no ejerce influencia condicionante en la región; la otra temporada menos lluviosa se presenta de diciembre a marzo.

En esta zona, caen en promedio anual, cantidades de lluvias cercanas a los 1.800 mm en las áreas altas y, 1.400 mm en las áreas bajas.

Contrario al régimen de lluvias, los caudales presentan una distribución monomodal con mínimos en enero y máximos en julio.

La parte de la cuenca del Río Magdalena que se ubica en el Macizo Colombiano, por encima de 2.200 m de altitud, tiene un área aproximada de 1.552 km^2 , siendo su rendimiento de 105,71 lt/km^2 y su caudal de 152,97 m^3/seg .

3.1.3 Zona sur-oriental (Río Caquetá). El Río Caquetá se origina en tres (3) fuentes: la principal o fuente González, brota al pie del empinado contrafuerte de Peñas Blancas, a esta fuente se suma un profundo y alargado valle tapizado de frailejón y el exiguo aporte de las

lagunillas Meseta y Laguna Seca, situadas en un plano superior, relativamente cercanas a aquella fuente.

Esta zona presenta características transicionales entre varios regímenes de distribución temporal de las lluvias que implican desde aquellos sitios que tienen sólo dos (2) temporadas (una lluviosa y otra menos lluviosa) hasta aquellos que presentan tres (3) temporadas lluviosas y tres (3) relativamente menos lluviosas. La escasa información climática de que se dispone en esta zona, sólo permite hacer una separación entre áreas altas y bajas y mostrar para ellas una tendencia de la distribución de la lluvia anual.

Las altas precipitaciones que se dan en esta zona (casi 4.000 mm por año, en promedio para toda la zona) comprueban que acá el proceso predominante, productor de precipitación, es el convectivo, ocasionado por una combinación de efectos térmicos y dinámicos que reflejan la presencia de la ITC, efectos orográficos tipo Föhn (con altas lluvias en barlovento) y circulaciones locales tipo brisas de montaña-valle, valle-montaña y pendiente arriba.

La distribución típica, a través del año, de las lluvias mensuales en las áreas altas y bajas se muestra, a manera de ejemplo, en la Fig.4.

En las partes bajas, aun cuando podría hablarse de dos temporadas lluviosas (Marzo-julio y octubre), se nota claramente la tendencia a presentar una distribución con sólo una temporada lluviosa claramente definida que abarca desde marzo hasta julio y una temporada menos lluviosa de agosto-febrero, con máximas cantidades en junio y mínimas en enero-febrero. Se nota claramente la presencia persistente de los vientos alisios provenientes del sureste y su ascenso a través del sector oriental de la cordillera oriental, produciendo la temporada más lluviosa.

En las partes altas y por la muy diferente e interrelacionada influencia que se da entre la ITC, la circulación general (vientos alisios del sureste) y las muy diferentes características del conjunto fisiográfico natural, se típicamente una distribución de la precipitación con tres (3) temporadas de lluvias altas (con meses centrales

en abril, julio y octubre) y tres (3) de lluvias menos altas (con meses típicos febrero, junio y septiembre).

Los caudales presentan régimen monomodal muy bien definido con máximos en julio y mínimos en enero.

El área de la cuenca del Río Caquetá ubicada dentro del Macizo Colombiano y a altitudes por encima de los 2.200 m, tiene una superficie aproximada de 598 km², con un rendimiento de 122,80 lt/km² y un caudal de 68,47 m³/seg.

3.1.4 Zona occidental (Río Patía). Al Río Patía se le asigna como fuente principal uno de los ríos Timbío, Quilcacé o el Guachicono, con más opción este último como la verdadera rama superior del río, pues en un elevado sector de la Cordillera Central, entre los cerros de San Ramón y San Alfredo, aparecen tres lagunillas situadas a nivel diferente y unidas dos de ellas por el mismo cauce.

La lluvia media anual en esta zona sólo alcanza los 1.900 mm, presenta también una distribución bimodal en la que se alternan dos temporadas lluviosas (abril-mayo y octubre-diciembre) con dos períodos relativamente menos lluviosos (junio-septiembre y enero-marzo); en la temporada seca más larga (junio-septiembre) sólo se presenta el 13% de la precipitación total anual, de enero a marzo es el 24.5%; la segunda temporada lluviosa es muy corta, cubre sólo los meses de abril y mayo con el 19% del total anual, por lo cual estos meses más que representar un período lluvioso podrían considerarse como una temporada de transición entre dos períodos menos lluviosos que él mismo (Fig.5).

