

# LLUVIAS MÁXIMAS EN 24 HORAS PARA LA REGIÓN ANDINA DE COLOMBIA

Álvaro Jaramillo-Robledo\*

---

## RESUMEN

**JARAMILLO R., A. Lluvias máximas en 24 horas para la región andina de Colombia. Cenicafé 56(4): 250-268. 2005.**

En 167 estaciones de la red climática de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, localizadas en el área de influencia del cultivo del café, se analizaron las características de las cantidades de lluvia máxima en 24 horas para la región Andina de Colombia. Se registraron los valores medios y máximos absolutos, y los ajustes para diferentes períodos de retorno mediante la distribución de Gumbel para valores extremos, metodología de amplio uso en climatología e hidrología. Para la región cafetera la lluvia máxima diaria absoluta presenta sus mayores frecuencias en los meses de mayo, octubre y noviembre, y en general se puede observar que siguen la doble onda de la distribución de la lluvia originada por la Zona de Confluencia Intertropical en la región Andina de Colombia. Al relacionar la lluvia máxima con la altitud se encontró que las mayores intensidades ocurren en altitudes inferiores a 1.000 metros y a partir de este nivel las cantidades disminuyen hasta una altitud próxima a los 2.000 metros y aumentan nuevamente hacia altitudes superiores, aunque con valores inferiores a los registrados en las zonas bajas.

**Palabras clave:** Colombia, Región Andina, Zona cafetera colombiana, lluvia máxima, método de Gumbel.

---

## ABSTRACT

In 167 stations of the climatic network of the National Federation of Coffee Growers of Colombia, located in the coffee culture influence area, the characteristics of the maximum rain amounts in 24 hours were analyzed for the Colombian Andean region. The average and maximum values as well as the adjustments for different return periods by means of the Gumbel distribution for extreme values, which is an amply used methodology in climatology and hydrology, were registered. In the coffee region, the maximum daily rain shows its highest frequencies in May, October and November, and, in general, it can be observed that they follow the double wave of the rain distribution originated by the Zone of Intertropical Confluence in the Andean region of Colombia. When relating maximum rain to altitude, it was found that the greatest intensities happen in altitudes that are less than 1,000 meters and from this level the amounts diminish to an altitude of about 2,000 meters and increase again towards higher altitudes, although with lower values than those registered in the low zones.

**Keywords:** Colombia, Andean region, Colombian coffee zone, maximum rainfall, Gumbell method.

---

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

En Colombia, la cadena montañosa de los Andes se divide en tres ramales: Cordillera Occidental, cordillera Central y cordillera Oriental, separadas por los valles de los ríos Cauca y Magdalena. Por su localización en la zona tropical, en general, se tienen altas intensidades de lluvia y escorrentía que afectan los suelos, los cultivos y las obras civiles, mediante procesos de remoción masal y sedimentación.

En la zona cafetera colombiana se han publicado diversos estudios sobre las características temporales y espaciales de las lluvias y sus intensidades máximas (8, 14, 16, 17, 19, 20).

En Colombia, los regímenes de precipitación al nivel macroclimático están determinados por la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT), una franja donde se encuentran las corrientes de aire cálido y húmedo provenientes de los cinturones de alta presión situados en la zona subtropical de los hemisferios Norte y Sur, que dan origen a la formación de masas de nubes y abundantes lluvias. Otros sistemas atmosféricos que actúan sobre el clima de Colombia son: las ondas del Este con trayectorias en el océano Atlántico, los huracanes del Atlántico, las masas de aire procedentes de la Cuenca Amazónica y la influencia de vientos húmedos del océano Pacífico (6), éste último en especial, con su efecto del Evento Cálido del Pacífico (El Niño), el Evento Frío del Pacífico (La Niña) (15) y la Corriente en Chorro del Chocó (13).

Durante el año, la distribución de la lluvia en Colombia es unimodal (con un valor máximo o pico) o bimodal (con dos picos máximos). Entre las regiones en que ocurre un sólo período de lluvias están los Llanos Orientales (región de la Orinoquia), la región Amazónica y la región Andina, para latitudes inferiores a 3° Norte, con los valores

máximos de lluvia en los meses de junio y julio. Las regiones de influencia directa de los Alisios del Norte como la Llanura del Caribe, La Guajira y la región del río Catatumbo presentan también distribución unimodal, con un período seco definido de diciembre a marzo, con las mayores cantidades de lluvia en octubre y noviembre. La distribución de tipo bimodal ocurre en dos épocas del año en las regiones cubiertas por la ZCIT, principalmente entre los 4° y los 7° de latitud Norte en los departamentos de Caldas, Risaralda, Quindío, Tolima y Cundinamarca (7, 12).

La presencia de montañas origina vientos locales de valle - montaña durante el día y de montaña - valle en la noche; esos vientos afectan la dinámica de la precipitación regional y fortalecen la acción de los diferentes componentes de los sistemas atmosféricos, especialmente la ZCIT y determinan el período del día en el cual ocurre una mayor precipitación. Los estudios realizados en las regiones montañosas demuestran que la intensidad y la duración de la precipitación cambia con la altitud y con las variaciones de la fisiografía (1, 5).

Diversos estudios demuestran la complejidad de la relación altitud con cantidad o intensidad de la lluvia; Pokels, citado por Barry (1), concluye que el ángulo de la pendiente de la ladera es más importante que la altura absoluta. Los componentes esenciales en un modelo orográfico de la precipitación deben incluir medidas de desplazamiento del aire sobre la ladera, ascenso o descenso adiabático y procesos de evaporación - condensación (1, 2).

Las altas cantidades de lluvia en las regiones colombianas no se deben tanto al valor máximo de las lluvias diarias sino más bien a la alta ocurrencia de los días con lluvia. La frecuencia de la lluvia aumenta

con la altitud y puede compensar en parte la disminución de los totales diarios, pero en general, es difícil encontrar una relación entre la precipitación media anual y la altitud; sin embargo, la orografía tiene una influencia decisiva en la distribución vertical de las lluvias (12).

Altitudinalmente en el trópico se diferencian varios niveles de condensación: Un primer nivel está situado alrededor de los 1.800 metros, el segundo depende de la configuración del nivel inmediatamente inferior y dependiendo de la disponibilidad de vapor de agua de la ladera, se sitúa a una altura próxima a los 2.700m y avanza hasta el límite superior del bosque en altitudes comprendidas entre 3.200 y 3.500m, donde se producen las lluvias (11).

En este trabajo se analizan las características de las cantidades de lluvia máxima en 24 horas para la región Andina de Colombia, los valores medios, los máximos absolutos y se presentan cómo se realizan los ajustes para diferentes períodos de retorno mediante la metodología de los valores extremos propuesta por Gumbel, aplicada para las estaciones de la red climática de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y operada por

Cenicafé dentro del área de influencia del cultivo del café.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio se procesó la información de lluvia diaria de las estaciones climáticas de la red meteorológica de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, operada por Cenicafé, localizadas en los Andes de Colombia entre 01°15' y 10°25' de Latitud Norte y entre 72°37' y 77°29' de Longitud Oeste, con altitudes comprendidas entre 380m y 2.120 metros (4).

De las series históricas de precipitación se consideró la lluvia acumulada en 24 horas (desde las 07 horas a las 07 horas del día siguiente) y se seleccionó el valor máximo registrado para cada mes en cada uno de los años de observación. Se analizó la información de las lluvias de un total de 167 estaciones, de las cuales 52 son de registro (pluviógrafo) y 115 de medida directa (pluviómetro).

