

# Comportamiento histórico de la precipitación en la cuenca media y alta del río Tunjuelito y análisis del evento ocurrido entre los meses de mayo y junio de 2002

Víctor Leonardo López Jiménez\*

## RESUMEN

Con el objeto de ampliar el conocimiento sobre el comportamiento de la precipitación en la parte media y alta de la cuenca del río Tunjuelito, municipio de Bogotá-Cundinamarca y de aportar la información técnica necesaria para establecer la posible contribución de las lluvias con el evento de desbordamiento ocurrido a finales de mayo y comienzos de junio del año 2002, se realizó el análisis estadístico de las series (1980-2002). De otro lado, se efectuó un recuento histórico de los eventos catastróficos por desbordamiento en la zona y se estudió la relación entre la variabilidad de la precipitación en el área de estudio y la ocurrencia de los fenómenos El Niño/La Niña, teniendo en cuenta que un buen indicador de la presencia de esos fenómenos es la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM), medida en el océano pacífico tropical en la región Niño 3-4.

**Palabras clave:** río Tunjuelito, precipitación, análisis histórico, eventos catastróficos.

## HISTORY OF PRECIPITATION BEHAVIOUR IN THE MIDDLE AND HIGH TUNJUELITO RIVER BASIN AND ANALYSIS OF THE EVENTS HAPPENED IN MAY AND JUNE, 2002

### ABSTRACT

With the purpose of increasing the understanding about precipitation behaviour in the middle and high parts of the river basin of Tunjuelito river, in Bogotá, Cundinamarca and contributing to the necessary technical information to measure up to what extent rain probably caused the river to overflow recently, at the end of May and beginning of June, 2002, a statistical analysis of time series (1980-2002) on this parameter was made. On the other hand, a historical summary of catastrophic events of zone overflow and the relationship between precipitation variability in the area and the presence of the El Niño/La Niña Phenomenon were studied, taking in to consideration that an important indicator these phenomena is the Sea Surface Temperature (SST), measured in the Tropical Pacific Ocean, in the region Niño 3-4.

**Key Words:** Tunjuelito River, precipitation, historical analysis, catastrophic events.

\* Topógrafo, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Meteorólogo, Instituto Nacional de Meteorología, Madrid – España. Magíster en Saneamiento y Desarrollo Ambiental, Pontificia Universidad Javeriana. Coordinador Impacto Físico Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria Universidad de La Salle.

Correo electrónico:

Fecha de recepción: 4 de julio de 2006.

Fecha de aprobación: 5 de septiembre de 2006.

## GENERALIDADES

La cuenca del río Tunjuelo o Tunjuelito, afluente del río Bogotá, tiene su origen en la laguna de Chisacá y se encuentra ubicada al Sudoeste de la sabana de Bogotá. Puede decirse que la parte alta de la cuenca llega hasta el sitio donde se ubica la represa conocida como La Regadera, donde se regula el caudal del río para su. La parte media de esta cuenca va desde La Regadera hasta el lugar donde confluye la quebrada Yomasa, sector conocido como Cantarrana. Finalmente, la parte baja de la cuenca llega hasta la desembocadura del Tunjuelo en el río Bogotá

El río Tunjuelito, considerado como una cuenca de tercer orden, hace parte de la cuenca del río Bogotá y se mueve entre algo más de 3800 y 2500 metros de elevación, aproximadamente. Vale la pena anotar que en un corto trayecto desciende más de 1200 metros.

El río Tunjuelo desarrolla su cauce dentro de una estructura sinclinal orientada Sur-Norte-Nordeste, cuyo eje de orientación se desplaza paralelo al rumbo general de la Cordillera Oriental. En la parte alta el río fluye sobre un canal estable de corte profundo, recibiendo el aporte de las corrientes de montaña que lo alimentan y aumentan su energía. En la parte media y baja de su recorrido recibe el aporte de las quebradas Yomasa, Santa Librada, La Fiscala, Chiguaza, Trompeta, La Estrella, Limas y Tibanica.

### Resumen histórico sobre eventos de inundación

De acuerdo con la información existente en la red Desinventar (2004) y el proyecto SIDHMA-FIAS (2005), los antecedentes de inundación en la cuenca del Tunjuelo datan del año de 1914 cuando el 17 de noviembre el río se salió de su cauce inundando una extensa área. En 1941 la zona, utilizada en ese

entonces para la agricultura, se anegó por un nuevo desbordamiento del río. El 8 de junio de 1967 se reportó el desbordamiento del río Tunjuelo con consecuencias para los barrios vecinos. El 12 de junio del 71 el río inunda los barrios San Benito, Bosa y Meissen, entre otros.

El 1 de diciembre de 1974 graves inundaciones afectan más de 1500 habitantes del barrio San Vicente Ferrer y se denuncia una excavación profunda para la extracción de materiales. El 8 de junio de 1975 se rebose la represa de La Regadera y el río se desborda dejando más de 400 damnificados. El 19 de octubre del 86 se desborda el Tunjuelito dejando más de 250 familias afectadas, desde el puente sobre al quebrada La Chiguaza (La Pichosa) a la entrada del barrio Meissen hasta la autopista sur, los líderes comunales hablan de 9 muertos.

El 15 de marzo de 1989 se desborda el Tunjuelito afectando un gran número de barrios (80 dice la noticia). El 9 de agosto de 1991 nuevamente se desborda el río y se reportan 240 casas averiadas y más de 1800 damnificados. El 14 de mayo del 96 un fuerte aguacero hace que la represa La Regadera rebose hasta 90 metros cúbicos por segundo inundando los barrios de San Benito, Isla del Sol, Santa Rosita y Meissen dejando más de 20 manzanas anegadas, 300 viviendas averiadas, 260 familias damnificadas, dos muertos y más de 1800 personas afectadas.

El 24 de febrero de 1999 se publicaron dos episodios en la quebrada La Chiguaza. El primero ocurrió el 19 de mayo del 94 cuando el arrastre de piedras, palos y lodo dejó como resultado 8 muertos, 60 casas destruidas y más de 800 damnificados. Este evento se repitió en mayo de 1995. El 28 de marzo del 2000 se reportó una inundación por atascamiento del río Tunjuelito que dejó, la iglesia, el parque y

un par de colegios anegados y más de 200 viviendas afectadas.