Los caudales también presentan un régimen bimodal con máximos en noviembre-diciembre y otro menor en abril-mayo; los valores mínimos ocurren en septiembre y marzo.

La cuenca de este río, por encima de los 2.200 m y dentro del Macizo Colombiano, comprende una extensión aproximada a los 897 km², con un rendimiento de 32,90 lt/km² y un caudal de 27,50 m³/seg.

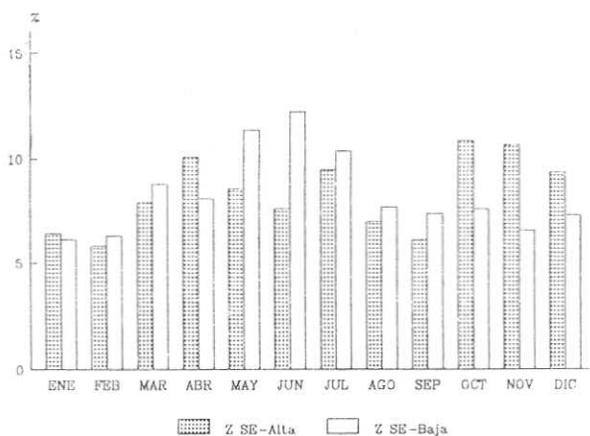


Figura 4. Distribución mensual típica promedio de la precipitación (en % respecto al valor medio anual). Zona sur-oriental del Macizo Colombiano-Río Magdalena

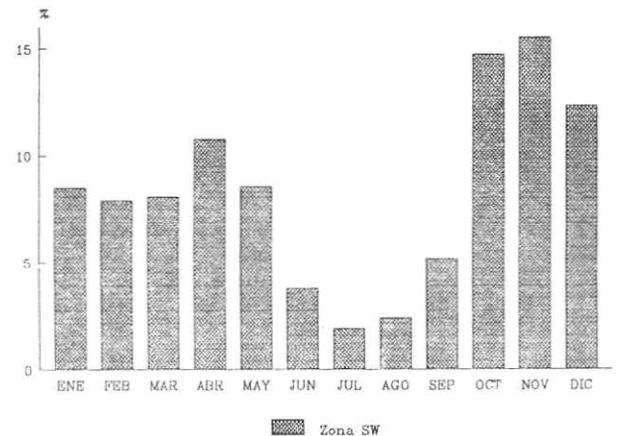


FIGURA 5. Distribución mensual típica promedio de la precipitación (en % respecto al valor medio anual). Zona occidental del Macizo Colombiano-Río Patía

Los valores de la precipitación máxima absoluta mensual presentan una distribución a través del año similar al de las precipitaciones medias mensuales.

El número de días promedio con precipitación oscila desde 10 para los meses menos lluviosos hasta 25 o más días con precipitación para los meses más lluviosos. En la zona norte el promedio de días lluviosos al año es de 260 y un máximo de 350; en la zona nor-oriental es de 230 y un máximo de 300; en la zona sur-oriental es de 230 y un máximo de 320; en la zona occidental, el promedio es de 180 y el máximo de 260.

En las épocas más secas ocurren 164 días con lluvia, en promedio por año en la zona norte, 100 en la zona nor-oriental, 130 en la zona sur-oriental y 100 en la occidental.

3.2. Temperatura

La temperatura media en la región, a nivel anual y a 2.000 m y 3.000 m de altitud es de 17.1°C (grados celsius) y 10.9°C, respectivamente, en la zona norte; de 17.1°C y 10.9°C en la zona nor-oriental; de 15.9°C y 10.6°C en la zona sur-oriental; y de 17.0°C y 12.0°C en la zona occidental. Esta temperatura presenta variaciones durante el transcurso del año que se ajustan a un sólo régimen de características uniformes, en general cambia para la región según las características propias de cada zona y para cada zona según la altitud, con gradiente de 6.17 grados celsius por cada kilómetro de altitud (°C/km) en la zona norte, 6.24°C/km en la zona nor-oriental, 5.29°C/km en la zona sur-occidental y 4.95°C/km en la zona occidental.

