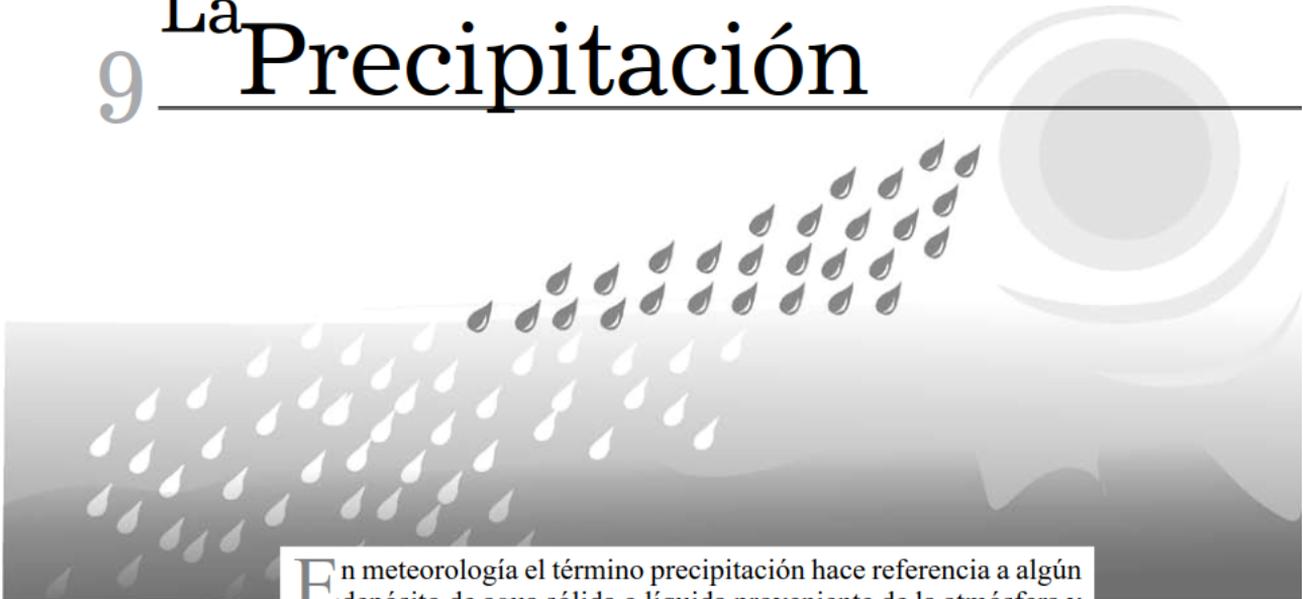


9^{La} Precipitación



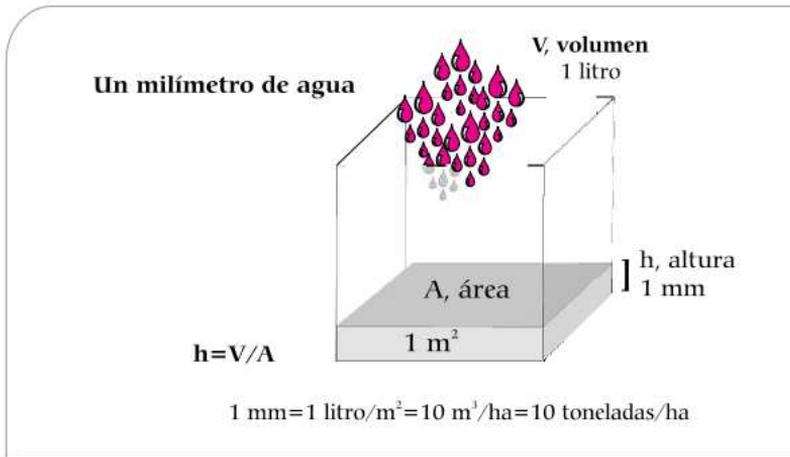
En meteorología el término precipitación hace referencia a algún depósito de agua sólida o líquida proveniente de la atmósfera y por tanto, es aplicable a la lluvia, nieve, granizo, rocío y neblina. El término lluvia se refiere al depósito de agua líquida.

La cantidad de lluvia se expresa en milímetros (mm). 1 mm de lluvia equivale a 1 litro/metro². (Figura 9.1).

Para la formación de una nube se necesita que el aire ascienda y ocurra una condensación del vapor de agua. Las gotas de agua o cristales de hielo, según la temperatura reinante, crecen progresivamente hasta que debido a su peso se precipitan por acción de la gravedad.

Las lluvias se pueden clasificar en varios tipos:

Lluvias *convectivas*, se originan por un calentamiento local de una masa de aire, la cual se eleva ocurriendo en ella enfriamiento y condensación del vapor de agua, produciéndose lluvia.



Lluvias *orográficas*, ocurren cuando las masas de aire que avanzan horizontalmente y se encuentran un obstáculo se ven obligadas a ascender por una montaña, lo que genera condensación del vapor de agua y lluvia en las vertientes expuestas al viento.

Lluvias *convergentes*, se producen a escala continental por la mezcla de los vientos provenientes de latitudes más altas, por ejemplo, en Colombia se forman por el encuentro de los vientos Alisios del noreste (NE) con los Alisios del sureste (SE).

Localmente la cantidad de precipitación está determinada por los sistemas de nubosidad asociados a la circulación local de cada vertiente y a su vez, está condicionada por la altitud, la orientación de las montañas y la actividad convectiva del lugar.

El origen de la lluvia en Colombia

Los procesos que determinan el tiempo atmosférico en Colombia se deben principalmente a (Pabón, *et al.*, 1998, Poveda, 2004, Trojer 1954, 1959):

- Las perturbaciones de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT).
- Las Ondas del Este, con trayectorias a través del océano Atlántico.
- Los huracanes.
- Los sistemas atmosféricos de la Amazonía
- Los sistemas atmosféricos del Océano Pacífico.

La Zona de Confluencia Intertropical

Los regímenes de precipitación a nivel macroclimático, están determinados por sistemas atmosféricos como la Zona de Confluencia Intertropical –ZCIT– (Figura 9.2), la cual se puede describir como 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. Este encuentro da origen a grandes masas de nubes y

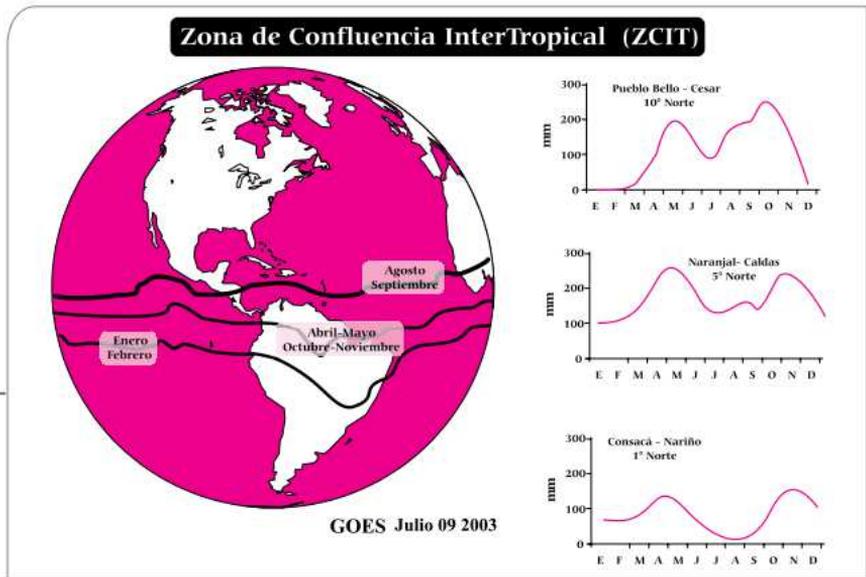


Figura 9.2
Localización de la Zona de Confluencia InterTropical y representación de su influencia en la distribución de la lluvia durante el año en Colombia

abundantes precipitaciones; las áreas que no están bajo la influencia de la ZCIT presentan buen tiempo, soleado y seco.