El 31 de mayo de 2002 se desborda el Tunjuelo por el rebosamiento de La Regadera; más de 240 viviendas inundadas y cerca de mil damnificados. El día 9 de junio ocurre un nuevo evento de inundación y se calculan en algo más de 1000 las familias damnificadas. La inundación de las minas evitó un gran desastre. El alcalde Antanas Mockus manifestó a la

emisora Caracol «esperamos que las cárcavas nos alcancen para retener toda el agua que está bajando...»

## MANEJO DE INFORMACIÓN

Para la elaboración del presente análisis se utilizaron las series cronológicas mensuales y anuales de precipitación de las estaciones meteorológicas indicadas en la siguiente tabla:

**TABLA 1.** SERIES CRONOLÓGICAS MENSUALES Y ANUALES DE PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS.

Estación	Latitud Norte	Longitud Oeste	Elevación (m)	Corriente	Periodo Series Lluvia	Entidad
La Unión	04° 20'	74° 11'	3320	Bogotá	1985-2002	IDEAM
Australia	04° 24'	74° 08'	3050	Bogotá	1985-2002	IDEAM
Pasquilla	04° 27'	74° 10'	3000	Tunjuelito	1982-2002	IDEAM
Los Tunjos	04° 41'	74° 41'	3780	Chisaca	1989-2002	EAAB
El Hato	04° 42'	74° 41'	3150	Chisaca	1972-2002	EAAB
La Regadera	04° 42'	74° 40'	3050	Tunjuelo	1970-2002	EAAB

Se utilizó la información diaria de precipitación para el año 2002, en particular para los meses de mayo y junio, y se analizaron los eventos ocurridos durante los días 30 y 31 de mayo y 1 y 8 de junio, con base en los registros pluviográficos de las estaciones La Regadera y El Hato.

### COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE LA PRECIPITACIÓN

Se describe el comportamiento histórico de la precipitación, a nivel mensual, interdecadal y diario, en la cuenca del río Tunjuelito, con base en la información de las estaciones indicadas en la Tabla A y mediante el cálculo de los siguientes parámetros.

- ◆ Valores medios mensuales y anuales multianuales de precipitación (totales mensua-

les y número de días con lluvia) para el período de referencia 1981-2000.

- ◆ Valores máximos diarios de precipitación para el período 1981-2002.
- ◆ Valores medios anuales multianuales de precipitación (totales) para las décadas 1981-1990 y 1991-2000.

### VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN

La variabilidad climática se refiere a las fluctuaciones observadas durante periodos de tiempo relativamente cortos. Durante un año en particular se registran valores por encima o por debajo de la *normal climatológica* (período de 30 años), o en su defecto, de un período de referencia común para to-

das las estaciones, en este caso, la media 1981-2000. A la diferencia entre el valor registrado y el promedio de la variable, dividida por el valor de la desviación típica, se le conoce como *anomalía*. La secuencia de estas oscilaciones alrededor de los valores normales se conoce como *variabilidad climática*, y su valoración se logra mediante la determinación de las anomalías.

Con base en la serie de anomalías de precipitación, se analizó la variabilidad de la lluvia a niveles interanual e interdecadal y se estudió el comportamiento de la misma durante la presencia de fenómenos El Niño y La Niña, tomando como referencia la variable Temperatura Superficial del Mar (TSM), obtenida en el Pacífico Tropical.

Se analizó el comportamiento mensual de la precipitación en el año 2002 y se calificaron los meses como secos, normales o lluviosos, de acuerdo con los valores del *Índice de Precipitación*, el cual viene dado por la siguiente expresión:

$$I (\%) = (P_i \times 100) / Pmed_i$$

Donde:

$I (\%)$  = Índice de Precipitación, expresado en porcentaje

$P_i$  = Precipitación total, expresada en milímetros (mm) registrada en el mes «i»

$Pmed_i$  = Promedio multianual de precipitación (expresado en mm) para el mes «i»

Un milímetro (mm) de precipitación equivale a un litro de agua por metro cuadrado de superficie.

El *Índice de precipitación I (%)*, se interpreta de la siguiente manera:

Menor de 50 - lluvias muy por debajo de lo normal (mes muy seco)

51 a 79 - lluvias por debajo de lo normal (mes seco)

80 a 120 - lluvias normales para el mes

121 a 150 - lluvias por encima de lo normal (mes lluvioso)

Mayor de 150 - lluvias muy por encima de lo normal (mes muy lluvioso)

Finalmente, se analizó el comportamiento diario de la precipitación durante mayo y junio de 2002 y el horario para los eventos ocurridos en los días 30 y 31 de mayo y 8 de junio de ese año.

## ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN

El comportamiento temporal de la precipitación en la zona está regido por la presencia de sistemas meteorológicos como: la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT), perturbaciones de menor escala asociadas con ésta y del efecto orográfico fortalecido por la advección de masas de aire húmedo desde la selva amazónica. La precipitación en la región presenta, además, variaciones interanuales e interdecadales asociadas a procesos de variabilidad climática.

## COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE LA PRECIPITACIÓN

Estación Pasquilla. El régimen de la precipitación en el área de esta estación es monomodal, es decir que se presenta un período seco y uno lluvioso durante el transcurso del año. Como se observa en la Tabla 1, el período seco ocurre entre los meses de diciembre y marzo, tiempo durante el cual se registran cantidades inferiores a los 60 mm mes. La época más seca del año se presenta en los meses de enero (26 mm) y diciembre (33 mm). El número medio de días con lluvia durante este período seco varía, en promedio, desde 5 en enero, hasta 11 en marzo.