Para un mismo mes, la temperatura media puede variar de un año a otro con valores que oscilan desde 1.4°C a 2.5°C en promedio o de 2.2°C a 4.6°C como máximo.

La diferencia entre la temperatura máxima media y mínima media para un mes, sobrepasa todo el año y en todas las altitudes los 9°C y en algunos casos llegan a los 17°C. Los valores más bajos se presentan en las épocas más lluviosas y los más altos ocurren en las épocas menos lluviosas. Las mayores variaciones de las temperaturas ocurren en los días de los meses menos lluviosos. Estas variaciones son mayores a mayores altitudes y varían desde cerca de 16°C en bajas altitudes hasta 25°C en altas elevaciones.

Los gradientes de variación altitudinal de la temperatura media anual de aire, mencionados, en las zonas sur-oriental y occidental son muy diferentes a los que normalmente se ha dicho que se cumplen para toda Colombia (P.Ej.: 0.6°C/100 m a 0.65°C/100 m); estas zonas tienen una tendencia a ser más calientes que las demás, pero sus temperaturas a bajas altitudes son inferiores gracias a la acción de los vientos predominantes, a mayor altura pasan a ser más calientes que las de las zonas adyacentes.

La temperatura sufre variaciones considerables en el transcurso del día, es así como a las 06 y/o 07 HL (Hora Local) se registran valores medios inferiores a los

de las 13 y/o 14 HL, en aproximadamente 8°C, los que a su vez son también superiores a los de las 19 HL en 4°C. Se presenta entonces un máximo medio relativo en las primeras horas de la tarde (13 y/o 14 HL) y un mínimo medio relativo en la madrugada (05 y/o 06 HL), cuya diferencia en promedio puede alcanzar los 8°C.

3.3. Evapotranspiración

Como ya se mencionó, el clima de la región es abundante en agua, la evapotranspiración potencial y real ha sido estimada en cerca del 20% al 30% de la precipitación. Obviamente los meses de mayor exceso hídrico corresponden a los períodos más lluviosos y sobre todo al período octubre-noviembre, durante el cual los escurrimientos superficiales son bastante grandes.

La comparación de los valores de los elementos climáticos de la región del Macizo Colombiano con aquellos de áreas adyacentes permite encontrar diferencias suficientes como para considerar que esta región constituye un clima excepcional; en efecto, se observa que se trata de una región más caliente y más húmeda de lo que le correspondería si conservara la tendencia climática de las áreas vecinas. El hecho anterior, aún cuando ocasiona que la evaporación y la transpiración sean relativamente mayores, no impide que se de un mayor exceso hídrico en el suelo, originando mayor escurrimiento superficial y subterráneo de agua. De acuerdo con los cálculos realizados, la evaporación y la transpiración solo afectan hasta el 30% de la precipitación, lo cual produce un exceso de agua lluvia del orden del 70% (en algunos casos más de 2.000 mm/año). Obviamente los meses críticos corresponden al período lluvioso y especialmente a los meses de octubre y noviembre, durante los cuales el exceso es superior a los demás meses y, por lo tanto, los escurrimientos son bastante altos.

3.4. Clasificación Climática

3.4.1. Según C.W. Thornthwaite. De acuerdo con la metodología de C.W. Thornthwaite, la región del Macizo Colombiano tiene un tipo de clima superhúmedo (A), excepto en la zona nor-oriental que es húmeda, con ninguna deficiencia de agua (r), sus características calóricas lo hacen mesotermal (B'), las muy pocas o casi nulas variaciones de temperatura media ocasionan que el coeficiente de concentración trimestral de la eficiencia termal esté alrededor del 25% (a'). En el extremo nor-oriental de la región, el grado de humedad disminuye de superhúmedo a moderado y ligeramente húmedo (B₂ y B₁).

3.4.2. Según W. Köppen. Dentro del sistema de clasificación establecido por Köppen, a la mayor parte de la región del Macizo Colombiano se le puede asignar el Tipo Csb que corresponde a un clima templado húmedo con una época relativamente seca, donde llueve casi todo el año.

