

## **5. MOVIMIENTOS DE MASA EN EL EJE CAFETERO EN 1999.**

En el presente capítulo se tratan cuatro temas relevantes para los propósitos de este trabajo. En primer lugar, las características del terremoto del 25 de enero y sus efectos, en segundo las lluvias precedentes y posteriores al sismo, por sus implicaciones en la estabilidad de laderas, en tercer lugar los movimientos pre y postsísmicos y, en cuarto lugar, los movimientos de masa ocurridos 9 meses después del evento, en diciembre de 1999.

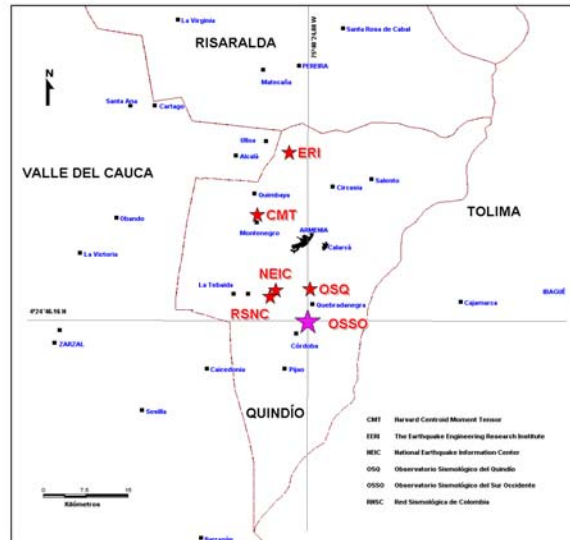
### **5.1 SISMO DEL EJE CAFETERO DEL 25 DE ENERO DE 1999.**

El evento principal ocurrió el 25 de enero de 1999 a las 18:19 UT (1:19 pm, hora local) y fue registrado por la Red Sismológica del Sur Occidente, la Red Sismológica Nacional de Colombia, el Observatorio Vulcanológico de Pasto y el Observatorio Vulcanológico de Manizales. Igualmente fue registrado por varias redes internacionales.

Varios de estos observatorios calcularon el epicentro, con diferencias debidas principalmente a la configuración de cada red sismológica y a los modelos de velocidad utilizados para el cálculo hipocentral. En la Tabla 5 se muestran algunos resultados (Figura 7).

**Tabla 5.** Parámetros epicentrales del evento principal.

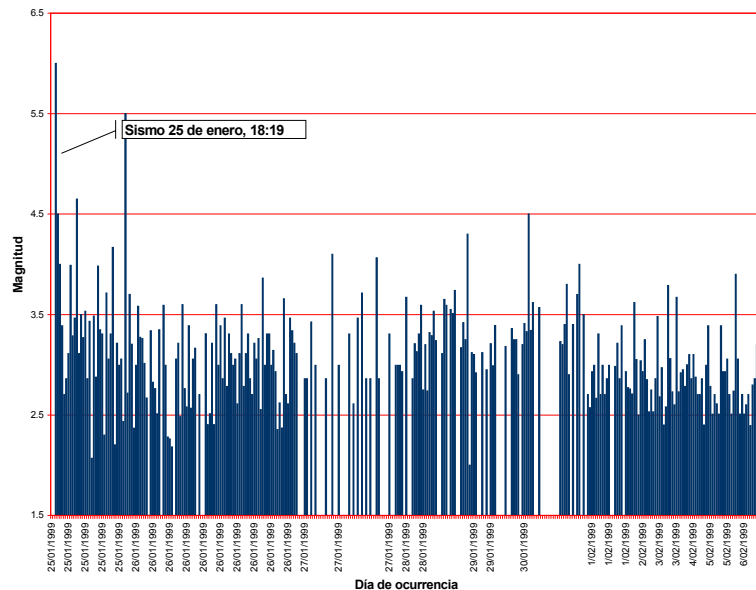
Latitud N	Longitud W	Prof. Km.	Magnitud	Localización	Fuente
4.41	75.67	34	5.9 Mb	2 km al NE de Córdoba	OSSO
4.45	75.73	10	6.2 Mb	6 km al SE de La Tebaida	RNSC
4.58	75.75	27.7	6.1 Mb?	4 km al SE de Quimbaya	CMT
4.68	75.7	49.0	6.1 Mw	9 km al NW de Circasia	ERI
4.46	75.72	17	5.8 Mb	7 km al NE de La Tebaida	NEIC
4.465	75.669	18.6	--	8 km al SE de Armenia	RSREC



**Figura 7.** Epicentros sismo 25 de enero de 1999.

### 5.1.1 Análisis de réplicas.

El sismo generó miles de réplicas, que paulatinamente fueron disminuyendo en tamaño y número. El proceso aún continuaba a finales del 2001. En la Figura 8 se ilustra la distribución de réplicas hasta principios de mayo de 1999.