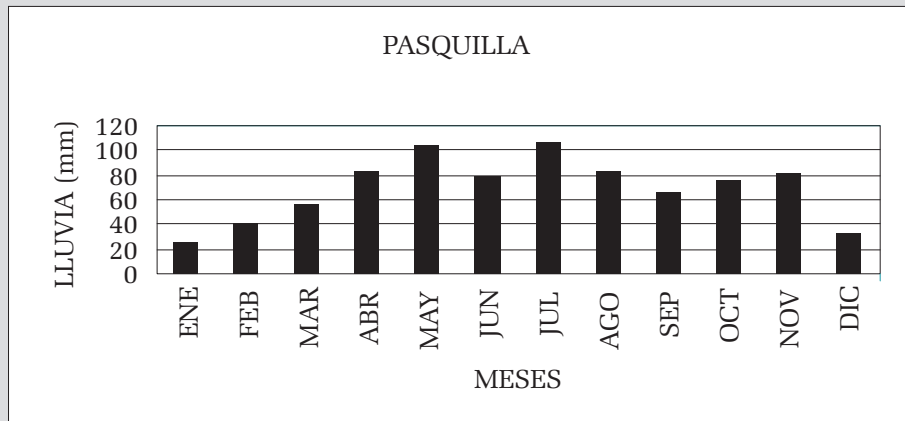
**TABLA 2.** ESTACIÓN PASQUILLA. VALORES MEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN. PERIODO: 1982-2002.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Promedio Histórico (mm)	26	40	56	83	105	80	106	84	65	76	80	33	809
Número de días con lluvia	5	9	11	16	19	21	24	20	15	16	14	8	178

El período lluvioso se inicia en abril y termina en noviembre, con una ligera disminución de las cantidades registradas en el mes de junio (Gráfico 1). Los meses más lluviosos del año son julio (106 mm)

y mayo (105 mm). El número medio de días con precipitación de este período lluvioso oscila entre 14 en noviembre, y 24 en el mes de julio.

**GRÁFICO 1.** DISTRIBUCIÓN ANUAL DE LA PRECIPITACIÓN. ESTACIÓN PASQUILLA.



Estación Escuela La Unión. El régimen de la precipitación en el área es del tipo monomodal, es decir,

un período seco y uno lluvioso durante el transcurso del año.

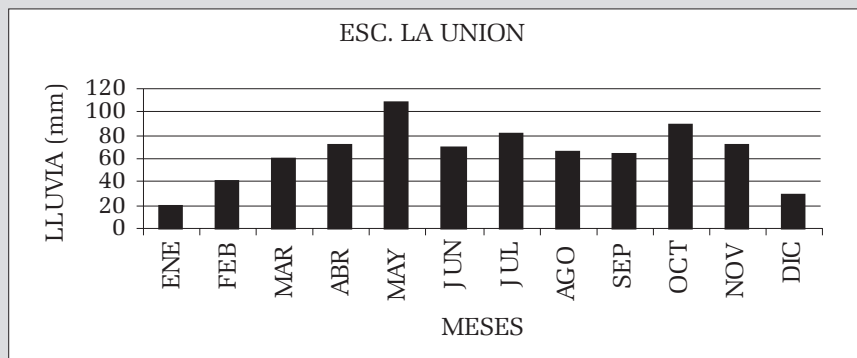
**TABLA 3.** ESTACIÓN LA UNIÓN. VALORES MEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN. PERIODO: 1985-2002.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Promedio (mm)	19	42	59	72	108	70	81	67	64	89	71	29	772
Número de días con lluvia	7	10	12	17	22	21	24	22	15	17	15	9	191

El período seco ocurre entre diciembre y marzo, tiempo durante el cual se tienen valores inferiores a los 60 mm. Los meses más secos del año son enero (19

mm) y diciembre (29 mm). El número medio de días con lluvia varía desde 7, en enero, hasta 12 en marzo.

**GRÁFICO 2.** DISTRIBUCIÓN ANUAL DE LA PRECIPITACIÓN. ESTACIÓN ESCUELA LA UNIÓN.



El período lluvioso se inicia en abril y termina en noviembre, con una ligera disminución de los valores en el mes de junio (Gráfico 2). Los meses más lluviosos son mayo (108 mm, 22 días de lluvia), octubre (89 mm, 17 días de lluvia) y julio (81 mm, 24 días lluviosos). El número de días con lluvia durante el período lluvioso está entre 15 en septiembre y 24 en julio.

Estación Australia. El régimen de la precipitación es de tipo monomodal. El período seco ocurre entre los meses de diciembre y marzo, con cantidades inferiores a 70 mm (Gráfico 3). Los meses más secos son enero (22 mm) y diciembre (39 mm). El número medio de días con lluvia durante este período varía entre 8 en enero y 14 en marzo (Tabla 4).

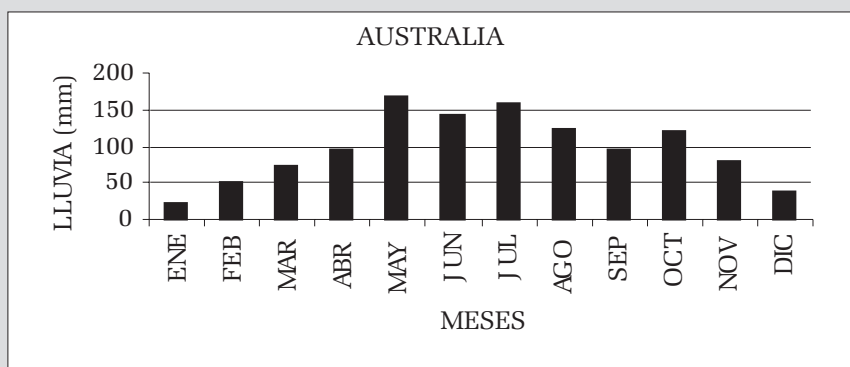
**TABLA 4.** ESTACIÓN AUSTRALIA. VALORES MEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN. PERÍODO 1985-2000.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Promedio (mm)	22	50	72	95	168	144	159	124	95	121	79	39	1167
Número de días con lluvia	8	12	14	20	27	27	29	26	22	23	19	12	239

El período lluvioso está entre abril y noviembre. Los días más lluviosos son mayo (168 mm y 27 días

con lluvia), julio (159 mm, 29 días lluviosos) y junio (144 mm, 27 días).

**GRÁFICO 3.** DISTRIBUCIÓN ANUAL DE LA PRECIPITACIÓN. ESTACIÓN AUSTRALIA.



Estación El Hato. El régimen de la precipitación en el área de influencia es de tipo monomodal. El período seco ocurre entre los meses de diciembre y marzo, con cantidades medias inferiores a los 60

mm (Tabla 5). Los meses más secos del año son enero (19 mm) y diciembre (33 mm). El número medio de días con lluvia durante este período seco varía desde 9, en enero, hasta 15 en marzo.