Sobre el océano, la banda de la ZCIT raramente es continua y casi nunca está sobre el *Ecuador*; casi siempre está formada por racimos de nubes con tamaños equivalentes a varios cientos de kilómetros, separados por regiones de cielo despejado. La distribución de la nubosidad generada por la ZCIT es muy variable en el tiempo y en el espacio. Está mejor definida sobre los Océanos Atlántico y Pacífico entre los 5° y los 10° Norte (Mesa *et al.*, 1997).

Las Ondas del Este

Son ondas atmosféricas con circulación ciclónica que se desplazan desde el occidente de África hacia el Atlántico, con un período entre 4 a 8 días y una longitud de onda de 2.000 km. Las ondas tropicales del Este constituyen la génesis de los huracanes sobre el Atlántico Norte y el mar Caribe. Estas ondas pasan por el territorio colombiano hacia el Océano Pacífico y constituyen una fuente importante en la variabilidad climática y de precipitación, en especial en la región Caribe, valle del río Magdalena y Oriente del país (Poveda, 2004).

Los huracanes

Un huracán se caracteriza por vientos fuertes, con bandas de nubes en forma de espiral que producen lluvia abundante y se extienden entre 300 y 500 kilómetros de su centro. Los huracanes o ciclones tropicales se forman por la intensificación de perturbaciones tropicales como las producidas por las Ondas del Este.

Los huracanes tropicales se clasifican de acuerdo a la velocidad de sus vientos: depresión tropical (menor de 62 km/h), tormenta tropical (entre 63 y 117 km/h) y huracán (mayor de 118 km/h). Los huracanes del Atlántico se originan entre los 5 y 20° de latitud Norte, donde las aguas marítimas son muy cálidas especialmente entre los meses de agosto y octubre.

Los huracanes afectan de manera esporádica los regímenes de lluvia en ciertas zonas del país. La costa Caribe y el archipiélago de San Andrés y Providencia se ven afectados por los huracanes, aunque con una baja frecuencia si se compara con otras áreas del Caribe. La ocurrencia promedio de huracanes en la región Caribe es de cinco huracanes en el año.

Influencia de la Amazonia

Las masas de aire provenientes de las latitudes medias, las que originalmente pudieron haber sido de origen polar pero que en su recorrido continental modifican su temperatura y humedad, ocasionalmente pueden llegar cerca de la zona ecuatorial. Tales masas pueden causar inestabilidad y formación de bandas nubosas con altas precipitaciones en la Amazonía colombiana. Algunas veces cuando estos sistemas son intensos sus efectos se pueden extender hasta llegar a originar descensos significativos de la temperatura y modificar el tiempo a lo largo de la Cordillera Oriental y parte de la Orinoquia colombiana.

La Influencia del Pacífico

La circulación atmosférica en el Pacífico frente al litoral colombiano está caracterizada por el recurvamiento de los vientos Alisios; este comportamiento asociado al flujo de los vientos del Este dominantes en el Caribe da origen a la formación de nubes de gran desarrollo vertical, con altas precipitaciones que ocurren en el océano y en la región continental del litoral Pacífico y sectores de la cordillera Occidental de Colombia.

Poveda, 2004, describe la corriente de vientos en chorro del occidente de Colombia o Chorro del Chocó la cual transporta grandes cantidades de humedad desde el océano Pacífico al interior del país, estimados en 3.800 m³/s, con su mayor actividad en el segundo semestre del año (Cuartas y Poveda, 2002) e interactúa con la Cordillera Occidental y con los vientos Alisios del Noreste favoreciendo la convección profunda y la ocurrencia de grandes cantidades de lluvia.

Las características de la lluvia en Colombia

La presencia de las montañas de la región Andina de Colombia influyen sobre el comportamiento de la ZCIT; en ellas se originan las circulaciones locales de valle - montaña durante el día y de montaña - valle en la noche. Estos vientos locales aumentan o disminuyen su acción afectando la dinámica de la precipitación regional, reforzando la influencia de los procesos o sistemas meteorológicos actuantes y determinando el período del día en el cual se presenta una mayor precipitación.

Variación de la precipitación con la altitud

La lluvia que cae sobre una región montañosa está conformada por una cantidad que ocurriría en la ausencia de montañas, como resultado de la convección, de la convergencia ciclónica y de una componente debida a la orografía, por la intensificación de los procesos sobre las montañas así como por la fuerza ascendente del aire sobre la superficie del terreno (Barry, 1992 ; Lauer, 1989).

Los gradientes altitudinales de las precipitaciones presentan patrones complejos, con una amplia variabilidad entre diferentes cordones montañosos en función de su orientación, altitud y elevación total. Un caso típico es el incremento gradual de las lluvias con la altitud hasta alcanzar un valor máximo a una altitud próxima a los 1.800 metros, determinado especialmente por el nivel de condensación de las precipitaciones orográficas, el cual corresponde el clásico cinturón de bosque de niebla. Luego la lluvia decrece con la altura.

En el trópico se diferencian varios niveles altitudinales de condensación. El primer nivel está situado alrededor de los 1.800 metros; el segundo nivel de condensación depende de la configuración del nivel inmediatamente inferior y según la disponibilidad de vapor de agua está situado a una altura alrededor de 2.700m y avanza hasta el límite superior del bosque entre 3.200 y 3.500 m de altitud donde produce lluvias (Mora y Sturm, 1994).

En la región Andina de Colombia la lluvia aumenta con la altitud hasta un nivel máximo que varía de acuerdo a la vertiente, pero por lo general, la máxima lluvia ocurre entre los 1.300 y los 1.500 m; a partir de este nivel la lluvia comienza a disminuir con la altura. En la Figura 9.3, se presentan condiciones para dos situaciones de las laderas de la Cordillera Central de Colombia.

Efectos de la orografía en la lluvia (El Efecto Foehn)

Las masas de aire debido a procesos de expansión y de enfriamiento a medida que se elevan sobre la ladera se van descargando en forma de lluvia y como resultado cada vez son más secas. Estas masas de aire cuando traspasan la montaña, aunque pueden estar saturadas son relativamente secas, e inician un proceso de descenso por la ladera opuesta calentándose por compresión y dando lugar a zonas de menor pluviosidad y mayor temperatura para una misma altitud; este proceso se conoce comúnmente como foehn. (Barry, 1992; Moran y Morgan,1991)

En Colombia se encuentran algunas regiones con efecto foehn (Figura 9.4): Sobre la cordillera Occidental el área de influencia Buenaventura-Valle (6.500 mm/año) hasta Restrepo-Valle (1.067 mm/año); otra zona de ocurrencia se presenta sobre la cordillera Oriental en el área Florencia – Caquetá (4.000 mm/año) y Neiva - Huila (1.300 mm/año).