Lo anterior se cumple, a excepción de una gran parte del sector nor-oriental; en estas áreas se dan los climas Am (tropical lluvioso de bosque con período seco definido) y Af (clima tropical lluvioso de selva).

3.4.3 Según Caldas-Lang. De acuerdo a las características generales de la región del Macizo Colombiano (predominando la abundante humedad), el clima típico es el Frío Húmedo (FH); únicamente se distingue la zona nor-oriental con un clima templado semihúmedo (Tsh).

En resumen se puede concluir que todas las condiciones climáticas son amplia y claramente favorables a las actividades productivas, si se toman las medidas preventivas que sean del caso, pero también son ampliamente favorables a la acción de los agentes destructores del suelo, de las plantaciones, etc. El exceso hídrico natural, unido a las temperaturas y a la alta humedad, causa la saturación permanente del suelo y lo deja expuesto a ser arrastrado y dispersado, sobre todo cuando no existe ni drenaje ni cobertura vegetal adecuada. Las lluvias muy intensas o persistentes, como las de noviembre, son especialmente favorables al desarrollo acelerado de deslizamientos y erosión por el escurrimiento superficial y subterráneo en suelos que permanecen húmedos.

Paralelamente al quitar la cobertura vegetal (hecho muy notorio en toda la región) se ha quitado y se sigue quitando la posibilidad de reincorporar el agua evapotranspirada a las formaciones nubosas y de allí recibirla nuevamente en forma de lluvia.

Las reservas hídricas actuales son inferiores a las del pasado reciente debido, además del no reciclaje del agua evapotranspirada por la supresión de la capa boscosa, a la desaparición de las masas glaciares que aportaban agua de fusión a la red hídrica. Los últimos glaciares residuales (Pan de Azúcar y Puracé) desaparecieron entre 1940 y 1960, lo cual corresponde con el aumento de la temperatura que, a nivel mundial, empezó hacia 1850 después de la Pequeña Edad Glacial.

4. La Geomorfología del Macizo

El Macizo Colombiano es sinónimo de diversidad. Aquí presentamos únicamente las unidades fisiográficas más relevantes, con algunas de sus características y sus problemas relacionados con la utilización del espacio por el hombre (Fig.6).

4.1 Los Coconucos

La culminación altitudinal del Macizo está conformada por las estructuras volcánicas activas de Los

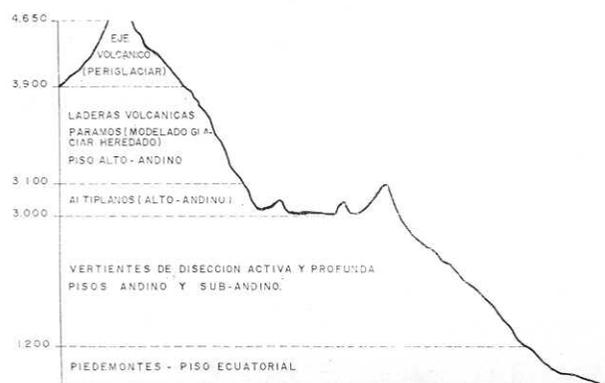


Figura 6. Principales unidades fisiográficas del Macizo Colombiano.

Coconucos (eje volcánico) en las que se identifica una amplia variedad de formas (cráteres simples, dobles, fisurados, encajados; flujos de lava continuos y brechíticos; domos; agujas) y depósitos piroclásticos (bombas volcánicas, piedra pómez, vidrio, ceniza, arena, etc.). De estos volcanes se destacan el Pan de Azúcar y el Puracé.

Del lado occidental se destaca otro eje volcánico activo en el que sobresalen los volcanes de Sotará y Cerro San Alfredo (existen otras estructuras volcánicas sin identificar).

El eje volcánico se considera activo ya que abundan las evidencias (efusiones y explosiones) de estas manifestaciones en el Pleistoceno y también después de la última glaciación, es decir en los últimos 10.000 años. Además, la actividad continúa en el presente con manifestaciones sísmicas, hidrotermales y explosivas. Flórez (1984), identificó ocho (8) estructuras volcánicas activas; sin embargo, es muy probable que existan otras.