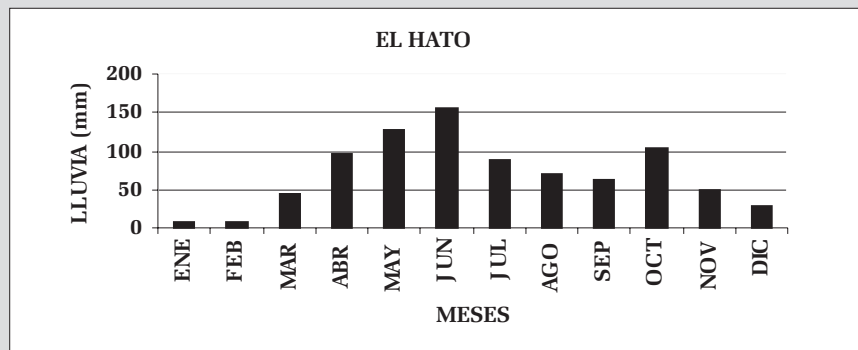
**TABLA 5.** ESTACIÓN EL HATO. VALORES MEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN. PERÍODO 1981-2000.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Promedio Histórico (mm)	19	40	53	85	114	76	84	70	64	74	62	33	765
Número medio de días con lluvia	9	12	15	21	24	25	25	24	22	20	18	15	230

El período lluvioso, como se observa en el Gráfico 4, se inicia en abril y termina en noviembre, con una ligera disminución de las cantidades registradas en el mes de junio. Los meses más lluviosos del año son mayo (114 mm) y abril (85 mm).

El número medio de días con precipitación durante este período lluvioso oscila entre 18 en noviembre y 25 en julio. Durante el año se registran en promedio 221 días con lluvia.

**GRÁFICO 4.** DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN DURANTE EL AÑO. ESTACIÓN EL HATO.



Estación La Regadera. El régimen de la precipitación en el área de influencia de la estación, es de tipo monomodal. El período seco ocurre entre los meses de diciembre y marzo, tiempo durante el cual

se registran cantidades inferiores a los 60 mm (Tabla 6). Los meses más secos son enero (21 mm) y diciembre (36 mm) donde el número de días con lluvia varía entre 15, en diciembre y 10 en enero.

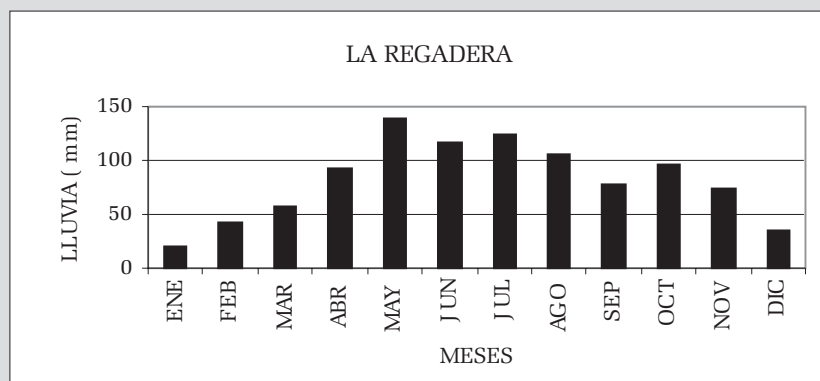
**TABLA 6.** ESTACIÓN LA REGADERA. VALORES MEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN. PERÍODO 1981-2000.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Promedio (mm)	21	42	58	92	139	116	125	105	77	96	74	36	982
Número de días con lluvia	10	14	17	22	27	28	29	27	23	23	20	15	255

El período lluvioso se inicia en abril y termina en noviembre, con una ligera disminución de las cantidades registradas en el mes de junio (Gráfica 5). Los meses más lluviosos del año son mayo (139

mm) y julio (125 mm) tiempo en que los días con lluvias oscilan entre 19 (noviembre) y 28 (junio y julio).

**GRÁFICO 5.** DISTRIBUCIÓN ANUAL DE LA PRECIPITACIÓN. ESTACIÓN LA REGADERA.



Estación Los Tunjos. El régimen de la precipitación, al igual que en las áreas anteriores, es del tipo monomodal. El período seco ocurre entre diciem-

bre y febrero, cuando se registran cantidades inferiores a los 60 mm. (Tabla 7).

**TABLA 7.** ESTACIÓN LOS TUNJOS. VALORES MEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN. PERÍODO 1989-2000.

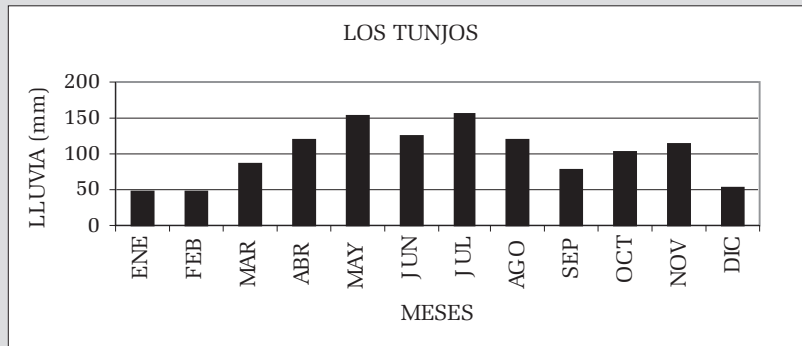
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Promedio Histórico (mm)	47	47	87	119	153	126	156	120	79	102	114	53	1150
Número medio de días con lluvia	12	12	18	21	27	27	27	26	24	22	23	16	255



En el área cubierta por la estación Los Tunjos los meses con menores totales de lluvia son enero y febrero con 47 mm y diciembre con 53 mm. El número

medio de días con lluvia en este período seco oscila entre 12, en enero y febrero y 16 en el mes de diciembre.

**GRÁFICO 6.** DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN DURANTE EL AÑO. ESTACIÓN LOS TUNJOS.



Como se observa en el gráfico 6, el período lluvioso se inicia a mediados de marzo y termina en noviembre, con una ligera disminución de las lluvias en junio. Los meses más lluviosos del año son julio y mayo cuando se registran valores medios ligeramente superiores a 150 mm. El número de días promedio con lluvia para este período oscila entre 21, en el mes de abril y 27 en el mes de julio.

### PRECIPITACIONES MÁXIMAS MULTIANUALES

Se entiende por precipitación máxima diaria, a la cantidad de lluvia medida durante un período de 24 horas, contado desde las 07 horas. En la Tabla 8 se publican los valores máximos diarios de precipitación, registrados en las estaciones incluidas en el estudio.