Los patrones de la lluvia en Colombia

La distribución intra-anual de la lluvia en Colombia puede ser de tipo unimodal (con un pico máximo de lluvia en el año) o bimodal (con dos picos máximos de lluvia en el año).

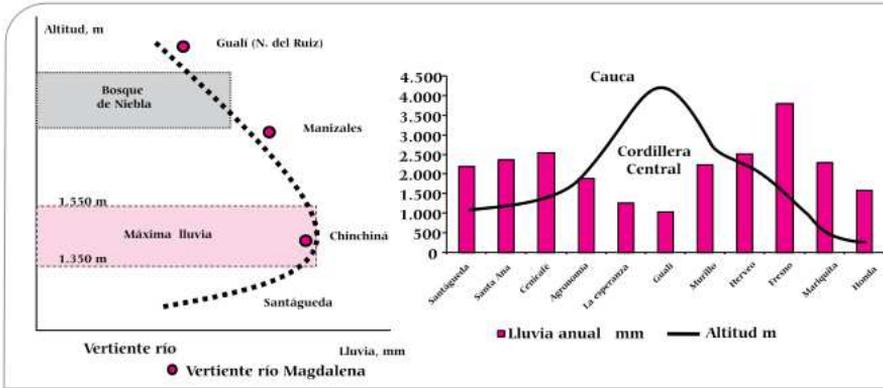


Figura 9.3. Variación de la cantidad de lluvia con la altitud.

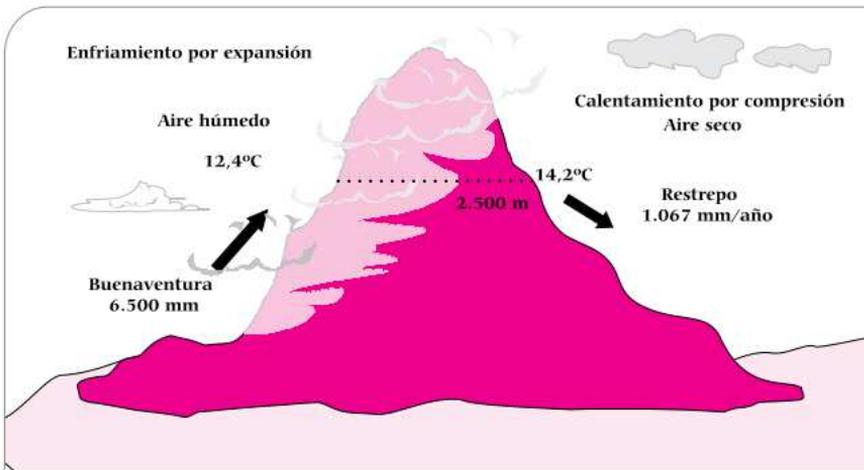


Figura 9.4. Efecto foehn en la Cordillera Occidental de Colombia

(Bernal *et al.*, 1987, Eslava, 1993; Eslava, López y Olaya, 1986; Jaramillo y Chaves, 1997; Lasso *et al.*, 1969, Montealegre, 1986, Oster, 1979).

Los regímenes pluviales con solo un período de lluvias en el año ocurren en las siguientes regiones: Llanos Orientales y región Amazónica con máximos de lluvia en los meses de junio y julio; regiones de influencia directa de los Alisios del Norte como son las Llanuras del Caribe, La Guajira, región del río Catatumbo con distribución unimodal y un período seco definido entre diciembre y marzo, con las mayores cantidades de lluvia en los meses de octubre y noviembre.

Las distribuciones de tipo bimodal se presentan en las regiones por donde pasa la ZCIT en dos épocas del año, en los meses de abril – mayo y octubre – noviembre, especialmente entre los 4° y los 7° de latitud Norte, en los departamentos de Caldas, Risaralda, Quindío, Tolima y Cundinamarca.

Patrones de distribución de la lluvia

▪ Región Pacífica

El litoral Pacífico de Colombia es considerado como uno de los sitios más lluviosos del mundo, con valores de lluvia media anual de 12.717 mm en Lloró y valores extremos de 26.871 mm en 1974 registrados en Vigía de Curvaradó - Chocó; en Barbacoas-Nariño se han presentado hasta 363 días con lluvia en un año (Eslava, 1994). En la Figura 9.5 se presenta la distribución de la lluvia para dos localidades de la región Pacífica de Colombia

▪ Región Atlántica

En esta región se encuentra el semidesierto de la Guajira con lluvias inferiores a 250 mm al año. En la región de la Sierra Nevada de Santa Marta se registran hasta 3.000 mm anuales. Al sur de la región llegan también los Alisios que al ascender por las estribaciones de las cordilleras Central y Occidental descargan gran cantidad de lluvia; se estima que el nudo de Paramillo en el norte de Antioquia se registran alrededor de 6.000 mm al año (Figura 9.6).

▪ Región de los Llanos Orientales y la Amazonia

La humedad que se genera en la cuenca amazónica es transportada por los vientos Alisios del sureste hasta la cordillera Oriental donde se descargan más de 4.000 mm/año en Villavicencio y otros sectores del Piedemonte. En la Amazonía tienen su origen las masas de aire que llegan a la Sabana de Bogotá, Llanos Orientales, Caquetá, Putumayo, una parte del Huila, Tolima, Nariño, Macizo Colombiano y Bota Cauca (Figura 9.7).

▪ Región Andina

Los patrones de tiempo de la región Andina dependen de las influencias de los vientos Alisios que ingresan por el Atlántico, las masas de aire que ingresan desde el Océano Pacífico y los aportes de humedad procedentes desde el Amazonas.

La distribución intra-anual de la precipitación en la región Andina de Colombia, se caracteriza por la ocurrencia de dos períodos secos y dos lluviosos en el año; los meses de mayor lluvia son abril, mayo, octubre y noviembre, determinados por la Zona de