En la Tabla 1 se observa la localización geográfica de las estaciones y los años de observación.

**Tabla 1.** Localización de las estaciones climáticas analizadas.

Estación	Municipio	Longitud Norte		Longitud Oeste		Altitud metros	Nº años observados	Período	
		°	'	°	'			Inicio	Final
<b>Antioquia</b>									
La Aldea	Dabeiba	07	02	76	12	1.500	11	1977	1987
Bariloche	Fredonia	05	55	75	42	1.748	24	1980	2003
La Blanquita	Fredonia	05	49	75	41	570	20	1984	2003
Santa Cruz	Fredonia	05	54	75	38	1.400	11	1993	2003
Miguel Valencia	Jardín	05	36	75	51	1.621	51	1953	2003
El Rosario	Venecia	05	58	75	42	1.635	37	1967	2003
<b>Boyacá</b>									
Bertha	Moniquirá	05	53	73	34	1.677	51	1953	2003

Continúa...

...continuación

Estación	Municipio	Longitud		Longitud		Altitud metros	N° años observados	Período	
		Norte °	'	Oeste °	'			Inicio	Final
<b>Caldas</b>									
Cuatro Esquinas	Aguadas	05	40	75	25	1.900	21	1983	2003
Guaymaral	Aguadas	05	39	75	27	1.600	43	1961	2003
Cenicafé	Chinchiná	05	00	75	36	1.310	62	1942	2003
La Sierra	Chinchiná	04	59	75	38	1.400	16	1988	2003
La Francia	Chinchiná	04	59	75	41	1.267	27	1977	2003
Los Pomos	Chinchiná	04	58	75	35	1.583	12	1992	2003
Naranjal	Chinchiná	04	58	75	39	1.381	48	1956	2003
La Divisa1	Chinchiná	04	59	75	36	1.590	12	1992	2003
La Julia	Filadelfia	05	18	75	34	1.650	17	1987	2003
El Mirador	Filadelfia	05	14	75	34	1.650	11	1993	2003
La Juliana	Manizales	05	08	75	29	1.785	10	1994	2003
Santa Teresa	Manizales	05	07	75	32	1.698	13	1991	2003
Las Colinas	Manizales	05	06	75	34	1.450	13	1991	2003
La Selva	Manizales	05	05	75	36	1.312	19	1985	2003
El Pistacho	Manizales	05	04	75	33	1.582	14	1990	2003
Santa Teresita	Manizales	05	04	75	37	1.172	15	1989	2003
Agronomía	Manizales	05	03	75	30	2.088	48	1956	2003
Java	Manizales	05	01	75	32	1.778	24	1980	2003
Llanadas	Manzanares	05	12	75	08	1.420	49	1951	1999
El Descanso	Marmato	05	30	75	37	1.803	24	1980	2003
Santa Helena	Marquetalia	05	19	75	00	1.395	24	1980	2003
La Argentina1	Palestina	06	02	75	41	1.354	18	1986	2003
Granja Luker	Palestina	05	04	75	41	1.031	40	1964	2003
Santágueda	Palestina	05	04	75	40	1.026	40	1964	2003
El Recreo	Palestina	05	02	75	39	1.430	34	1970	2003
La Palma	Palestina	05	01	75	41	1.165	17	1987	2003
Hogar Juvenil	Pensilvania	05	30	75	11	1.560	15	1989	2003
La Argentina2	Riosucio	05	28	75	42	1.420	26	1978	2003
La Manuelita	Riosucio	05	22	75	41	1.460	34	1970	2003
La Divisa2	Salamina	05	25	75	28	1.500	10	1951	1960
Rafael Escobar	Supía	05	27	75	38	1.307	33	1971	2003
Cuba	Victoria	05	20	74	56	1.054	15	1989	2003
La Pastorita	Victoria	05	19	74	58	1.122	25	1979	2003
<b>Cauca</b>									
Manuel Mejía	El Tambo	02	24	76	44	1.735	51	1953	2003
La Trinidad	Piendamó	02	45	76	35	1.671	24	1980	2003
Portachuelo	Rosas	02	16	76	45	1.695	13	1991	2003

Continúa...

...continuación

Estación	Municipio	Longitud Norte		Longitud Oeste		Altitud metros	N° años observados	Período	
		°	'	°	'			Inicio	Final
Instituto Técnico	Sant. Quilichao	03	01	76	29	1.058	51	1951	2001
Mondomo	Sant. Quilichao	02	54	76	33	1.380	21	1983	2003
<b>Cesar</b>									
Pueblo bello	Pueblo bello	10	25	73	34	1.134	46	1958	2003
<b>Cundinamarca</b>									
San Luis	Arbeláez	04	14	74	26	1.700	12	1992	2003
Mesitas Santa Inés	Cachipay	04	43	74	27	1.340	38	1966	2003
El Paraiso	Caparrapí	05	19	74	31	1.450	12	1992	2003
El Refugio	La Mesa	04	42	74	26	1.250	13	1977	1989
Honduras	La Mesa	04	41	74	27	1.077	12	1992	2003
Sec. Agricultura	La Palma	05	27	74	24	1.250	41	1951	1991
Canaima	La Palma	05	21	74	25	1.594	13	1991	2003
Misiones	M. del Colegio	04	33	74	26	1.540	26	1978	2003
Icalí	Sasaima	04	57	74	25	1.328	16	1988	2003
Santa Barbara	Sasaima	04	56	74	25	1.478	16	1988	2003
Pinar del Río	Silvania	04	26	74	23	1.752	22	1982	2003
Granja Tibacuy	Tibacuy	04	22	74	26	1.538	52	1952	2003
La Florida	Vergara	05	05	74	18	1.400	18	1986	2003
La Esperanza	Villeta	05	01	74	31	1.350	13	1991	2003
Montelíbano	Yacopí	05	27	74	20	1.365	44	1960	2003
<b>Huila</b>									
Guayabal	Algeciras	02	32	75	17	1.460	18	1986	2003
Kiosko	Algeciras	02	32	75	20	1.400	10	1976	1985
Villa Consuelo	Garzón	02	11	75	34	1.570	18	1986	2003
Jorge Villamil	Gigante	02	20	75	31	1.420	49	1955	2003
Conc. Timaná	Timaná	01	57	75	56	1.141	18	1986	2003
<b>N. de Santander</b>									
Blonay	Chinácota	07	34	72	37	1.250	53	1951	2003
Gabriel M. Barriga	Convención	08	25	73	20	1.261	13	1991	2003
Francisco Romero	Salazar	07	44	72	47	903	49	1955	2003
<b>Meta</b>									
Maringá	Acacias	03	58	73	36	380	34	1970	2003
Santa Helena	San Carlos de Guaroa	03	50	73		280	13	1991	2003

Continúa...