Además, de la actividad misma, las áreas arriba de 3.900 m de altitud están desprovistas de vegetación y debido a las pendientes fuertes son productoras de sedimentos que se transportan rápidamente por el agua lluvia y la de fusión de las nieves ocasionales.

El eje volcánico fue modelado por la acción de los glaciares de la última glaciación (aproximadamente desde hace 70.000 hasta hace 10.000 años antes del presente) que en conjunto con la actividad volcánica generaron flujos (volcano-glaciares) que aportaron materiales para el relleno de los lagos de Paletará y Las Papas y la consecuente formación de los altiplanos. Muchos de estos flujos actuaron fuera del área, a lo largo de la red hidrográfica que se origina allí y con una incidencia muy fuerte en áreas lejanas como los piedemontes.

La actividad explosiva cubrió el área de espesas capas de materiales piroclásticos (con predominio de ceniza), a partir de los cuales se han derivado ricos suelos (andosoles) con alta capacidad de retención de agua y alto contenido de nutrientes, que se encuentran aún en sitios muy distantes dentro y fuera del territorio colombiano.

La conjunción de los eventos volcánicos y glaciares, más la característica húmeda del clima, conllevaron a la formación de numerosas y muy importantes lagunas que se constituyen en claves reservas hídricas, bióticas y paisajísticas.

4.2. Laderas entre 3.000 y 3.900 m de altitud

Las laderas volcánicas están ocupadas por las formaciones vegetales del Páramo y Subpáramo y, en algunos casos, las formaciones altoandinas ubicadas al suroriente que logran llegar hasta 3.400 m de altitud (Cuenca alta del río Mazamorra, La Plata y Bedón, que poseen características superhúmedas).

Las formas dominantes de estos espacios son el resultado de la superposición de capas de lavas y otros materiales volcánicos y, las formas resultantes del modelado glaciario (cubetas de sobreexcavación, valles, morrenas). Hoy las cubetas y valles están ocupadas por

pantanos (turberas) con formaciones vegetales especiales y una fuente de reserva y regulación hídrica y climática.

La pendiente fuerte y la inestabilidad potencial de los suelos, hacen que la intervención humana (actualmente en vías de generalización) genere y/o acelere procesos de disección y remoción en masa, con la consecuente degradación de la calidad de las aguas y una mayor carga de sedimentos en la red de drenaje.

4.3. Los altiplanos, antes ocupados por lagos

Bajo el concepto de altiplanos se incluyen aquí el denominado Páramo de Las Papas y la Altiplanicie de Paletará, que biogeográficamente hacen parte del piso Altoandino (no del páramo). Su altitud aproximada es de 3.000 m.

Estas, que en el pasado eran depresiones ocupadas por grandes lagos, fueron sedimentadas por el aporte de materiales de origen fluvial, glaciar y volcánico, en eventos muchas veces simultáneos. El relleno condujo a la desaparición de los lagos y, por ende, a la pérdida de una buena parte del recurso hídrico y, a la posterior colonización por la vegetación de los bosques altoandinos (hoy desaparecidos por acción humana).

En la Altiplanicie de Paletará, aún se evidencian dos estructuras volcánicas muy degradadas y aparentemente inactivas, que muy difícilmente se perciben directamente en el campo. Estos son el volcán Paletará (nombre que se adoptaría por la ubicación en la altiplanicie) y Cuchilla del Canelo (nombre que ya existe para el relieve allí presente). Al sur de estos volcanes está la Laguna del Buey, donde nace la Quebrada del Buey, afluente del Magdalena. Esta laguna ocupa un cráter volcánico que de ser activo representaría un riesgo de magnitud catastrófica.

Los sedimentos lacustres son de baja consolidación y están siendo fácilmente disectados por las corrientes de agua, con la consecuente pérdida de capacidad de retención que está conduciendo a la sequía de los suelos. El fenómeno se acelera por la construcción de acequias de drenaje que incide en el descenso del nivel freático y, desde luego, en la reducción de las reservas de agua.

4.4. Vertientes de disección profunda.

(Altitudes inferiores a 3.000 m)

Las características que definen esta unidad se relacionan con:

- Presencia evidente de ríos resultantes de la confluencia de las corrientes menores existentes en las otras unidades;
- Pendientes fuertes que, junto con lo anterior, generan un mayor potencial hidro-gravitatorio;
- Localización de los óptimos pluviométricos, que aportan una mayor cantidad de agua;
- Algunas corrientes están parcialmente controladas por alineamientos tectónicos activos (ejes de

fracturación de material) que dan una mayor facilidad para socavar y transportar materiales sólidos.