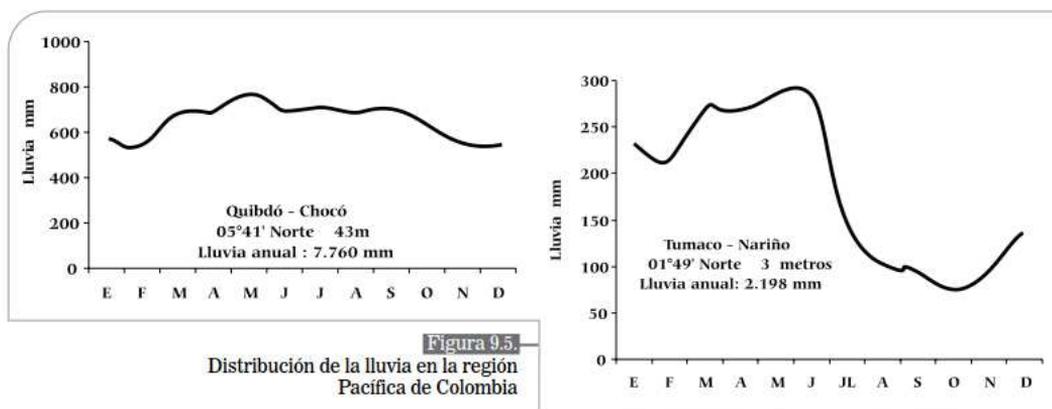
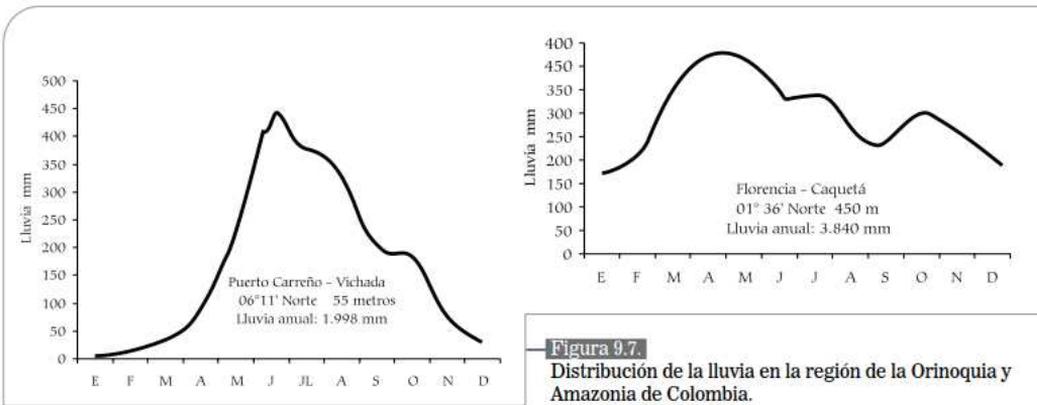
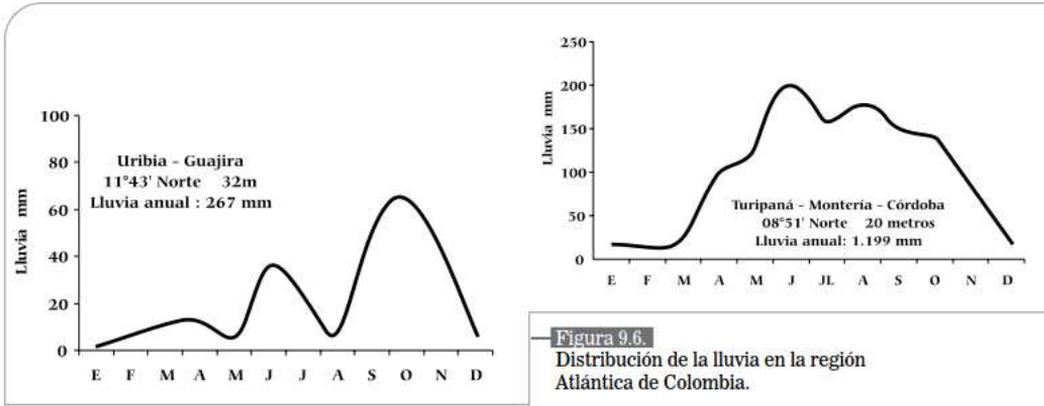


Figura 9.5.
Distribución de la lluvia en la región
Pacífica de Colombia



Confluencia Intertropical (ZCIT), la cual condiciona el tiempo de alta nubosidad y gran cantidad de lluvia. En los extremos norte, sur y oriente se presenta un transcurso de tendencia unimodal, con una sola estación lluviosa en el año.

La zona norte (mayor de 7° de latitud Norte) presenta una estación seca pronunciada de diciembre a marzo (abril) y una estación lluviosa de mayo a noviembre, con una ligera disminución en julio, como ocurre en la localidad de Pueblo Bello - Cesar (Figura 9.8).

La zona central andina (latitudes desde 3° a 7° Norte) presenta dos períodos lluviosos: marzo - junio y septiembre - diciembre, y dos períodos menos lluviosos: enero - febrero y julio - agosto. Un ejemplo se observa en R. Escobar - Caldas (Figura 9.9).

La zona Sur (latitudes inferiores a 3° Norte) presenta una estación marcadamente seca desde mediados de junio a mediados de septiembre y una estación lluviosa de octubre a junio, como en el caso de O. Pérez - Nariño (Figura 9.10).

Figura 9.8.
Distribución de la
lluvia en la Sierra
Nevada de Santa
Marta, Colombia.

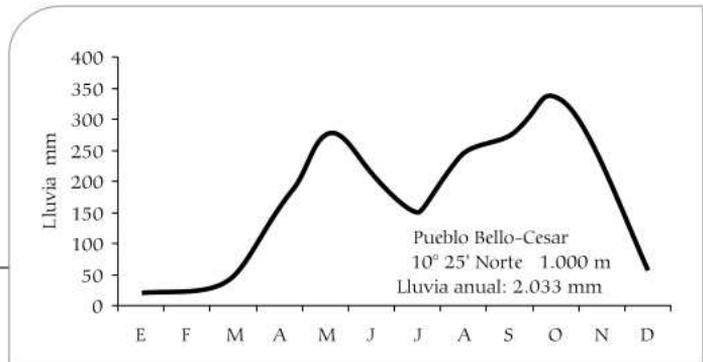


Figura 9.9.
Distribución de la
lluvia en la región
Andina Central
de Colombia

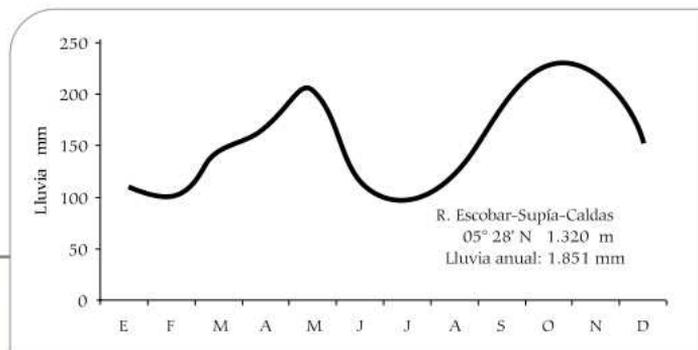
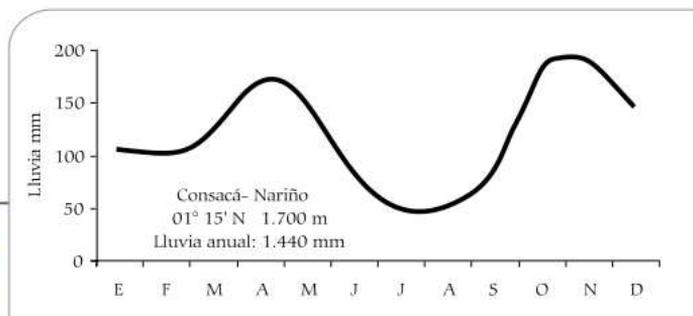


Figura 9.10.
Distribución
de la lluvia
en la región
Andina Sur de
Colombia.