...continuación

Estación	Municipio	Longitud Norte		Longitud Oeste		Altitud metros	Nº años observados	Período	
		°	'	°	'			Inicio	Final
<b>Nariño</b>									
Ospina Pérez	Consacá	01	15	77	29	1.603	51	1953	2003
El Sauce	La Unión	01	37	77	07	1.609	22	1982	2003
<b>Quindío</b>									
El Sena	Armenia	04	34	75	39	1.550	35	1962	1996
Tucumán	Armenia	04	32	75	44	1.250	22	1982	2003
La Pradera	Armenia	04	28	75	43	1.350	22	1982	2003
Paraguaicito	Buenavista	04	24	75	44	1.203	41	1963	2003
La Esperanza	Buenavista	04	22	75	45	1.428	22	1982	2003
La Bella	Calarcá	04	30	75	40	1.449	53	1951	2003
El Paraíso	Calarcá	04	29	75	41	1.400	13	1982	1994
Quebradanegra	Calarcá	04	27	75	40	1.500	22	1982	2003
Bremen	Circasia	04	40	75	36	2.028	33	1971	2003
La Ilusión	Circasia	04	35	75	43	1.442	22	1982	2003
Mónaco	Córdoba	04	25	75	42	1.350	22	1982	2003
La Esperanza	Filandia	04	38	75	41	1.671	16	1988	2003
Villa Horizaba	Génova	04	15	74	48	1.470	18	1982	1999
La Alejandría	Génova	04	11	75	47	1.600	13	1991	2003
La Argentina3	La Tebaida	04	27	75	47	1.200	31	1973	2003
La Miranda	La Tebaida	04	26	75	51	1.193	22	1982	2003
La Julia	Montenegro	04	33	75	45	1.250	18	1986	2003
Sorrento	Montenegro	04	33	75	49	1.203	22	1982	2003
El Agrado	Montenegro	04	31	48		1.275	20	1984	2003
El Porvenir	Pijao	04	19	75	47	1.470	14	1990	2003
El Rocío	Quimbaya	04	37	75	45	1.400	10	1981	1990
Vivero	Quimbaya	04	37	75	46	1.330	53	1951	2003
Maracay	Quimbaya	04	36	75	44	1.402	27	1977	2003
<b>Risaralda</b>									
La Tribuna	Balboa	04	57	75	58	1.580	32	1972	2003
Ingenio Risaralda	Balboa	04	55	75	54	908	26	1976	2001
Los Cámbulos1	Belén Umbría	05	09	75	53	1.400	16	1988	2003
El Bosque	Dosquebradas	04	51	75	41	1.458	26	1978	2003
Ospirma	Guática	05	20	75		1.661	23	1981	2003
Buenos Aires	Guática	05	19	75	48	1.814	23	1981	2003
La Palmera	Marsella	05	00	75	45	1.450	23	1981	2003
El Barranco	Mistrató	05	20	75	53	1.580	17	1987	2003
Combia	Pereira	04	51	75	47	1.173	23	1981	2003
Los Cámbulos2	Pereira	04	49	75	50	1.189	40	1964	2003
Planta Tratamiento	Pereira	04	48	75	40	1.487	34	1970	2003
La Renta	Pereira	04	47	75	47	1.194	17	1987	2003

Continúa...

...continuación

Estación	Municipio	Longitud Norte		Longitud Oeste		Altitud metros	N° años observados	Período	
		o	′	o	′			Inicio	Final
Hiroshima	Pereira	04	46	75	44	1.340	18	1981	1998
La Catalina	Pereira	04	45	75	44	1.321	18	1986	2003
El Cedral	Pereira	04	42	75	32	2.120	43	1961	2003
La Oriental	Quinchía	05	22	75	43	1.730	23	1981	2003
El Diamante	Quinchía	05	19	75	42	1.550	23	1981	2003
El Castillo	S Rosa Cabal	04	56	75	40	1.599	19	1982	2000
El Jazmín	S Rosa Cabal	04	55	75	37	1.635	44	1960	2003
<b>Santander</b>									
Ceylan	Bucaramanga	07	11	73	07	1.304	26	1978	2003
Villanueva	Chalará	06	14	73	10	1.450	39	1965	2003
Cuchicute	Curití	06	34	73	04	1.600	27	1977	2003
Miporal	Floridablanca	07	06	73	05	1.237	26	1978	2003
Bonanza	Girón	07	05	73	17	1.250	26	1978	2003
Chochos	Hato	06	33	73	19	1.400	27	1977	2003
La Laguna	Páramo	06	30	73	09	1.550	26	1978	2003
Las Flores	Pinchote	06	29	73	11	1.700	27	1977	2003
El Silencio	Ríonegro	07	24	73	13	1.120	16	1988	2003
La Cumbre	Puente Nacional	05	52	73	41	1.691	25	1979	2003
Palestina	Ríonegro	07	19	73	07	1.350	26	1978	2003
Cocal	Ríonegro	07	16	73	09	700	18	1986	2003
Los Cocos	Ríonegro	07	14	73	07	1.300	27	1977	2003
Santa Rita	San Gil	06	35	73	08	1.600	25	1979	2003
Casa de Teja	San Vicente	06	55	73	27	960	16	1988	2003
Aguasblancas	San Vicente	06	50	73	29	964	41	1963	2003
La Plazuela	Socorro	06	27	73	14	1.672	11	1993	2003
Cielo Roto	Suaita	06	07	73	22	1.504	27	1977	2003
El Mesón	Valle San José	06	25	73	09	1.330	25	1979	2003
<b>Tolima</b>									
Totarito	Alvarado	04	40	75	01	1.250	22	1982	2003
Janiyof	Anzoátegui	04	38	75	04	1.720	21	1983	2003
La Danta	Casabianca	05	06	75	06	1.700	13	1989	2001
Poco a Poco	Chaparral	03	47	75	33	1.340	19	1982	2000
El Limón	Chaparral	03	40	75	35	990	31	1966	1996
La Montaña	Dolores	03	33	74	54	1.296	37	1964	2000
El Ocaso	Dolores	03	32	74	53	1.000	26	1964	1989
Palocabildo	Falan	05	07	75	02	1.500	45	1955	1999
La Cimarrona	Fresno	05	10	75	00	1.400	30	1970	1999
Chapetón	Ibagué	04	28	75	16	1.353	49	1955	2003
Planes	Lérida	04	51	75	00	1.223	16	1988	2003

Continúa...

...continuación

Estación	Municipio	Longitud		Longitud		Altitud metros	N° años observados	Período	
		Norte	,	Oeste	,			Inicio	Final
El Edén	Libano	04	58	75	00	1.373	15	1988	2002
La Trinidad	Libano	04	54	75	02	1.456	31	1973	2003
La Mesa	Mariquita	05	11	74	53	1.200	12	1982	1993
El Inciensial	Murillo	04	53	75	08	2.400	16	1988	2003
Montefrío	Natagaima	03	29	75	16	1.500	22	1982	2003
El Recreo	Ortega	04	03	75	18	1.504	13	1991	2003
Guadualito	Santa Isabel	04	41	75	05	1.620	20	1984	2003
Luis Bustamante	Villarrica	03	54	74	34	1.616	40	1964	2003
<b>Valle</b>									
Arturo Gómez	Alcalá	04	40	75	47	1.259	37	1967	2003
Bellavista	Ansermanuevo	04	48	76	04	1.550	30	1974	2003
El Placer	Ansermanuevo	04	47	76	04	1.744	33	1971	2003
Santiago Gutiérrez	Argelia	04	44	76	07	1.530	32	1972	2003
Venecia	Caicedonia	04	20	75	50	1.168	20	1984	2003
El Berrión	Cartago	04	40	75	50	1.166	17	1987	2003
Santa Marta	El Aguila	04	53	76	03	1.764	25	1979	2003
Albán	El Cairo	04	47	76	11	1.510	29	1975	2003
La Selva	Ginebra	03	45	76	12	1.805	24	1980	2003
Campanella	Palmira	03	29	76	11	1.512	27	1976	2002
Julio Fernández	Restrepo	03	49	76	32	1.381	50	1954	2003
H Uribe-La Sirena	Sevilla	04	17	75	54	1.519	51	1953	2003
Manuel Mallarino	Trujillo	04	13	76	19	1.331	35	1969	2003
El Recreo	Ulloa	04	42	75	44	1.421	17	1987	2003

**Análisis estadístico.** En general, las series de lluvia no tienen periodos de observación extensos, por lo que se requiere de estimaciones estadísticas para la información de periodos largos. La estimación más usada es la distribución de Gumbel, aplicada en hidrología por Ven T. Chow y por Hershfield a la información de lluvia máxima (3, 9, 10, 18).