**TABLA 8.** VALORES MÁXIMOS DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (MILÍMETROS) DURANTE EL PERÍODO DE FUNCIONAMIENTO.

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAX AÑO
Pasquilla	88.0	40.5	32.2	30.1	65.0	27.0	30.2	31.1	39.9	27.6	44.5	30.5	88.0
La Unión	18.2	24.9	30.4	25.0	37.1	48.8	24.5	26.4	37.2	40.0	25.6	32.5	48.8
Australia	14.9	34.1	29.7	45.0	45.0	45.0	31.7	30.0	38.6	56.0	33.2	26.5	45.0
El Hato	36.8	27.6	59.0	38.5	48.0	46.6	35.5	68.0	35.0	61.0	29.2	32.5	68.0
La Regadera	26.5	21.6	33.3	51.5	42.0	41.9	4.0	28.5	28.0	38.7	29.5	34.9	51.5
Los Tunjos	25.4	28.5	38.9	35.0	36.6	47.7	29.8	30.5	21.8	28.7	30.0	27.7	47.7

Ocurrencia de las lluvias máximas: Pasquilla (88.0 mm, enero 18/1996), La Unión (48.8 mm, **junio 8/ 2002**), Australia (45.0 mm, abril 18/93, mayo 13/96 y **junio 8/ 2002**), lo cual, en principio, da idea de lo extraordinario del evento del 8 de junio de 2002.

Los valores **observados para el 8 de junio de 2002** en otras estaciones fueron: El Hato (46.6mm), La Regadera (41.9) y Los Tunjos (47.7), lo cual confirma la relación entre la cantidad de lluvia y el evento de inundación en la parte media y baja de la cuenca del Tunjuelo.

## VARIABILIDAD INTERDECADAL

Para analizar la variabilidad interdecadal (década a década) de la lluvia, se comparan los valores medios obtenidos para períodos consecutivos de diez años, contados a partir de un año terminado en la cifra uno, hasta el siguiente terminado en la cifra

cero por ejemplo, la década 1961-1970. Con excepción de El Hato y La Regadera, estaciones que poseen registros anteriores a 1980, las restantes fueron instaladas después del año 1981, razón por la cual, los valores calculados para la década 1981-1990, son incompletos y se publican como referencia (Tabla 9).

**TABLA 9.** PROMEDIOS MULTIANUALES DE PRECIPITACIÓN PARA LAS DÉCADAS DE LOS AÑOS 80 Y 90.

Estación	Período referencia		Década 1981-1990		Década 1991-2000	
	Período	Media	Media	Índice	Media	Índice
Pasquilla	1982-2000	809	871	108	741	92
La Unión	1985-2000	772	812	105	741	96
Australia	1985-2000	1169	1144	98	1174	100
El Hato	1981-2000	765	726	95	804	105
La Regadera	1981-2000	982	967	98	996	101
Los Tunjos	1989-2000	1150	ND	ND	1194	104

Para comparar los valores medios en las décadas de los 80 y 90 con el promedio de los períodos de referencia se calculó el *Índice de Precipitación*. Este índice adquiere valores que varían entre 95% y 108%, para la década de los 80, y desde 92% hasta 105% para 1991-2000, valores que de acuerdo con su interpretación, corresponden a condiciones de normalidad. Esto significa que en los 80 y 90 las lluvias registradas no presentan variaciones significativas respecto al período de referencia.

## EFFECTO DE LOS FENÓMENOS EL NIÑO-LA NIÑA EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS LLUVIAS

Una de las causas más importantes de la variabilidad de la precipitación en la mayor parte de Colombia se relaciona con la ocurrencia de los fenómenos El Niño/ La Niña, por lo cual resulta de interés analizar la incidencia de esos eventos en el comportamiento de las lluvias en la zona. Un buen indicador de la ocurrencia de esos fenómenos es la TSM, medida en el océano Pacífico Tropical, en la región Niño 3-4.

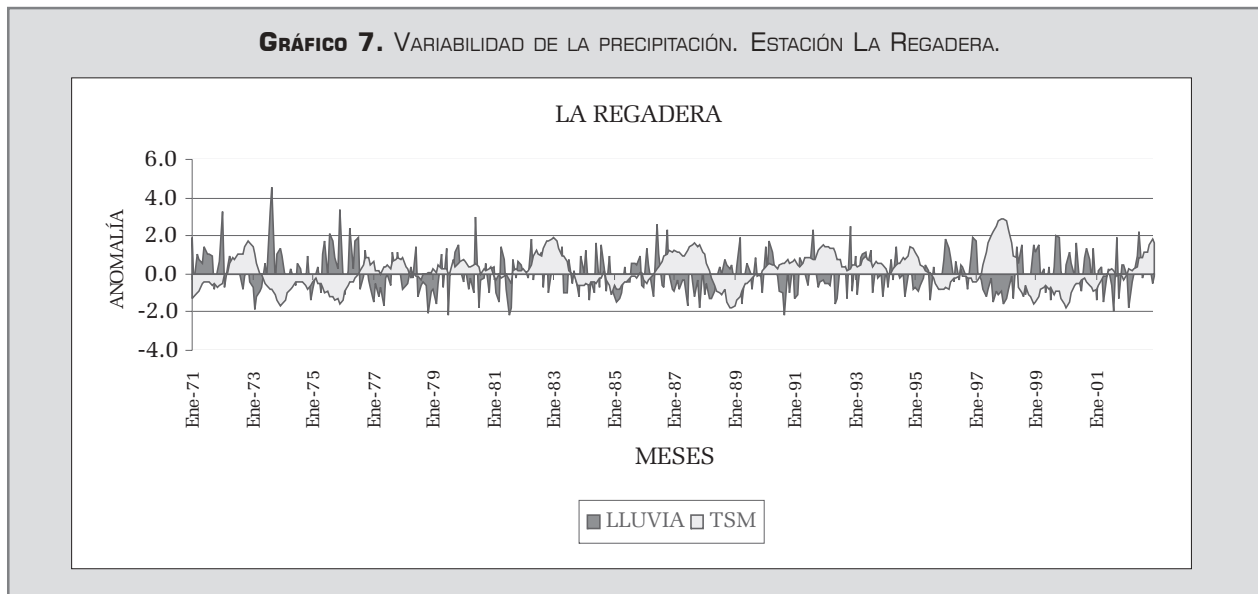
Las Figuras 7 y 8 muestran la relación de las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) y las de precipitación, para las series de las estaciones La Regadera y El Hato, las de mayor extensión. Cuando la curva de TSM se encuentra por encima del eje de las abscisas (línea cero), se dice que la *anomalía es positiva* y corresponde a valores de temperatura del mar *superiores* a su valor medio, es decir, un *calentamiento* de la superficie del mar en el océano Pacífico, lo cual es un indicativo de la ocurrencia de un fenómeno de El Niño. Inversamente, cuando la curva se ubica por debajo del eje de las abscisas, la *anomalía es negativa*, existe enfriamiento del agua superficial del mar, lo que unido a otras características oceano-atmosféricas, corresponde a la presencia del fenómeno de La Niña.