Lluvia anual de la región Andina

Las cantidades anuales de lluvia para la región Andina en las zonas de cultivo del café varían entre 1.000 y 4.000 mm y una mayor frecuencia con cantidades superiores a los 2.000 mm (Tabla 9.1). Las estaciones más secas se observan en Restrepo – Valle (1.067 mm/año) y Tibacuy – Cundinamarca (1.102 mm/año). El mayor valor de lluvia registrada se tuvo en Marquetalia-Caldas con 3.923 mm. Lluvias superiores a 2.800 mm/año se

Tabla 9.1. Cantidades de lluvia (mm), zona cafetera de Colombia. (Cenicafé, 2003)

	Nº años	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
Pueblo Bello	35	22	32	51	147	274	220	147	241	277	345	224	53	2.033
F. Romero	38	141	126	137	313	298	96	84	149	253	477	435	251	2.760
Blonay	42	54	61	74	185	170	97	74	89	140	239	229	105	1.517
Aguas Blancas	21	91	124	156	215	217	147	115	169	130	254	202	95	1.915
Bertha	40	57	74	147	251	273	193	153	157	192	256	173	83	2.009
Montelíbano	33	121	151	216	346	338	195	158	180	236	337	258	162	2.698
Mesita Sta Inés	27	93	102	143	186	147	83	50	58	134	230	210	120	1.556
Misiones	15	89	119	155	209	143	65	47	57	108	174	178	107	1.451
Tibacuy	40	65	83	110	127	102	60	39	39	60	155	167	95	1.102
Monterredondo	24	41	46	110	187	296	325	377	298	207	145	107	60	2.199
M. Valencia	40	90	106	158	245	240	187	155	183	212	241	182	134	2.133
El Rosario	25	86	96	143	273	328	239	190	231	275	326	242	142	2.571
Santágueda	28	101	125	155	237	273	189	142	177	192	242	219	137	2.189
Santa Ana	25	118	138	178	279	280	197	166	191	208	242	224	130	2.351
Cenicafé	50	146	146	201	282	284	193	157	171	191	313	260	185	2.529
Naranjal	41	151	158	202	312	317	223	187	207	206	305	269	174	2.711
Agromía	37	107	138	153	207	198	113	77	101	151	267	231	151	1.894
R. Escobar	23	108	104	144	168	205	116	100	124	184	227	221	150	1.851
Llanadas	42	156	203	255	325	317	162	119	170	254	361	311	218	2.851
Santa Helena	13	329	305	368	414	299	181	128	209	334	517	440	399	3.923
El Jazmín	32	169	171	218	297	263	197	152	178	190	291	287	179	2.592
El Cedral	24	198	200	241	314	241	148	100	116	168	398	341	244	2.709
P. Tratamiento	23	152	159	221	284	302	189	123	161	204	299	307	192	2.593
Bremen	24	210	216	268	295	227	141	94	122	172	363	368	284	2.760
El Sena	32	162	183	222	294	208	119	74	87	142	284	361	258	2.394
La Bella	42	134	164	187	268	206	112	64	85	135	294	315	221	2.185
Paraguaicito	30	133	133	196	273	215	97	96	99	157	295	281	174	2.149
Maracay	15	131	147	198	291	259	163	112	131	182	341	270	180	2.405
El Agrado	13	124	108	172	252	216	129	93	135	198	281	204	154	2.066
Albán	17	75	76	91	149	148	114	74	104	124	200	171	104	1.430
S. Gutiérrez	21	60	76	105	150	151	105	80	105	133	176	141	94	1.376
J. Fernández	37	49	57	80	130	121	88	59	64	91	148	113	67	1.067
M. Mallarino	23	106	93	136	201	187	126	84	95	143	238	212	143	1.764
La Selva	14	130	116	143	214	132	79	53	58	117	231	225	158	1.656
H. Uribe	39	102	121	174	266	216	140	92	100	162	285	235	153	2.046
A. Gómez	25	103	101	149	233	227	147	87	115	150	241	211	137	1.901
M. Mejía	40	167	139	155	199	155	70	48	62	121	304	331	258	2.009
La Florida	36	130	157	151	198	154	131	85	80	111	219	251	256	1.923
El Sauce	35	127	175	166	247	184	74	46	73	102	281	259	164	1.898
O. Pérez	40	108	103	125	174	149	87	46	51	82	184	189	142	1.440
La Trinidad	20	113	135	177	252	270	136	92	119	215	290	215	128	2.142
Líbano	26	104	145	204	279	262	151	115	128	204	310	260	161	2.323
Chapetón	21	98	127	200	223	239	177	127	141	155	243	211	141	2.082
El Limón	28	209	200	280	314	323	161	91	111	165	378	375	259	2.866
L. Bustamante	28	111	143	204	247	201	114	86	106	123	262	239	153	1.989
La Montaña	38	128	136	188	217	153	76	45	43	84	277	351	243	1.941
J. Villamil	37	69	93	120	155	141	118	90	68	76	150	133	106	1.319

registran en el Limón-Tolima (2.866 mm) y Llanadas-Caldas (2.851 mm); localidades con lluvia anual cercanas a 2.700 mm/año se tienen Montelibano-Cundinamarca (2.698 mm), F. Romero – Norte de Santander (2.760 mm), Naranjal-Caldas (2.711 mm) y El Cedral - Risaralda (2.709 mm).

Algunas características de las lluvias de la zona cafetera se presentan en la Tabla 9.2. En ésta, se describen: la proporción de la lluvia diurna y nocturna, el número de días de lluvia, el número de aguaceros y el número de horas de lluvia.

El número de días con lluvia presenta un valor medio de 211, con un valor mínimo de 151 en Pueblo Bello-Cesar y un máximo de 251 días en M. Valencia-Antioquia. El número de aguaceros al año es de 518 en promedio, con un mínimo de 364 en Pueblo Bello-Cesar y un máximo de 728 en M. Valencia-Antioquia. El número de horas de lluvia es de 620 horas en promedio y varía igualmente entre 436 y 854 horas para las mismas estaciones (Tabla 9.2).

Poveda, 2004, describe la lluvia del día y la noche en las estaciones cercanas al nacimiento de los ríos Cauca y Magdalena, las cuales presentan un comportamiento generalizado de multimodalidad de máximos de lluvia horaria que abarca gran parte de la tarde y las horas finales del día, y al pasar los meses de veranillo de mitad de año presentan una distribución unimodal para algunas estaciones en la tarde y otras en la noche. Las estaciones ubicadas en la vertiente oriental de la Cordillera Central evidencian menos variaciones anuales en la fase del ciclo diurno y las que presentan más variabilidad son las estaciones pertenecientes a la vertiente Occidental de la Cordillera Oriental.

La alta variabilidad espacial de la lluvia diurna por diferencia en las dinámicas locales no permite realizar generalizaciones. Se considera que factores como la orografía, circulaciones locales, la humedad relativa, los procesos termodinámicos que inducen alta inestabilidad atmosférica, la evaporación local, la interacción suelo-atmósfera y los complejos convectivos de mesoescala sufren cambios según la época del año y afectan de manera directa la dinámica atmosférica local provocando cambios en la fase y amplitud del ciclo diurno de precipitación.

Distribución de la lluvia

La distribución de la lluvia se refiere a la disponibilidad de agua a través del año. El conocimiento en una región de la distribución de la lluvia expresada como la ocurrencia de los períodos secos y húmedos, permite la planificación de las labores agrícolas, entre ellas, las épocas para las siembras, desyerbas, fertilizaciones, planeación del riego, establecimiento de prácticas para la conservación del suelo y control de la erosión hídrica. En el caso del café permite además conocer las épocas de floración (y en consecuencia, la distribución de la producción durante el año), épocas de controles fitosanitarios, entre otras labores. En las figuras siguientes se presenta la distribución de la lluvia en la zona cafetera de Colombia (Figura 9.11).