Los valores estimados con la distribución de Gumbel para los diferentes periodos de retorno se utilizan para el diseño y cálculo de obras de infraestructura; para la planificación de cuencas hidrográficas, embalses y drenajes y para la orientación de planes de uso, manejo y conservación de suelos.

El período de retorno o de recurrencia (Tr) es el intervalo medio expresado en años, en el cual un valor extremo alcanza o supera al menos una sola vez un valor dado. El período de retorno a considerar será mayor cuanto más alta sea la repercusión social, ecológica y económica de la obra a construir (3, 10).

La expresión para estimar la lluvia máxima es la siguiente:

$$LL_{Tr} = LL_m + K * S_n$$

Donde:

LL<sub>Tr</sub>: valor máximo de lluvia para el periodo de retorno Tr.

LLm: media de la serie de los valores máximos de lluvia.

K: factor de frecuencia que depende de la distribución y del período de retorno

Sn: desviación estándar respecto a la media.

El valor de la variable K se estima a partir del período de retorno en años y del número de años disponibles de la serie histórica de cada estación:

$$K = (Y_{Tr} - Y_n)/S_n$$

Yn: valor que depende de la distribución y del número de años de la serie.

YTr: Su valor se obtiene a partir de los diferentes períodos de retorno (Tr) y se calcula de la siguiente forma:

$$Y_{Tr} = - \ln \ln (Tr/Tr-1).$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características de las lluvias máximas en 24 horas para la zona Andina de Colombia se presentan en la Tabla 2, en la cual se relacionan la media, la desviación estándar, la lluvia máxima absoluta que es el valor máximo observado en toda la serie y la lluvia máxima esperada para períodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, de acuerdo con la distribución de Gumbel.

**Distribución altitudinal de las estaciones climáticas.** De acuerdo con la distribución altitudinal, el 69% de las estaciones evaluadas se encuentran entre 1.200 y 1.800 metros y un 89% de éstas se sitúan entre 1.200 y 2.000m (Figura 1). En cuanto a su distribución por departamentos, el 67,7% de las estaciones analizadas están situadas en Caldas (19,7%),

Quindío (13,8%), Risaralda (11,4%), Santander (11,4%) y Tolima (11,4%).

**Cantidad de lluvia máxima.** Para las estaciones analizadas la mayor frecuencia de la media de los valores máximos se sitúa entre 41 y 50mm (46% de las estaciones). La mayor frecuencia de los valores máximos absolutos se observa entre 131 y 140mm para el 20% de las estaciones (Figura 2).

Los mayores valores de lluvia máxima absoluta se han registrado en las estaciones: Francisco Romero (Salazar, Norte de Santander) con 269mm/24horas (mayo 16 de 1970), distribuidos en 55,6mm durante el día y 213,4mm en la noche; Maringá (Acacias, Meta) con 250mm/24h, registrados el 30 de junio de 1997; Santa Helena (Marquetalia, Caldas) con 234,1mm, observados el 13 de enero de 1986; Villanueva (Charalá, Santander) con 219mm, observados el 10 de octubre de 1969.

También se han registrado valores de lluvia máxima de 200mm/24h en las estaciones La Montaña (Dolores, Tolima) el 16 de septiembre de 1975 durante la noche, y en La Mesa (Mariquita, Tolima) el 17 de abril de 1987. Entre las localidades con lluvias máximas absolutas dentro del quintil superior, con valores por encima de 180mm/24h están: El Cedral, Planta de Tratamiento e Hiroshima en Pereira y Ospirma en Quinchía (Risaralda); Llanadas en Manzanares y La Pastorita en Victoria (Caldas); Blonay en Chinácota (Norte de Santander); La Trinidad en Libano y Luis Bustamante en Villarrica (Tolima), y Maracay en Quimbaya (Quindío).

Según Eslava (6), para Colombia los valores absolutos más altos de lluvia máxima en 24 horas se registran en la región Norte del litoral Pacífico (cuencas de los ríos Baudó, San Juan y Atrato) con valores cercanos a los 500mm. Así mismo, en esta zona se

**Tabla 2.** Características de la lluvia máxima en 24 horas (mm) en la zona Andina de Colombia.

Estación	Media	Desviación estándar	Máxima absoluta	Lluvia máxima para un período de retorno (años)			
				10	25	50	100
<b>Antioquia</b>							
La Aldea	33,4	12,0	66,0	55,2	66,9	75,6	84,3
Bariloche	48,2	20,3	122,0	80,3	98,0	111,2	144,0
La Blanquita	40,4	17,6	105,0	68,9	84,6	96,2	125,0
Santa Cruz	48,0	20,9	115,0	86,1	106,6	121,8	136,9
Miguel Valencia	32,7	12,3	89,9	50,7	60,8	68,3	75,7
El Rosario	44,2	17,7	128,2	70,9	85,7	96,6	107,5
<b>Boyacá</b>							
Bertha	33,7	13,5	91,5	53,4	64,5	72,7	80,8
<b>Caldas</b>							
Cuatro Esquinas	33,6	14,5	90,0	57,0	69,8	79,3	102,9
Guaymaral	34,6	15,5	130,0	57,6	70,5	80,0	104,2
Cenicafé	46,0	18,3	152,3	72,4	87,1	98,1	108,9
La Sierra	47,8	20,0	130,0	81,3	99,7	113,3	126,8
La Francia	53,1	22,8	138,0	89,9	110,1	125,0	162,2
Los Pomos	46,5	19,6	110,0	81,3	100,2	114,2	128,1
Naranjal	47,6	17,7	124,4	73,6	88,1	98,9	109,6
La Divisa	51,8	19,9	134,0	87,2	106,3	120,5	134,6
La Julia	39,6	18,5	110,0	70,4	87,3	99,8	112,2
El Mirador	41,4	19,1	142,0	76,1	94,9	108,7	122,5
La Juliana	36,6	19,4	153,0	72,5	91,8	106,1	120,4
Santa Teresa	43,4	18,5	97,5	75,8	93,3	106,3	119,3
Las Colinas	43,5	19,5	114,9	77,6	96,1	109,8	123,4
La Selva	46,1	19,8	135,0	78,5	96,3	109,5	142,1
El Pistacho	35,5	17,6	104,0	65,8	82,3	94,6	106,7
Santa Teresita	52,3	19,9	120,0	86,2	104,7	118,4	132,0
Agronomía	35,5	17,2	119,5	60,7	74,8	85,2	95,6
Java	39,8	17,9	125,0	68,1	83,7	95,3	95,3
Llanadas	43,8	24,4	163,7	79,6	99,5	114,3	129,0
El Descanso	41,5	16,9	100,0	68,3	82,9	93,9	121,2
Santa Helena	71,2	30,3	234,1	119,1	145,5	165,1	184,5
La Argentina 1	50,2	19,6	130,0	82,6	100,3	113,5	146,0
Granja Luker	41,4	17,2	118,2	67,2	81,6	92,2	102,7
Santágueda	43,7	16,7	113,8	68,6	82,5	92,7	102,9
El Recreo	46,6	19,6	170,0	76,5	93,0	105,2	136,2
La Palma	48,4	18,9	130,0	79,9	97,2	110,0	122,7
Hogar Juvenil	76,2	23,8	135,0	116,7	138,8	155,1	171,4
La Argentina 2	40,6	16,5	107,0	66,5	80,8	91,3	117,9
La Manuelita	41,0	20,9	110,0	72,8	90,4	103,5	136,5
La Divisa	31,1	12,2	66,0	53,8	66,0	75,0	84,0
Rafael Escobar	38,6	16,0	104,2	62,9	76,4	86,4	96,4

Continúa...