**Figura 8.** Distribución temporal de réplicas 25/01/1999 - 05/02/1999 (OSSO).

INGEOMINAS reportó 300 réplicas registradas por la red nacional entre la fecha del evento y el 21 de junio de 1999 y concluyó que "el episodio de réplicas se extendió por un área de 120 km<sup>2</sup>, de aproximadamente 14 km de largo en la dirección N-S por 4 km de ancho en la dirección E-W, con una orientación del área de réplicas N 10° – 15° E. Las profundidades varían entre 0.1 y 25 km, concentrándose entre 10 y 20 km sobre las trazas de las fallas Córdoba y Navarco y, en menor grado, sobre las trazas de las fallas Silvia – Pijao, Romeral y Armenia (INGEOMINAS, 2000c). La Red Sismológica del Eje Cafetero registró 8906 eventos con magnitudes mayores a 1.29 en la escala de Richter entre enero de 1999 y marzo 28 del 2001, destacándose que entre enero 25 y abril de 1999 ocurrieron 2338 eventos (OSQ, 2001).

La réplica principal ocurrió el día 25 de enero, a las 22:40 UT (5:40 p.m. LT) y fue localizada aproximadamente 5 km al suroeste de Córdoba (Lat N 4.391, Lon W 75.636), a una profundidad de 10 km (Com Personal, OSQ 5 de febrero, 2001), con magnitud 5.5 Mb (NEIC, 1999), localizada por varios observatorios según datos de la Tabla 6.

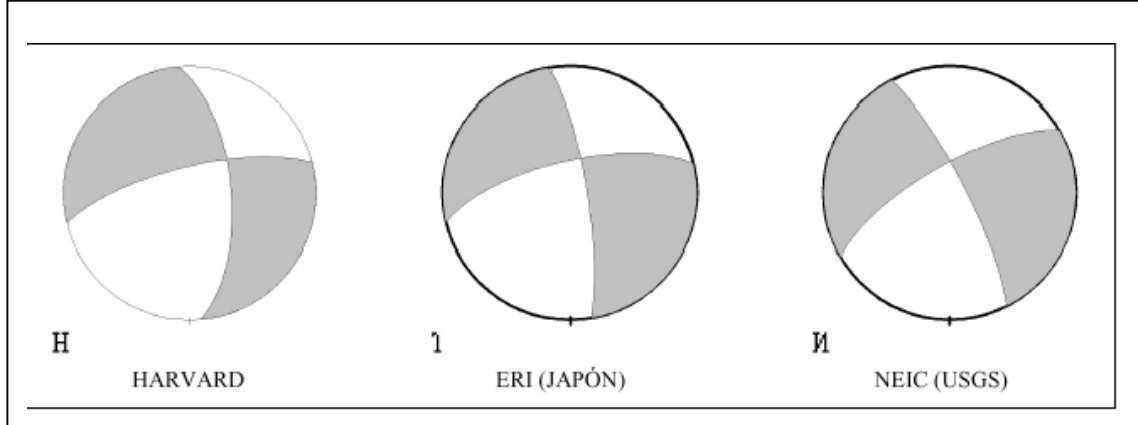
**Tabla 6.** Parámetros epicentrales réplica principal.

Latitud N	Longitud W	Prof. Km	Magnitud	Localización	Fuente
4.39	75.72	± 10	5.8	3 km al Sur Occidente de Córdoba	RNSC
4.31	75.74	33.8	5.5 Mb	4 km al Sur Occidente de Pijao	CMT
4.37	75.68	10	5.5 Mb; 4.7 Ms	2 km al Sur Este de Córdoba	NEIC

### 5.1.2 Mecanismos focales.

Para el sismo principal diversas agencias internacionales calcularon el mecanismo focal como se ilustra en la Figura 9. Las soluciones permiten dos interpretaciones. La primera, una falla de dirección general NNW con movimiento lateral derecho y la segunda una estructura ENE con componente lateral izquierdo INGEOMINAS (2000), obtuvo una solución de rumbo N40°E, con buzamiento 85°SE y deslizamiento -20.

Cálculos posteriores del mecanismo focal y de las réplicas del sismo, usando datos de la red local instalada por INGEOMINAS junto con CRQ para el monitoreo del sismo, indican que la fuente corresponde a un plano de falla con rumbo NE, buzamiento al NW y movimiento sinistral con componente inversa, concluyendo que el sismo está asociado a un proceso complejo relacionado con las fallas de Córdoba y Navarco, detenido en una barrera creada por lineamientos SE-NW. La sismicidad asociada a otras fallas no tiene características de réplicas, sino que parece ser generada por el desequilibrio del régimen de esfuerzos local ocasionado por el sismo principal. Finalmente, INGEOMINAS (2000), recomendó realizar un estudio más detenido a las estructuras orientadas SE-NW en el área.