Todo lo anterior conlleva a una mayor capacidad de disección y profundización de cauces, lo cual implica un aumento de la pendiente de las laderas e inestabilidad de sus materiales. El proceso señalado se acelera por la inadecuada forma de ocupación y utilización de los espacios; acá se aprecia una mayor ocupación y se nota un mayor impacto ambiental.

En esta unidad también se identifican estructuras volcánicas (pueden ser del orden de 15, la mayoría sin identificar) que han tenido actividad reciente (en el tiempo geológico); entre ellas se destacan la caldera de Letreros o Cutanga ocupada por la Laguna de Los Andes y el volcán Merenberg.

4.5. Los piedemontes

En las estribaciones del Macizo se encuentran los piedemontes, área de transición hacia las llanuras inundables. Las geoformas dominantes son los conos de deyección aluvio-torrencial, depósitos correlativos de la dinámica fluvio-glaciar y con aporte de materiales volcánicos.

Los conos por su pendiente e inundabilidad menores, soportan una mayor concentración de población; hecho que conduce consecuentemente a una mayor degradación por procesos de tunelización y carcavamiento de los suelos.

La desaparición de las masas glaciares (nevados) disminuyó los riesgos por flujos (volcano-glaciares) como ocurrió frecuentemente en el pasado; sin embargo, los desbordes de los ríos constituyen un riesgo actual.

5. Conclusiones y recomendaciones

Esta visión general del Macizo Colombiano permitió detectar algunas de las bondades y limitantes frente a su posible utilización racional, de efectos locales y regionales en un futuro plan de ordenamiento territorial.

Existe un conocimiento científico muy limitado, por lo que se requiere implementar un Programa de Investigación multidisciplinario e interinstitucional que lleve a una zonificación integrada en función de la población, de su oferta ambiental, de sus riesgos naturales y de la posibilidad de utilización racional.

El Macizo es el resultado de la conjunción de diferentes eventos tecto-orogénicos, volcánicos, glaciares y bioclimáticos, que le imprimen al área unas características especiales en cuanto se refiere a la diversidad y magnitud de recursos y, por lo mismo, de limitantes para su aprovechamiento.

La presencia de volcanes activos indica la posibilidad de aprovechar el recurso geotérmico, aspecto sobre el cual no se ha tomado ninguna acción.

La formación del Macizo es reciente (en términos geológicos) y continúa en evolución. El aporte de sedimentos por procesos geomorfológicos naturales y

acelerados por el hombre podría afectar seriamente, en el futuro inmediato, el manejo del agua para uso doméstico y agroindustrial en todas las áreas que dependen hídricamente del Macizo.

Las lagunas del área tienen un proceso de sedimentación natural, pero su colmatación está acelerándose por un mayor aporte de sedimentos ligados a las actividades agropecuarias en zonas con pendientes fuertes. Esto conlleva, también, a la reducción de la cantidad y calidad del agua que forma la reserva hídrica.

Las unidades en que preliminarmente se dividió el Macizo, tienen una característica común que es la de la inestabilidad potencial y real, que se acelera por la acción humana. De lo anterior se plantea el riesgo de desertificación de estos espacios, en un futuro muy cercano y la consecuente disminución del recurso hídrico en gran parte de Colombia.

Comparativamente con el resto del territorio colombiano, el Macizo Colombiano es una de las mayores fuentes del recurso hídrico, lo cual en unión con los factores geológicos, bioclimáticos y geomorfológicos que lo caracterizan, hacen del Macizo un área estratégica para el desarrollo nacional. Lo anterior, contrasta con la poca atención que en todos los campos se le otorga a esta región que no solo es importante para si misma sino para todo el país.

Actualmente se observan evidencias de inestabilidad relacionada con causas naturales y antrópicas, las que podrían acelerarse hasta llegar a umbrales críticos, por uso inadecuado del espacio. Como ejemplo, vale la pena citar los riesgos sísmicos y volcánicos, además de la posibilidad de aparición de condiciones de desertificación por la degradación de la cobertura vegetal, suelo y agua.