Cuando la línea o curva que representa las *anomalías* de la precipitación se encuentran por encima del eje de las abscisas (cero), se dice que la anomalía es *positiva* y corresponde a valores de lluvia *superiores* al valor promedio del período de referencia. Análogamente, cuando la curva se ubica por

debajo del eje de las abscisas, la anomalía es *negativa* y corresponde a la presencia de volúmenes de lluvia por debajo del nivel promedio. A continuación se describe la variabilidad interanual de la precipitación en la zona de interés, con base en las estaciones de mayor longitud de registro.

Estación La Regadera. La presencia de fenómeno El Niño, en términos generales, se refleja en una mayor proporción de meses secos. De los 7 eventos El Niño documentados a partir de la década de los 70 años, los de 1972/73, 76/77, 86/88 y 91/92, presentaron una señal entre moderada y fuerte y el de los

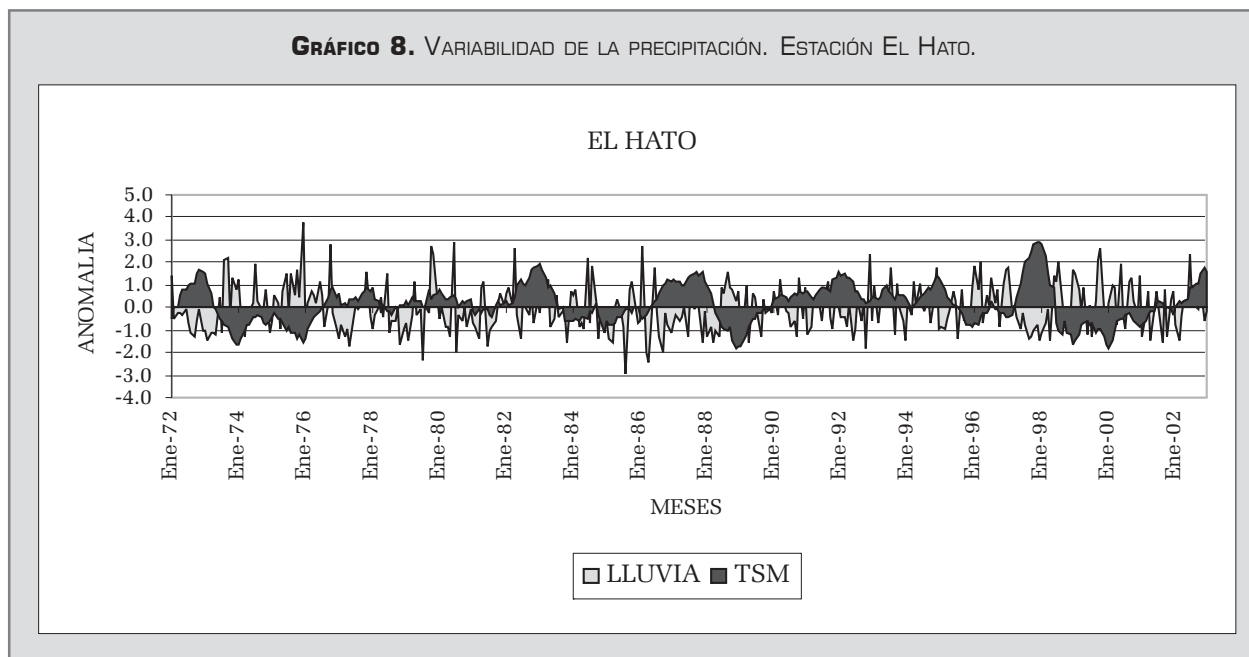
años 97/98, una señal muy fuerte. Estos dieron lugar a anomalías negativas de la lluvia de entre 2 y 4 desviaciones estándar, reflejadas en una mayor proporción de meses secos (línea sombreada azul por debajo del eje cero). El evento El Niño 1982/83, tuvo un comportamiento muy variable; de los 18 meses que duró, el 61%, fueron normales, el 17% fueron lluviosos y solo el 22% fueron secos. Mucho más atípico resultó el evento El Niño registrado durante el período junio a diciembre de 2002 donde 4 meses presentaron un comportamiento normal, dos fueron lluviosos y solo uno se comportó como mes seco con lluvias inferiores al promedio (Gráfico 7).



Estación El Hato. En el área de influencia de esta estación (3150 metros de elevación), la señal de respuesta a los eventos El Niño de 1972/73, 76/77, 86/88 y 91/92, fue moderada, reflejándose en anomalías negativas de lluvia cercanas a 2 desviaciones estándar (fig. N°8). Si bien la señal se refleja en una

ligera proporción de meses secos con respecto a los lluviosos, predominaron los meses con cantidades de lluvia «normales». Sin embargo, durante la ocurrencia de El Niño 97/98, la señal de respuesta fue muy fuerte ya que 10 de los 13 meses que duró el evento resultaron secos o muy secos.

**GRÁFICO 8.** VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN. ESTACIÓN EL HATO.



El evento 82/83, tuvo un comportamiento inverso: de los 18 meses que duró, el 22% (4 meses), fueron lluviosos, el 17% (3 meses), secos y el 61% restante (11 meses), fueron normales. Mucho más atípico resultó el evento. En el Niño registrado durante el período junio a diciembre de 2002, de los 7 meses analizados, el 57% (4 meses) presentó un comportamiento normal, dos meses equivalentes al 29 %, resultaron ser lluviosos y solo un mes (noviembre/02), registró lluvias ligeramente inferiores al valor promedio.