Tabla 9.2. Características anuales de la lluvia en la zona cafetera. (Cenicafé, 2003; Suárez, 1974)

Estacion	Lluvia Anual mm	% Lluvia nocturna	%Lluvia diurna	Nº días lluvia	Nº de aguaceros	Nº horas lluvia
Pueblo Bello	2.033	27	73	151	364	436
F. Romero	2.760	51	49	191	440	599
Blonay	1.517	44	56	181	432	524
Aguas Blancas	1.915	53	47	200		
Bertha	2.009	48	52	239	579	639
Montelibano	2.698	56	44	241	569	664
M Sta. Inés	1.556	43	57	167		
Misiones	1.451	49	51	200		
Tibacuy	1.102	57	43	178	404	456
M. Valencia	2.133	55	45	251	728	854
El Rosario	2.571	62	38	227		
G. Luker	2.261	62	38	201		
Santágueda	2.189	80	20	218		
Santa Ana	2.351	78	22	217		
Cenicafé	2.529	71	29	240	549	688
Naranjal	2.711	71	29	249	545	689
Agronomía	1.894	49	51	226	585	706
R. Escobar	1.851	77	23	195		
Llanadas	2.851	66	34	224	548	733
Sta. Helena	3.923	73	27	229		
El Jazmín	2.592	57	43	245	596	710
El Cedral	2.709	21	79	231		
P. de Tratam.	2.593	52	48	242		
Bremen	2.760	34	66	245		
El Sena	2.394	47	53	200		
La Bella	2.185	56	44	203	536	638
Paraguaicito	2.129	56	44	193	445	529
Maracay	2.405	33	67	191		
S. Gutiérrez	1.376	44	56	199		
H. Uribe	2.046	54	46	208	484	591
A. Gómez	1.901	53	47	213		
M. Mejía	2.009	48	52	208	512	636
El Sauce	1.898	37	73	161		
O. Pérez	1.440	61	39	200	521	600
La Trinidad	2.142	73	27	198		
El Limón	2.866	62	38	211		
L. Bustamante	1.987	39	61	239		
La Montaña	1.941	52	48	172	433	465
J. Villamil	1.319	42	58	237	569	

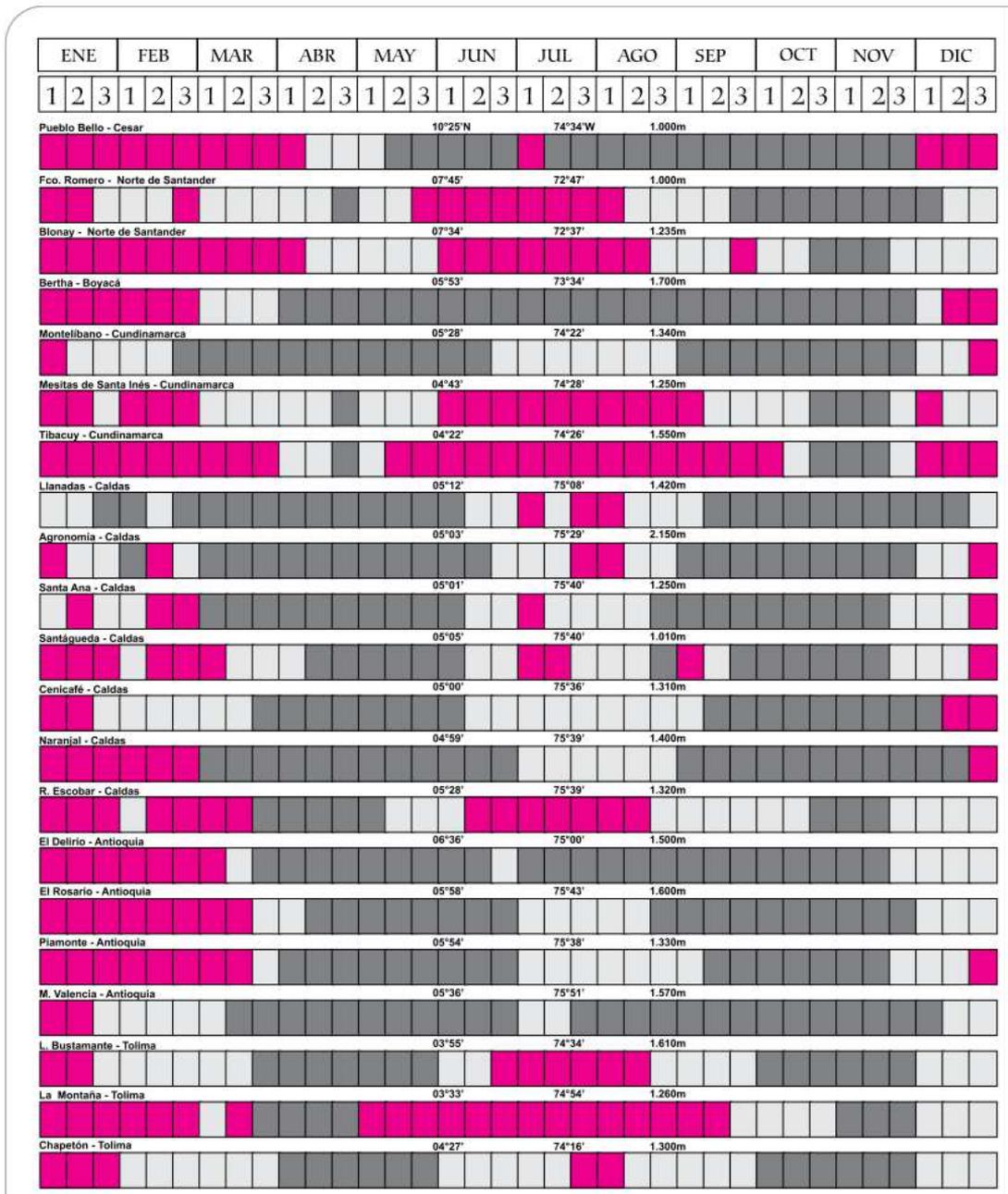
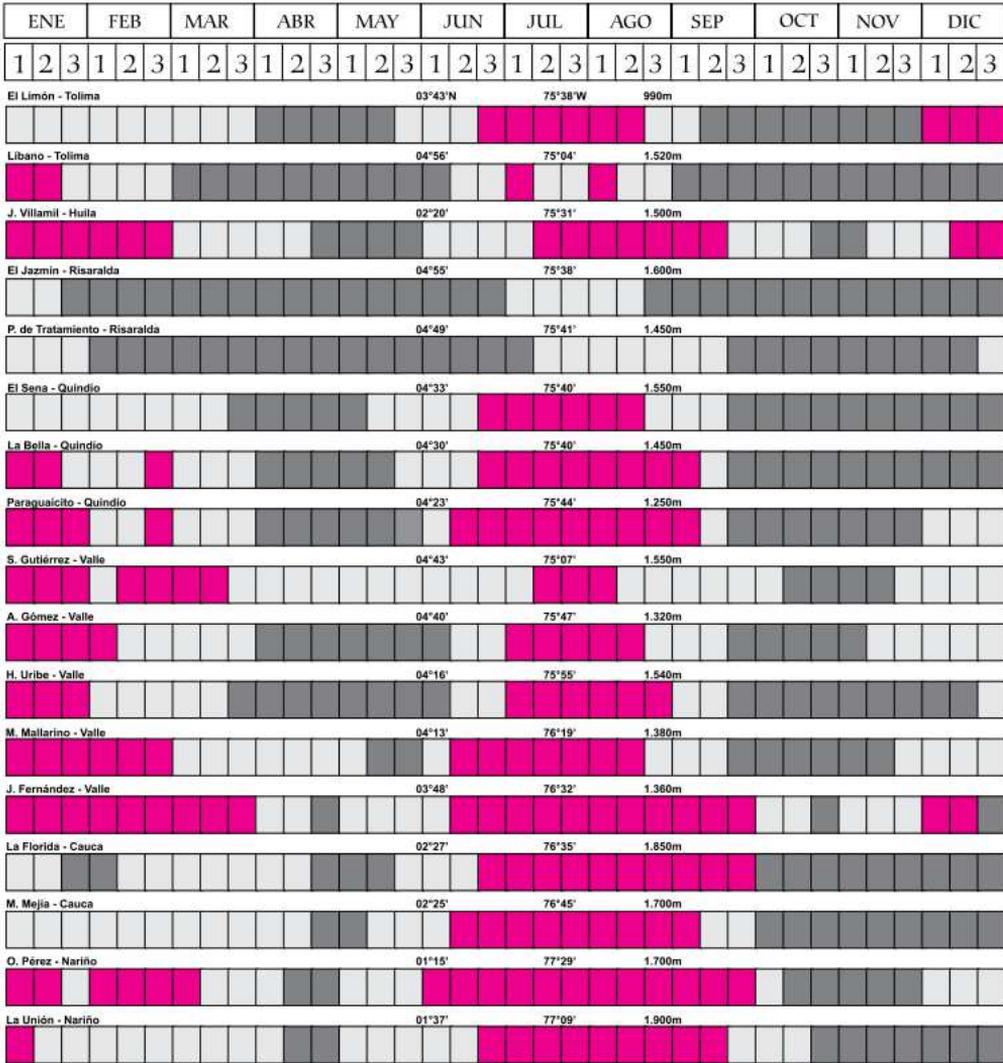