...continuación

Estación	Media	Desviación estándar	Máxima absoluta	Lluvia máxima para un período de retorno (años)			
				10	25	50	100
Cuba	78,2	29,2	145,0	128,0	155,1	175,3	195,3
La Pastorita	75,3	32,2	182,0	126,3	154,4	175,2	227,4
<b>Cauca</b>							
Manuel Mejía	38,8	18,2	116,9	65,5	80,4	91,5	102,4
La Trinidad	39,5	18,7	135,0	69,1	85,3	97,4	109,4
Portachuelo	42,5	18,3	112,0	74,6	91,9	104,8	117,6
Instituto Técnico	41,0	19,0	150,0	68,8	84,3	95,8	125,2
Mondomo	47,2	21,9	119,0	82,6	102,0	116,3	152,0
<b>Cesar</b>							
Pueblo bello	42,3	21,2	139,0	73,6	91,0	103,8	116,7
<b>Cundinamarca</b>							
San Luis	30,5	63,2	103,0	59,5	75,3	86,9	98,5
Mesitas Santa Inés	34,9	19,9	152,1	64,7	81,3	93,6	105,8
El Paraíso	35,8	69,8	112,0	68,8	86,7	100,0	113,2
El Refugio	32,8	17,1	115,0	63,1	79,6	91,8	103,9
Honduras	37,2	19,1	126,0	71,1	89,5	103,1	116,7
Sec. Agricultura	41,3	17,5	108,0	67,5	82,1	92,9	120,3
Canaima	43,8	20,3	115,0	79,3	98,6	112,9	127,1
Misiones	32,3	15,0	87,8	55,9	68,9	78,6	88,2
Icalí	44,3	18,6	125,0	75,6	92,7	105,4	118,0
Santa Barbara	49,1	21,4	152,3	85,1	104,7	119,3	133,8
Pinar del Río	36,8	18,1	135,0	65,8	81,7	93,6	105,3
Granja Tibacuy	25,9	13,9	95,1	46,2	57,5	65,8	74,2
La Florida	42,9	19,1	105,0	74,4	91,7	104,5	117,2
La Esperanza	38,3	16,9	91,0	68,0	84,1	96,0	107,9
Montelíbano	46,0	17,8	139,6	72,3	87,0	97,8	108,6
<b>Huila</b>							
Guayabal	31,0	19,8	171,0	63,7	81,6	94,9	108,1
Kiosco	27,0	15,9	170,0	56,4	72,3	84,1	95,7
Villa Consuelo	28,5	15,9	114,0	54,8	69,2	79,9	90,5
Jorge Villamil	26,6	13,9	102,5	47,1	58,5	67,0	75,4
Conc. Timaná	25,5	15,4	121,0	50,9	64,8	75,1	100,7
<b>N de Santander</b>							
Blonay	34,8	91,7	166,0	68,6	87,5	101,5	115,4
Gabriel M Barriga	20,9	43,6	78,8	46,7	60,7	71,1	81,4
Francisco Romero	42,8	131,0	269,0	119,3	147,3	168,0	188,6
<b>Meta</b>							
Maringá	60,3	31,4	250,0	108,3	134,9	154,6	204,4
Santa Helena	59,7	26,2	137,0	105,6	130,5	149,0	167,3

Continúa...

...continuación

Estación	Media	Desviación estándar	Máxima absoluta	Lluvia máxima para un período de retorno (años)			
				10	25	50	100
<b>Nariño</b>							
O. Pérez	29,2	15,5	129,7	51,9	64,5	73,9	83,2
El Sauce	36,5	17,4	132,0	65,1	80,8	92,4	104,0
<b>Quindío</b>							
El Sena	46,8	21,8	142,1	79,8	98,1	111,6	125,1
Tucumán	45,5	20,4	110,0	79,2	97,7	111,4	145,3
La Pradera	43,9	17,8	105,0	72,8	88,7	100,4	129,7
Paraguaicito	44,7	18,9	131,3	73,0	88,7	100,3	111,8
La Esperanza	46,4	22,1	120,0	81,8	101,3	115,7	130,0
La Bella	44,8	19,2	154,2	72,9	88,6	100,2	111,7
El Paraíso	44,2	16,2	100,0	72,6	88,1	99,5	110,9
Quebradanegra	44,0	20,4	121,0	76,7	94,7	108,1	121,4
Bremen	47,4	21,5	132,9	80,2	98,4	111,9	125,3
La Ilusión	45,3	18,4	136,0	75,0	91,4	103,4	133,5
Mónaco	41,3	19,8	130,0	73,1	90,6	103,6	116,5
La Esperanza	47,4	21,7	152,0	83,9	103,9	118,7	133,4
Villa Horizaba	37,0	18,5	100,0	67,5	84,2	96,6	127,2
La Alejandria	40,4	18,3	120,0	72,6	90,0	102,9	115,8
La Argentina3	44,0	19,1	130,0	73,4	89,7	101,8	132,2
La Miranda	44,1	19,9	114,0	76,0	93,5	106,6	119,5
La Julia	47,3	21,8	136,0	83,3	103,0	117,6	132,1
Sorrento	44,9	19,4	135,0	76,5	93,9	106,7	138,7
El Agrado	42,3	16,0	122,3	68,4	82,7	93,3	103,9
El Porvenir	45,2	22,0	135,0	83,2	103,8	119,1	134,4
El Rocío	47,3	18,9	114,0	82,2	101,1	115,0	128,9
El Vivero	41,1	16,4	119,0	65,1	78,5	88,4	113,7
Maracay	46,7	20,9	161,2	79,3	97,3	110,6	123,9
<b>Risaralda</b>							
La Tribuna	43,4	18,2	133,0	71,8	87,5	99,2	128,4
Ingenio Risaralda	36,6	15,8	106,4	61,4	75,1	85,2	95,2
Los Cábulos	40,8	17,2	109,0	66,6	80,9	91,5	118,5
El Bosque	50,9	19,7	135,0	81,9	99,0	111,6	143,4
Ospirma	32,3	14,1	183,0	54,8	67,2	76,3	85,5
Buenos Aires	32,3	13,6	111,0	54,0	65,9	74,8	96,9
La Palmera	47,8	17,8	100,0	77,1	93,2	105,1	134,6
El Barranco	22,7	10,7	75,0	40,4	50,1	57,3	64,5
Combia	43,6	18,1	112,0	72,5	88,4	100,1	129,5
Los Cábulos	45,2	19,9	130,0	78,6	96,8	110,3	123,8
Planta Tratamiento	47,4	19,2	159,7	76,5	92,7	104,6	116,5
La Renta	40,4	17,4	110,0	69,4	85,3	97,0	108,7

Continúa...