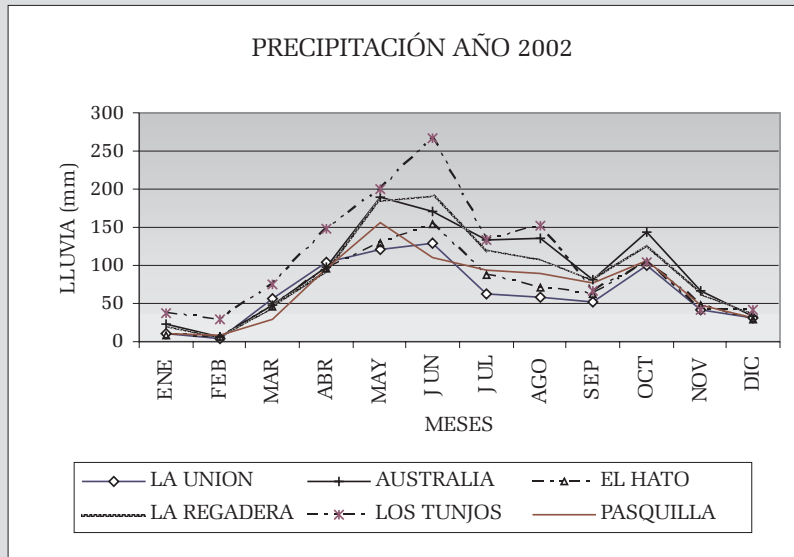
### COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN DURANTE EL AÑO 2002

Comportamiento mensual. En el Gráfico 9 se muestra el comportamiento de la lluvia en las estaciones seleccionadas ubicadas en la cuenca del río Tunjuelito, durante el año de 2002. Se puede advertir que las cantidades de precipitación fueron

inferiores a los 60 mm, durante la temporada seca (enero a marzo y diciembre), como normalmente ocurre.

A partir de abril, las lluvias se fueron generalizando en la zona hasta alcanzar valores máximos mensuales en mayo y/o junio. Los volúmenes de precipitación estuvieron muy por encima del valor promedio mensual en el mes de junio de 2002 en todas las estaciones seleccionadas: el *Índice de Precipitación* osciló desde 128% en Australia, hasta 191%, en La Unión. Desde el mes de julio y hasta el mes de noviembre, las cantidades registradas de lluvia presentaron un paulatino decrecimiento, sin embargo, los volúmenes registrados durante los meses de agosto, septiembre y octubre, estuvieron desde normales ( $I= 80$  a  $120$ ) hasta por encima ( $I>120$ ) y muy por encima de lo normal ( $I>150$ ). El mes de noviembre de 2002 presentó volúmenes de precipitación deficitarios ( $I<80$ ) en casi toda la región. (Ver Gráfico 9 y [Anexos 1 y 2](#))

**GRÁFICO 9.** DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN DURANTE EL AÑO DE 2002, EN LAS ESTACIONES SELECCIONADAS.



### COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN DURANTE LOS MESES DE MAYO Y JUNIO DE 2002

Durante el período comprendido entre el 1 de mayo y el 20 de junio de 2002, las lluvias fueron muy frecuentes en toda la cuenca del río Tunjuelito y presentaron intensidades variadas (desde lloviznas hasta fuertes lluvias y tormentas eléctricas). Se destacan las cantidades registradas los días: 12, 30 y 31 de mayo, que oscilaron, entre 14 mm y 30 mm, aproximadamente, y los volúmenes alcanzados el día 8 de junio que registraron desde 32.8 mm, en el área de Pasquilla, hasta cerca de 50 mm en las estaciones restantes (45.0 mm en Australia, 48.8 mm en La Unión, 46.6 mm en El Hato, 41.9 mm en La Regadera, y 47.7 mm en Los Tunjos). Vale la pena mencionar que los valores reportados en La Unión y Australia son los más altos en un día en los últimos veinte años.

De acuerdo con los registros de la estación meteorológica que opera el IDEAM en el aeropuerto Eldorado, de Bogotá, durante el mes de mayo de

2002 se presentaron lloviznas en 12 de los días del mes, tormentas eléctricas en los días 27, 29 y 30 y lluvias de variada intensidad en 13 días. En la cuenca del río Tunjuelito, con excepción del área de la estación La Unión que reportó 19 días con lluvia, las estaciones restantes registraron entre 25 y 28 días lluviosos en este mes.

Durante junio de 2002, la estación meteorológica de El dorado, reportó lloviznas durante 16 de los días del mes, tormentas eléctricas y lluvias los días 2, 5, 6 y 7 de junio y lluvias de variada intensidad los demás días del mes. En la cuenca del río Tunjuelito, hasta el día 19 de junio, todas las estaciones analizadas reportaron entre 18 y 19 días con lluvia.

### COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN DURANTE DÍAS SELECCIONADOS

La cantidad de lluvia caída en un día (total diario), se cuenta desde las 07 de la mañana de ese día, hasta las 07 de la mañana del día siguiente, período que se conoce con el nombre de «Día Pluviométrico».

Así, por ejemplo, para el caso que nos ocupa, el día pluviométrico 30 de mayo de 2002 corresponde al período comprendido entre las 07 horas de ese día y las 07 horas del día 31 de mayo. Como se puede

observar en la Tabla 10, durante los días 30 y 31 de mayo, las lluvias estuvieron generalizadas a lo largo y ancho de la cuenca del río Tunjuelito.

**TABLA 10.** CANTIDADES DE PRECIPITACIÓN (MM) REGISTRADAS DURANTE LOS DÍA 30 Y 31 DE MAYO DE 2002.

Estación	Día 30 de mayo Precipitación (mm)	Día 31 de mayo Precipitación (mm)
Pasquilla	13.2	22.1
La Unión	25.0	16.1
Australia	4.6	16.5
El Hato	13.6	20.3
La Regadera	18.7	22.3
Los Tunjos	30.6	18.8

### DÍAS 30 Y 31 DE MAYO DE 2002

El análisis de la información gráfica (pluviogramas) de las estaciones La Regadera y El Hato, únicas dotadas con el instrumento adecuado (pluviógrafo) para registrar el comportamiento continuo de la lluvia, permite establecer las siguientes características del evento:

- Estación La Regadera. A partir de las 07 horas del día 30 de mayo, se presentaron precipitaciones del tipo llovizna, las cuales persistieron hasta las 18 horas, alcanzando un valor acumulado, durante este lapso, de 1.4 mm. A partir de las cero horas del 31 de mayo y hasta las 07 horas de este día, se presentaron lluvias intensas que alcanzaron 17.3 mm. De tal forma que para el *día pluviométrico* 30 de mayo, comprendido entre las 07 horas del 30 de mayo y las 07 horas del 31 de mayo, las lluvias fueron de 18.7 mm.