En el Macizo Colombiano abundan las formas paisajísticas que aún no tienen nombre, por lo menos en la cartografía existente. De otra parte, la tradición indígena es rica en vocabulario naturalista, del cual debería tomarse nombres para identificar los elementos físicos y evitar el denominar algunos sitios con nombres de personas, como ya ha ocurrido.

Bibliografía

Barrero, L.D., A. Alvarez & T. Kassem. 1969. Actividad ignea y tectónica en la Cordillera Central durante el Meso-Cenozoico. Bol.Geol. XVII. Ingeominas, Santafé de Bogotá.

Corporación para la reconstrucción y desarrollo del Departamento del Cauca-CRC. 1985. Estado actual y perspectivas hídricas del Macizo Colombiano (Mscr). III Congreso de Cuencas Hidrográficas. CVC, Cali.

Eslava, J. 1992a. Perfil altitudinal de la temperatura media del aire en Colombia. Geofis. Colomb. 1:37-52. Acad. Colomb. Cienc. Geofis., Santafé de Bogotá.

_____. 1992b. La precipitación en la Región del Pacífico Colombiano. (Lloro: ¿El sitio más lluvioso del mundo?). ZENIT 3:7-33. Asoc. Col. Ing. Geógrafos-ACIG, Santafé de Bogotá.

_____. 1993a. Climatología y diversidad climática de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (71):507-538, Santafé de Bogotá.

_____. 1993b. Características térmicas de la Región del Pacífico Colombiano. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (72), Santafé de Bogotá.

_____. V. López & G. Olaya. 1986a. Los Climas de Colombia (Sistema de W. Köppen). Atmósfera 5:35-81. Soc. Colomb. de Meteorología-SOCOLMET, Santafé de Bogotá.

_____. _____. & _____. 1986b. Los Climas de Colombia (Sistema de C.W. Thornthwaite). Atmósfera 6:33-76. SOCOLMET, Bogotá.

_____. _____. & _____. 1986c. Los Climas de Colombia (Sistema de Caldas-Lang). Atmósfera 7:41-77. SOCOLMET, Santafé de Bogotá.

Flórez, A. 1983. Cadena volcánica de los Coconucos, Cordillera Central. Colombia Geográfica X (2):33-53. IGAC, Santafé de Bogotá.

_____. 1992. Los glaciares residuales de Colombia-Enfoque Geohistórico y situación actual. ZENIT 3:35-45. Asoc. Col. Ing. Geógrafos-ACIG, Santafé de Bogotá.

Hubach, E. & E. Alvarado. 1932. La altiplanicie de Paletará. Inf. Geol. 516. Ingeominas, Santafé de Bogotá.

Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras - HIMAT. 1993. Información hidrometeorológica básica disponible en la Sección de Archivo Técnico. HIMAT, Santafé de Bogotá.

Kroonenberg, S., L.A. León, J.M. Pastrana & M.R. Pessoa. 1981. Ignimbritas pleistocénicas en el suroeste del Huila, Colombia y su influencia en el desarrollo morfológico. CIAF 6 (1-3):293-314. CIAF, Bogotá.

Lessman, H. & J. Eslava. 1985. Las precipitaciones anormales ocurridas en Colombia durante los años 1970 y 1971. Atmósfera 3:1-28. SOCOLMET, Santafé de Bogotá.

París, G. & P. Marín. 1979. Generalidades acerca de la Geología del Departamento del Cauca. Mapa Geológico E: 1:350.000. Ingeominas, Santafé de Bogotá.

Radelli, L. 1967. Géologie des Andes Colombiennes. Mémoires de la Faculté des Sciences de Grenoble N°6. Grenoble, France.

Rivera, L. 1992. Observaciones en relación con los procesos de precipitación y escorrentía en la Cuenca superior de los ríos Cauca, Patía, Caquetá y Magdalena. ZENIT 3:65-70. Asoc. Col. Ing. Geógrafos-ACIG, Santafé de Bogotá.

Tricart, J. & J. Trautmann. 1974. Quelques aspects de l'évolution géomorphologique quaternaire du haut bassin du Magdalena. Bull. Inst. Fr. Et. And. III (4):37-58. Lima.