Figura 9.11. —
Periodos secos y húmedo de la zona cafetera de Colombia. (Jaramillo, 1985a ; Jaramillo y Arcila 1996).



- Década SECA**
- Década HÚMEDA**
- Década MUY HÚMEDA**

La Intensidad de la lluvia

La intensidad se refiere a la cantidad de lluvia por unidad de tiempo. La determinación de las características de la lluvia como la intensidad, la duración y la frecuencia de una localidad son necesarias para el correcto diseño de las obras de infraestructura, manejo de aguas, planificación de cuencas, embalses y drenajes y para una adecuada orientación en los planes de uso, manejo y conservación de los suelos.

La región Andina de Colombia por su ubicación en el área tropical presenta, en general, altas intensidades de lluvia y se constituye así en una región de continua escorrentía que tiene incidencia sobre los suelos, los cultivos y las obras civiles con la presencia de fenómenos erosivos, remociones masales y sedimentación.

En la Tabla 9.3, se presentan las ecuaciones para el cálculo de la intensidad máxima (mm/h) como una función del período de retorno (T, años), y la duración de la lluvia (t, minutos) para tiempos de lluvias comprendidas entre 5 y 120 minutos.

Tabla 9.3. Ecuaciones para cálculo de la intensidad máxima (mm/h) en función del período de retorno (T, años), y la duración de la lluvia (t, minutos) (Jaramillo y Kogson, 1994).

Estación Departamento	Municipio	Ecuación	R ²
Pueblo Bello	Pueblo Bello	$I = \frac{391 \times T^{0.132}}{(t + 5)^{0.450}}$	0,98
F. Romero	Salazar	$I = \frac{1682 \times T^{0.153}}{(t + 20)^{0.813}}$	0,97
Blonay	Chinácota	$I = \frac{1904 \times T^{0.169}}{(t + 40)^{0.791}}$	0,94
Bertha	Moniquirá	$I = \frac{5073 \times T^{0.184}}{(t + 40)^{0.668}}$	0,98
Montelíbano	Yacopí	$I = \frac{1142 \times T^{0.147}}{(t + 10)^{0.270}}$	0,99
Mesitas de Santa Inés	Cachipay	$I = \frac{743 \times T^{0.200}}{(t + 15)^{0.641}}$	0,99
Tibacuy	Tibacuy	$I = \frac{1977 \times T^{0.147}}{(t + 15)^{0.963}}$	0,99
Llanadas	Manzanares	$I = \frac{3653 \times T^{0.145}}{(t + 40)^{0.966}}$	0,97
Agronomía	Manizales	$I = \frac{3896 \times T^{0.154}}{(t + 25)^{0.020}}$	0,99
Santa Ana	Palestina	$I = \frac{987 \times T^{0.166}}{(t + 15)^{0.742}}$	0,99
Santágueda	Palestina	$I = \frac{957 \times T^{0.167}}{(t + 20)^{0.371}}$	0,99
Cenicafé	Chinchiná	$I = \frac{1092 \times T^{0.133}}{(t + 15)^{0.755}}$	0,99

Continúa

...Continuación

Tabla 9.3. Ecuaciones para cálculo de la intensidad máxima (mm/h) en función del periodo de retorno (T, años), y la duración de la lluvia (t, minutos) (Jaramillo y Kogson, 1994).

Estación Departamento	Municipio	Ecuación	R ²
Naranjal	Chinchiná	$I = \frac{1035 \times T^{0.184}}{(t + 20)^{0.716}}$	0,98
R. Escobar	Supía	$I = \frac{5369 \times T^{0.128}}{(t + 35)^{0.080}}$	0,99
El Rosario	Venecia	$I = \frac{3733 \times T^{0.168}}{(t + 15)^{0.034}}$	0,97
M. Valencia	Jardín	$I = \frac{3055 \times T^{0.160}}{(t + 30)^{0.026}}$	0,99
L. Bustamante	Villarrica	$I = \frac{3732 \times T^{0.147}}{(t + 35)^{0.017}}$	0,98
La Montaña	Dolores	$I = \frac{986 \times T^{0.179}}{(t + 15)^{0.740}}$	0,99
Chapetón	Ibagué	$I = \frac{2475 \times T^{0.131}}{(t + 35)^{0.882}}$	0,97
El Limón	Chaparral	$I = \frac{1338 \times T^{0.182}}{(t + 15)^{0.748}}$	0,99
J. Villamil	Gigante	$I = \frac{3549 \times T^{0.160}}{(t + 45)^{0.973}}$	0,96
El Jazmín	Santa Rosa de Cabal	$I = \frac{1288 \times T^{0.181}}{(t + 15)^{0.798}}$	0,97
Planta de Tratamiento	Pereira	$I = \frac{1038 \times T^{0.195}}{(t + 20)^{0.703}}$	0,99
El Cedral	Pereira	$I = \frac{1181 \times T^{0.175}}{(t + 15)^{0.769}}$	0,99
Bremen	Circasia	$I = \frac{2470 \times T^{0.153}}{(t + 10)^{0.991}}$	0,97
El Sena	Armenia	$I = \frac{1489 \times T^{0.153}}{(t + 20)^{0.796}}$	0,98
La Bella	Calarcá	$I = \frac{1745 \times T^{0.163}}{(t + 15)^{0.841}}$	0,99
Paraguaicito	Buenavista	$I = \frac{1285 \times T^{0.183}}{(t + 25)^{0.753}}$	0,97
S. Gutiérrez	Argelia	$I = \frac{1553 \times T^{0.176}}{(t + 15)^{0.851}}$	0,99
A. Gómez	Alcalá	$I = \frac{1090 \times T^{0.181}}{(t + 20)^{0.767}}$	0,99
H Uribe	Sevilla	$I = \frac{1252 \times T^{0.160}}{(t + 20)^{0.754}}$	0,99
M. Mallarino	Trujillo	$I = \frac{286 \times T^{0.205}}{(t + 10)^{0.446}}$	0,94
J. Fernández	Restrepo	$I = \frac{2901 \times T^{0.200}}{(t + 25)^{0.695}}$	0,98
La Florida	Popayán	$I = \frac{2027 \times T^{0.154}}{(t + 15)^{0.945}}$	0,99
M. Mejía	El Tambo	$I = \frac{2135 \times T^{0.203}}{(t + 25)^{0.884}}$	0,99
O. Pérez	Consacá	$I = \frac{621 \times T^{0.197}}{(t + 20)^{0.648}}$	0,98