...continuación

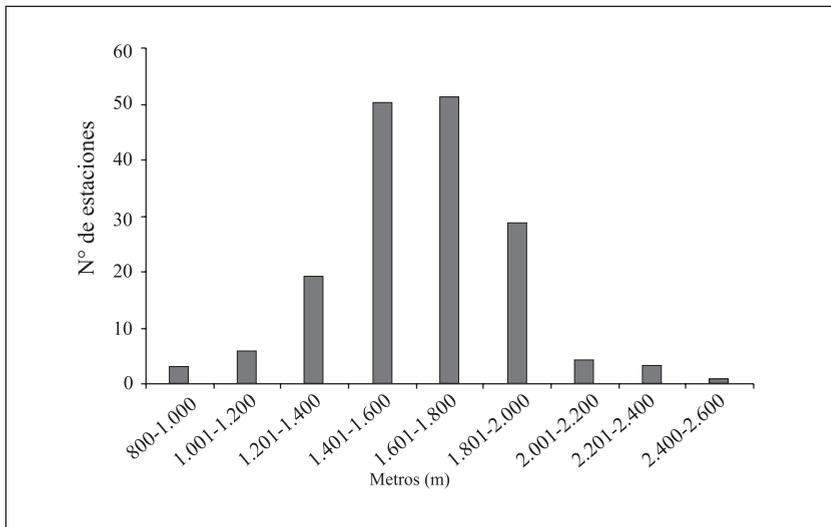
Estación	Media	Desviación estándar	Máxima absoluta	Lluvia máxima para un período de retorno (años)			
				10	25	50	100
Hiroshima	55,9	29,5	182,0	104,6	131,3	151,0	200,0
La Catalina	40,5	19,1	128,5	72,0	89,3	102,1	114,8
El Cedral	42,7	18,1	192,2	69,7	84,7	95,8	106,9
La Oriental	39,2	16,9	95,0	66,2	81,0	92,0	119,5
El Diamante	40,6	16,3	95,0	66,6	80,9	91,5	118,0
El Castillo	53,2	21,4	135,0	88,3	107,5	121,8	135,9
El Jazmín	46,0	18,8	153,2	73,9	89,4	100,8	112,3
<b>Santander</b>							
Ceylan	38,6	22,0	122,0	56,9	67,0	74,4	93,0
Villanueva	54,6	22,6	219,0	88,5	107,3	121,3	156,7
Cuchicute	30,8	14,9	113,0	54,6	67,7	77,4	101,6
Miporal	37,2	20,0	136,0	68,8	86,2	99,1	131,4
Bonanza	45,9	25,4	150,0	86,3	108,5	125,0	166,1
Chochos	47,4	19,9	132,0	78,6	95,8	108,5	140,5
La Laguna	34,1	15,6	110,0	47,0	54,1	59,4	72,5
Las Flores	33,5	15,8	112,0	58,2	71,8	81,9	107,4
El Silencio	50,2	27,6	140,0	96,6	122,0	140,8	159,5
La Cumbre	37,6	15,2	105,0	61,5	74,7	84,4	214,1
Palestina	41,2	22,3	140,0	76,1	95,3	109,6	123,8
Cocal	35,5	20,2	135,0	68,8	87,1	100,6	134,2
Los Cocos	40,8	19,6	134,0	71,5	88,4	100,9	132,4
Santa Rita	31,6	15,1	85,0	55,4	68,5	78,2	102,6
Casa de Teja	57,5	27,2	138,0	103,2	128,3	146,8	165,3
Aguasblancas	42,8	20,9	142,1	75,0	104,0	106,0	119,1
La Plazuela	35,5	17,0	135,0	66,5	83,2	95,6	107,9
Cielo Roto	39,7	17,4	105,0	66,9	81,9	93,0	121,0
El Mesón	33,4	15,9	82,0	59,1	73,3	83,8	109,8
<b>Tolima</b>							
Totarito	44,1	20,0	120,0	76,4	94,1	107,2	139,8
Janiyof	36,1	22,8	130,0	73,5	94,0	109,2	146,9
La Danta	52,0	21,3	135,0	89,3	109,5	124,5	139,4
Poco a Poco	38,3	17,4	100,0	66,8	82,5	94,1	105,6
El Limón	45,3	31,3	137,4	93,4	120,0	139,7	159,3
La Montaña	42,1	24,5	200,0	79,0	99,5	114,7	129,8
El Ocaso	44,7	21,6	158,0	79,1	98,1	112,1	147,2
Palocabildo	60,0	26,4	164,0	99,0	120,8	136,9	177,9
La Cimarrona	52,6	20,7	140,0	84,9	102,8	116,0	149,3
Chapetón	39,0	18,7	146,5	66,8	82,3	93,8	105,2
Planes	51,3	19,8	115,0	84,5	102,7	116,2	129,6
El Edén	57,0	23,7	137,0	97,3	119,3	135,5	151,7

Continúa...

...continuación

Estación	Media	Desviación estándar	Máxima absoluta	Lluvia máxima para un período de retorno (años)			
				10	25	50	100
La Trinidad	45,8	21,4	164,3	78,7	96,9	110,4	123,8
La Mesa	59,2	27,3	200,0	107,7	134,0	153,5	173,0
El Inciensial	44,9	18,1	131,0	75,3	91,9	104,2	116,4
Montefrío	53,8	27,8	150,0	99,7	124,9	143,5	189,6
El Recreo	63,1	24,9	136,0	106,7	130,4	147,9	165,4
Guadualito	35,7	24,2	150,0	75,4	97,1	113,2	153,2
Luis Bustamante	35,0	18,3	162,1	62,4	77,7	89,0	100,2
<b>Valle</b>							
Arturo Gómez	39,1	16,0	101,4	63,5	76,5	86,4	96,2
Bellavista	30,5	13,6	103,0	51,5	63,1	71,7	93,5
El Placer	37,1	18,2	130,0	65,5	81,1	92,8	121,9
Santiago Gutiérrez	28,0	12,3	94,5	46,9	57,3	65,1	72,8
Venecia	39,6	20,3	124,9	72,5	90,6	104,0	117,4
El Berrión	36,9	19,2	121,1	68,8	86,2	99,1	112,0
Santa Marta	36,3	14,1	95,0	58,7	70,9	80,1	102,9
Albán	27,9	12,1	95,4	46,6	56,9	64,6	72,2
La Selva	37,0	18,1	121,1	65,7	81,5	93,2	104,8
Campanella	39,3	21,0	158,0	72,1	90,2	103,6	137,3
Julio Fernández	23,7	11,6	73,6	40,7	50,1	57,1	64,1
H Uribe-La Sirena	41,3	17,8	118,8	67,4	81,9	92,7	103,4
Manuel Mallarino	37,0	17,4	100,3	63,4	78,1	88,9	99,7
El Recreo	43,8	18,9	102,9	75,2	92,4	105,1	117,7

**Figura 1.**  
Distribución altitudinal (metros) de las estaciones climáticas de la región andina de Colombia

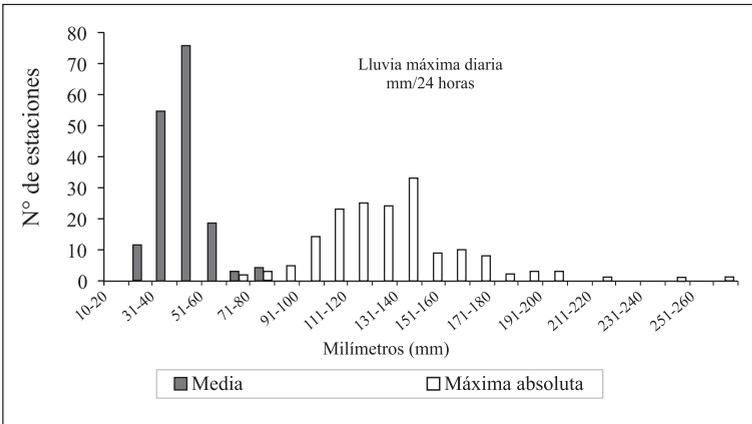


observó un valor extremo de 864mm/24horas para la estación El Piñón (Carmen de Atrato, Chocó), que equivale a cuatro veces más, cuando se compara con los valores de las lluvias máximas absolutas registradas en la región cafetera de Colombia. Para Organización Meteorológica Mundial (21), el valor de lluvia máximo registrado en 24 horas es de 1.825mm, en las Islas Reunión, océano Índico entre el 7 y 8 de Enero de 1966 durante el ciclón Denise.