Entre las 07 horas y las 13 horas del 31 de mayo, las lluvias alcanzaron 8.9 mm. Se presentó un receso hasta las horas de la noche. A partir de las 20 horas y hasta las 24 horas del 31 de mayo (cero

horas del 1 de junio) se presentaron lloviznas (0.1 mm) y desde esta hora hasta las 07 de la mañana del 1 de junio se presentan lluvias moderadas que totalizaron 13.3 mm en ese lapso. De tal forma que para el día pluviométrico 31 de mayo, comprendido entre las 07 horas del 31 de mayo y las 07 horas del 1 de junio, las lluvias alcanzaron cantidades acumuladas de 22.3 milímetros.

Estación El Hato. El día 30 de mayo predominaron las lloviznas, entre las 07 horas y las 17 horas, las cuales alcanzaron 0.4 mm, durante ese lapso. Posteriormente, entre las 05:50 horas y las 07 horas del día 31 de mayo, se registraron 13.2 mm (lluvias de intensidad moderada). Así, para el día pluviométrico comprendido entre las 07 horas del 30 de mayo y las 07 horas del 31 de mayo, las lluvias alcanzaron los 13.6 mm.

Las precipitaciones continuaron durante la mañana y mediados de la tarde del día 31 de mayo. De acuerdo con la información gráfica de la estación, entre las 07 y las 16 horas del 31 de mayo, se registraron 10.2 mm de lluvia. Luego de un receso de cerca de

12 horas, nuevamente comenzó a llover a eso de las 04 horas del 1 de junio y, hasta las 07 horas de ese día se registraron 10.2 mm. Esto significa que entre las 07 horas del 31 de mayo y las 07 horas del 1 de junio (*día pluviométrico* 31 de mayo de 2002), las lluvias alcanzaron cantidades acumuladas de 22.3 mm.

## DÍA 8 DE JUNIO DE 2002

Para el día 8 de junio, las estaciones meteorológicas ubicadas en la zona de interés reportaron los siguientes valores de lluvia: Pasquilla (32.8 mm), Australia (45.0 mm), La Unión (48.6 mm), El Hato (46.6 mm), La Regadera (41.9 mm) y Los Tunjos (47.7 mm).

El análisis de las gráficas de pluviógrafo de las estaciones La Regadera y El Hato, permite establecer el siguiente comportamiento de la precipitación durante ese día:

Estación La Regadera. Entre las 14 y las 21 horas ocurrieron algunas lloviznas que solo alcanzaron 0.1 mm. Desde las 21 horas hasta las 07 horas del día 9 de junio, se presentaron lluvias muy fuertes, acompañadas de tormentas eléctricas, que registraron 41.8 mm, para un total de 41.9 mm, correspondiente al *día pluviométrico* 8 de junio.

Estación El Hato. Esta estación registró lluvias nocturnas, de muy fuerte intensidad, que alcanzaron un valor acumulado de 46.6 mm, entre las 21 horas del 8 de junio y las 07 horas del 9 de junio de 2002.

## CONCLUSIONES

- ◆ El régimen de la precipitación en la parte media y alta de la cuenca del río Tunjuelito es de tipo

monomodal, se presenta un período seco (diciembre a marzo) y uno lluvioso (abril a noviembre). La lluvia acumulada durante el período seco representa menos del 20% del total promedio anual. El número medio de días con precipitación durante la temporada seca varía entre 5 y 14. Además, el mes más seco del año es enero.

- ◆ En la temporada lluviosa se registra cerca del 80% de la lluvia media anual y presenta entre 14 y 29 días con lluvia, en promedio. El mes más lluvioso del año es mayo, durante el cual llueve alrededor de 27 días. A lo largo del año se registran cantidades de precipitación que oscilan entre 700 mm y 1200 mm, en promedio. El número medio de días con lluvia al año varía entre 160 y 255.
- ◆ Durante el mes de mayo de 2002, las precipitaciones fueron muy frecuentes; se presentaron entre 26 y 28 días con lluvia y se midieron totales normales o ligeramente superiores al valor medio mensual. Se destacaron ampliamente los valores registrados durante los días 12, 30 y 31 de mayo.
- ◆ El mes de junio de 2002 se caracterizó por presentar volúmenes de lluvia muy superiores al valor histórico para ese mes. Las cantidades registradas el día 8 de junio contribuyeron en gran parte al incremento del total mensual. Las precipitaciones fueron muy frecuentes y se registraron entre 28 y 30 días con lluvia durante este mes.
- ◆ Se pudo establecer que la cantidad de lluvia caída sobre la parte alta de la cuenca del río Tunjuelo durante los meses de mayo y junio, especialmente en los días 12, 30 y 31 de mayo y el 8 de junio, contribuyeron con el rebosamiento de la

represa La Regadera y el consecuente desbordamiento del río Tunjuelo en su parte alta y media, lo que condujo al evento catastrófico objeto del estudio.

- ◆ El recuento histórico de la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos en el área que comprende la cuenca del río Tunjuelito, sumado a la cantidad de lluvia que se registra normalmente sobre la parte alta y media de la cuenca, permite calificar esta zona como de alto riesgo de inundaciones por desbordamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- CAR. *Archivos de información, Base de datos meteorológicos*. Serie 1980-2000.
- EAAB. *Base cartográfica cuenca del río Tunjuelito* (2005).
- IDEAM. *Archivos de información, Base de datos meteorológicos*. Serie 1980-2000.
- López, L. *Manejo y verificación de información meteorológica*. Manual - IDEAM (antes HIMAT), 1990.
- - -. *Base de datos del Sistema de Información sobre Desastres, Hidrometeorología y Medio Ambiente (SIDHMA)*. Investigación, Universidad de La Salle, 2005.