Para la zona cafetera colombiana los valores más altos de lluvia máxima absoluta en 24 horas se presentan en F. Romero – Salazar - Norte de Santander con 269,0 mm/día (registrada en Mayo 16 de 1970 y distribuidos en 55,6mm en el día y 213,4mm en la noche) y en La Montaña – Dolores - Tolima con 200,0 mm/día. Otras localidades con lluvias dentro del quintil superior, por encima de 160 mm en 24 horas están El Cedral y Planta de Tratamiento - Pereira, Ospirma - Quinchía en Risaralda, Santa Helena - Marquetalia y Llanadas - Manzanares en Caldas, Blonay - Norte de Santander, La Trinidad - Líbano y L. Bustamante - Villarrica en Tolima y Maracay – Quimbaya - Quindío.(Figura 9.12, Tabla 9.4).

Según Eslava, 1994 para Colombia los valores absolutos más altos de lluvia máxima en 24 horas se registran en la región Norte del Pacífico colombiano (Cuencas de los ríos Baudó, San Juan y Atrato) con un valor próximo a 900 mm, que equivale a cuatro veces superior a los encontrados en la zona cafetera de Colombia.

La Organización Meteorológica Mundial (WMO, 1986), reporta como valor máximo de lluvia en 24 horas un total de 1.825 mm en Foc Foc, Islas Reunión, en el océano Indico, registrados entre el 15 y 16 de Marzo de 1952.

La distribución mensual de la lluvia máxima diaria

La lluvia máxima diaria absoluta presenta sus mayores niveles de ocurrencia en los meses de mayo, octubre y noviembre (Figura 9.13) y en general, se puede observar que sigue la doble onda de la distribución de la lluvia observada en la región Andina de Colombia, determinada por la Zona de Confluencia Intertropical. Trojer, 1959, en sus estudios pioneros en la década de los cincuenta encontró que las lluvias máximas se presentaban en los meses de “transición” del período de menor lluvia al período de mayor lluvia que para las condiciones de la zona cafetera corresponden a los meses de marzo y septiembre.

Figura 9.12
Distribución de frecuencias de la lluvia máxima en 24 horas para la región Andina de Colombia.

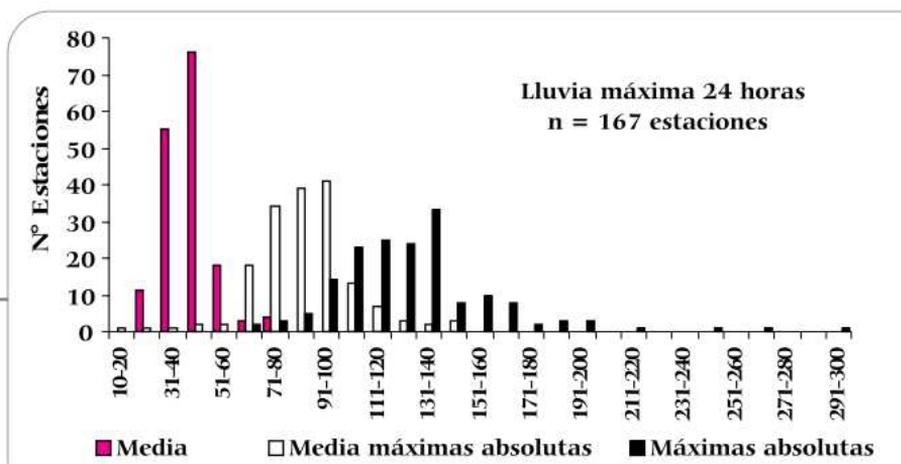


Tabla 9.4. Intensidades máximas de lluvia en la zona cafetera (mm/tiempo) Período de retorno 10 años (Jaramillo y Kogson, 1994).

Estación	Tiempo minutos		
	5	10	60
Pueblo Bello	20	50	93
F. Romero	16	60	64
Blonay	11	52	80
Bertha	11	44	57
Montelíbano	18	49	62
Mesita Sta Inés	16	53	74
Tibacuy	12	39	45
Llanadas	12	44	64
Agronomía	15	42	55
Santa Ana	15	43	62
Santágueda	16	49	59
Cenicafé	14	41	59
Naranjal	16	47	68
R. Escobar	12	43	50
El Rosario	21	56	79
M. Valencia	11	33	40
L. Bustamante	11	36	54
La Montaña	14	46	61
Chapetón	11	42	60
El Limón	20	59	82
El Jazmín	14	54	65
P. Tratamiento	17	49	70
El Cedral	16	49	66
J. Villamil	11	41	61
Bremen	18	48	60
El Sena	12	50	65
La Bella	16	54	71
Paraguaicito	15	47	72
S. Gutiérrez	15	45	62
A. Gómez	12	42	58
H. Uribe	14	49	69
M. Mallarino	13	44	66
J. Fernández	13	46	63
La Florida	15	41	47
M. Mejía	18	48	69
O. Pérez	11	39	60

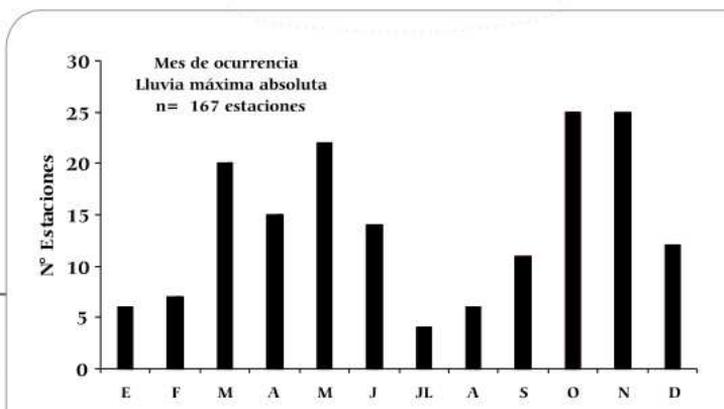


Figura 9.13. Meses de ocurrencia de la lluvia máxima absoluta en la zona Andina de Colombia

Instrumentos para la medida de la lluvia

(Brock y Richardson, 2001, Strangeways, 2000)

- Pluviómetro, que mide la cantidad de lluvia de manera directa por medio de una reglilla.
- Pluviógrafo, que registra la cantidad de lluvia en una gráfica diaria; el registro permite conocer además la distribución y la intensidad de la lluvia.
- Pluviómetros ópticos, que miden la cantidad de lluvia al pasar ésta por un rayo de luz infrarroja.
- Radar meteorológico, utilizado para detectar la presencia de agua en estado líquido o sólido en la atmósfera.