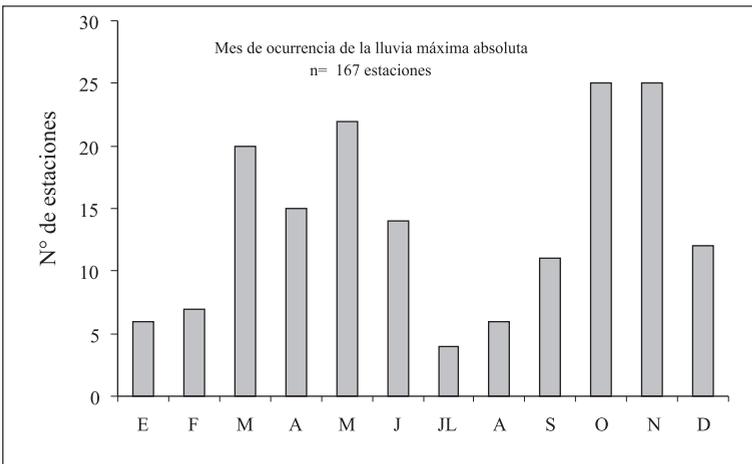
**Distribución mensual de la lluvia máxima en 24 horas.** Los máximos valores de ocurrencia de la lluvia máxima absoluta se registran en

los meses de mayo, octubre y noviembre (Figura 3), y en general puede observarse que siguen el patrón de distribución bimodal comúnmente registrado en la región Andina de Colombia.

Trojer (20), en la década de los años cincuenta realizó trabajos sobre las características de la lluvia, utilizando una menor cantidad de datos que los empleados en este estudio y encontró que las lluvias máximas ocurrían en los meses de transición o meses de cambio del período de menor lluvia al período de mayor lluvia, que para las condiciones de la zona cafetera corresponde a



**Figura 2.** Distribución de frecuencias de la lluvia máxima (mm/24 horas) para la región Andina de Colombia.



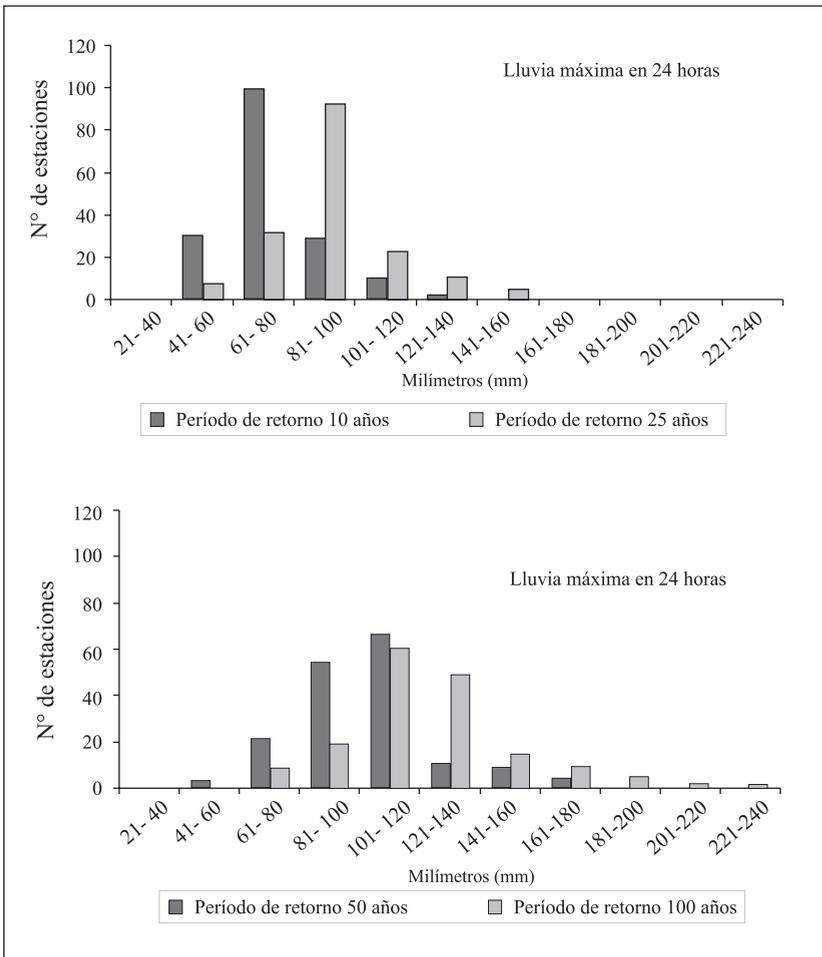
**Figura 3.** Meses de ocurrencia de la lluvia máxima absoluta en la zona andina de Colombia.

los meses de marzo y septiembre. De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio los valores máximos de lluvia se presentan los meses de mayor lluvia.

**Períodos de retorno.** Las frecuencias para los diferentes períodos de retorno ( $Tr$ ) y para el total de la muestra de estaciones analizadas se presentan en la Figura 4. La mayor frecuencia observada para períodos de retorno ( $Tr$ ) de 10 años está entre 61 y 80mm para un total de 98 estaciones (59% de las estaciones); para un  $Tr$  de 25 años la máxima frecuencia estuvo entre 81 y

100mm y un total de 93 estaciones (56%); para 50 años el valor máximo está entre 101 y 120mm para 66 estaciones (40%) y para 100 años entre 101 y 120mm para un total de 60 estaciones (36%).

**Relación de la lluvia máxima diaria y la altitud.** El comportamiento de la lluvia máxima en 24 horas en relación con la altitud en la zona Andina de Colombia se muestra en la Figura 5. Para altitudes próximas a los 1.000 metros se registran los valores más altos en las lluvias máximas y a partir de esta altura, las intensidades diarias



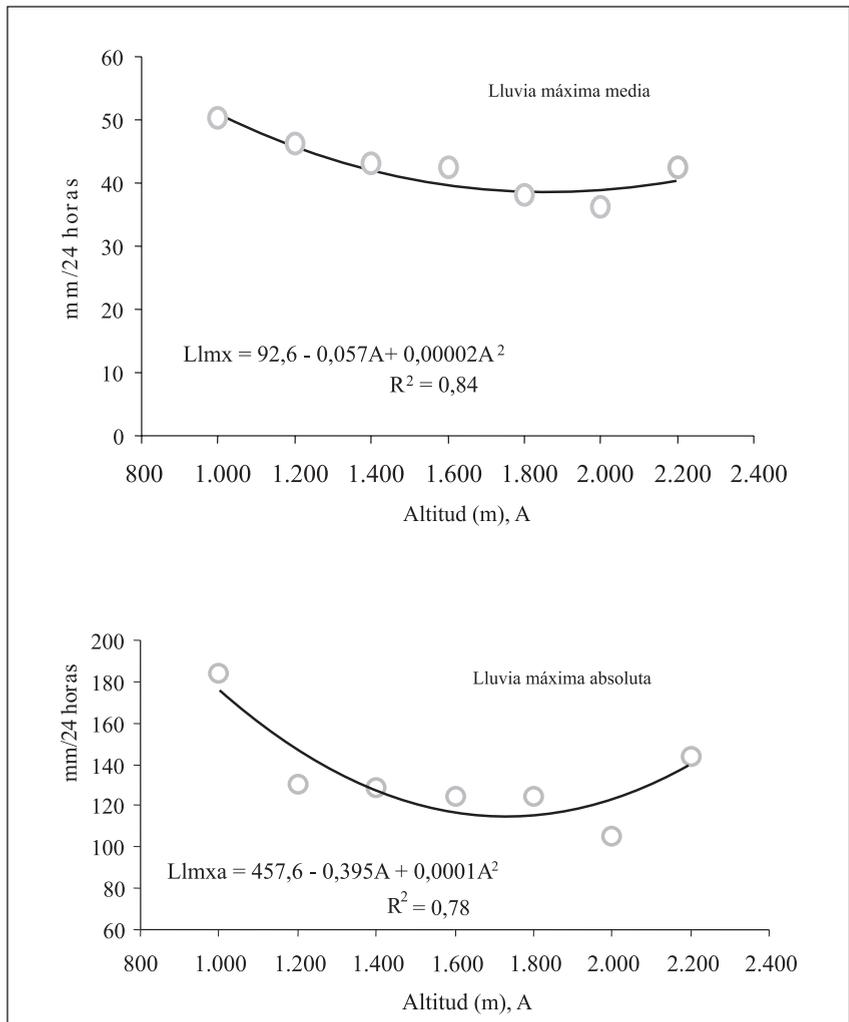
**Figura 4.** Frecuencia de la lluvia máxima (mm/24horas) para diferentes períodos de retorno (años).

disminuyen hasta una altitud cercana a los 2.000 metros; por encima de esta altitud aumenta nuevamente la intensidad de la lluvia, aunque con cantidades inferiores a las observadas en altitudes más bajas.

Es de anotar que las características de la lluvia pueden explicarse mediante mecanismos físicos más complejos, como son la forma, tamaño y rugosidad de las montañas, dirección y distancia de las fuentes de humedad,

velocidad del viento, espesor y estabilidad de las capas de humedad y procesos de tipo convectivo de las masas de aire, que no son del alcance de este estudio.

Para la zona Andina de Colombia se conocen en forma descriptiva las regiones más secas y más húmedas, y aquellas con menor o mayor intensidad de la lluvia, sin embargo, al realizar un análisis de conglomerados –“cluster”- con las lluvias



**Figura 5.**  
Comportamiento de la lluvia máxima en 24 horas, en diferentes altitudes para la zona Andina de Colombia.

máximas en 24 horas para cada una de las cuencas de los ríos Cauca y Magdalena, no fue posible agrupar estaciones homogéneas para la intensidad máxima de la lluvia, situación que puede explicarse por diversas causas, entre ellas, la baja densidad de estaciones de registro, la gran diversidad de las condiciones topográficas de los Andes colombianos y los cambios en la radiación incidente, condiciones que determinan los procesos convectivos en cada región. Poveda *et al.*, (16), plantean que la alta variabilidad espacial de la lluvia está asociada con los mecanismos físicos que determinan la lluvia como son: el ciclo diurno de la insolación, los procesos de la interacción suelo - atmósfera, la dinámica diurna de los sistemas convectivos de mesoescala y la circulación de los vientos locales dentro de los valles y vertientes andinas.

## LITERATURA CITADA

1. BARRY, R.G. Mountain weather and climate. London, Routledge, 1992. 402 p. (Routledge Physical Environmental Series).
2. BARRY, R.G.; CHORLEY, R.J. Atmósfera, tiempo y clima. Barcelona, Ediciones Omega, 1972. 395 p.
3. CHOW, V.T.; MAIDMENT, D.R.; MAYS, L.W. Hidrología aplicada. Bogotá, McGraw- Hill Interamericana, 1993. 584 p.
4. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ – CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Archivos de información climática 1950 a 2003. Chinchiná, Cenicafé, 2003.
5. 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.
6. ESLAVA R., J.A. Acerca de la distribución espacio - temporal de la precipitación en la región del Pacífico colombiano. *Atmósfera* 22:71-80. 1994.
7. JARAMILLO R., A.; CHAVES C., B. Distribución de la precipitación en Colombia analizada mediante conglomeración estadística. *Cenicafé* 51(2): 102 – 113. 2000.
8. JARAMILLO R., A.; KOGSON Q., F. Características de las lluvias máximas en la zona cafetera colombiana. *Cenicafé* 45(1): 25-34. 1994.
9. KITE, G.W. Frequency and risk analyses in hydrology. Littleton, Water Resources Publications, 1988. 257 p.
10. LINSLEY, R.K.; KOHLER, M.A.; PAULUS, J.L. H. Hidrología para ingenieros. Bogotá, McGraw - Hill Latinoamericana, 1977. 386 p.
11. MORA O., L.E.; STURM, H. Estudios ecológicos del páramo y del bosque altoandino cordillera Oriental de Colombia. Bogotá, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 1994. 715 p. (Colección Jorge Álvarez Lleras N° 6).
12. OSTER, R. Las precipitaciones en Colombia. *Colombia Geográfica* 6(2): 5-147. 1979.
13. POVEDA, G. La corriente superficial del oeste (“del CHOCÓ”) y otras dos corrientes de chorro atmosféricas sobre Colombia: Climatología y variabilidad durante las fases del ENSO. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 23(89): 517-528. 1999.
14. POVEDA, G. La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diurna. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 28(107): 201-221. 2004
15. POVEDA, G.; JARAMILLO, A.; GIL, M.M.; QUICENO, N.; MANTILLA, R. Seasonality in ENSO related precipitation, river discharges, soil moisture, and vegetation index (NDVI) in Colombia. *Water Resources Research* 37(8): 2169-2178. 2001
16. POVEDA, G.; MESA, O.; AGUDELO, P.A.; ÁLVAREZ, J.F.; ARIAS, P.A.; SALAZAR, L.F.; MORENO, H.A.; TORO, V.; VIEIRA, S.C. JARAMILLO, A.; GUZMÁN, O. Diagnóstico del ciclo diurno de precipitación en los Andes tropicales de Colombia. *Meteorología Colombiana* 5:23-30. 2002.

17. POVEDA, G.; MESA, O.; SALAZAR, L.F.; ARIAS, P.A.; MORENO, H.A.; VIEIRA, S.C.; AGUDELO, P.A.; TORO, V.; ÁLVAREZ, J.F. The diurnal cycle of precipitation in the tropical Andes of Colombia. *Monthly Weather Review* 133: 228-240. 2005.
18. RAUDKIVI, A. J. *Hydrology; an advance introduction to hydrological processes and modeling*. Oxford, Pergamon Press, 1979. 479 p.
19. SUÁREZ S., J. V. Precipitaciones máximas de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé* 26(4): 172-186. 1975
20. TROJER, H. Fundamentos para la zonificación meteorológica y climatológica del trópico especialmente en Colombia. *Cenicafé* 10(8): 289-373. 1959.
21. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION – WMO. GINEBRA. SUIZA. *Manual forestimation of probable maximum precipitation*. Ginebra, WMO, 1986. 269 p. (WMO No 332).