**Figura 9.** Mecanismos focales de para el evento principal del 25 de enero de 1999.

INGEOMINAS (2000c).

### 5.1.3 Aceleraciones.

El sismo del Eje Cafetero fue registrado por 36 estaciones de la red de acelerógrafos del INGEOMINAS, 22 se ubican en roca, 13 en suelo y 1 en roca y suelo. Dos de éstas estaciones se encuentran en el Departamento del Quindío: CARME en Armenia y CFLAN en Filandia, emplazadas en suelo. La estación más cercana al epicentro es CARME, localizada a 13 km del epicentro. La estación en roca más cercana es CBOCA, en Pereira, a 42 km del epicentro. En la Tabla 7 se muestran las aceleraciones máximas registradas.

Las máximas aceleraciones horizontales se registraron en la estación CFLAN en la componentes E- W, y en CARME, en la componente vertical y en la N - S. Para la réplica principal las máximas aceleraciones se registraron en la estación CARME: Z 116,2 cm/s<sup>2</sup>, EW 102,90 cm/s<sup>2</sup> y NS 142,1 cm/s<sup>2</sup> (INGEOMINAS, 2000c).

CARDER (1999a), con una red de acelerógrafos en operación desde 1997, estimó la aceleración máxima del evento principal en 95,90 cm/s<sup>2</sup> sobre roca, siendo la mayor registrada en Risaralda. La duración del evento fue entre 14 y 20 segundos; las velocidades máximas oscilaron entre 13,6 y 36 cm/s, en suelo y 3,2 y 4,1 cm/s en

roca; los desplazamientos máximos entre 1,85 y 4,3 cm en suelo y 0,6 y 1,6 cm en roca y los periodos fundamentales entre 0,6 y 0,8 s.

**Tabla 7.** Aceleraciones máximas del evento principal.

Estación	Departamento	Lat. N	Lon. W	Aceleración Máxima (cm/s <sup>2</sup> )		
				E – W	VERT.	N - S
CARME	Quindío	4.55	75.66	518.40	448.20	580.10
CFLAN	Quindío	4.69	75.62	554.90	182.20	477.80
CBOCA	Risaralda	4.78	75.84	82.74	27.49	49.00
CPER2	Risaralda	4.84	75.75	207.80	95.84	141.50
CMAN1	Caldas	5.02	75.42	85.91	57.20	102.50
CTOCH	Valle	3.65	76.09	3.58	2.80	2.72
CVHER	Tolima	5.04	75.12	6.47	12.02	5.41
CFILA	Caldas	5.30	75.57	8.85	5.26	9.64

INGEOMINAS (2000c).

#### 5.1.4 Macrosísmica del 25 de enero de 1999.

El sismo del Eje Cafetero ocasionó efectos en 35 municipios de los departamentos del Quindío, Risaralda, Caldas, Valle y Tolima, donde habitaban aproximadamente un millón y medio de personas (DANE, 1999).

Se contabilizaron 35 972 viviendas destruidas o inhabitables y 43 476 afectadas parcialmente, 55 establecimientos educativos destruidos y 72 averiados. Se contabilizaron 9378 propiedades<sup>2</sup> destruidas (DANE, 1999).

Las pérdidas directas e indirectas, incluyendo efectos sobre fincas cafeteras fueron de US\$1800 millones que representa el 1.5 % del PIB del país (Geohazards, 1999). Sin

---

<sup>2</sup> Se refiere a locales, comercios, fábricas, vehículos y otros bienes.

embargo, la Comisión Económica para América Latina - CEPAL, calculó pérdidas por US\$ 2200 millones, equivalentes al 2.2 % del PIB de Colombia en 1998 (CEPAL, 1999)

En muchas de las poblaciones en la región epicentral se vieron afectadas ó destruidas las edificaciones esenciales, incluyendo centros de salud, sedes de policía, bomberos, escuelas, alcaldías, iglesias, centros comunales, lo mismo que infraestructura básica de servicios públicos: telecomunicaciones, acueducto, alcantarillado y energía. Además, numerosos movimientos de masa obstruyeron las vías de acceso a los municipios e interrumpieron innumerables vías veredales lo cual, sumado al colapso de las instituciones administrativas, complicó la respuesta a la emergencia.

La mayoría de los daños ocasionados por el sismo se asociaron a edificaciones construídas antes del Código Colombiano de Sismorresistencia y a la edad y calidad de las construcciones (ITC, 2000; INGEOMINAS, 2000c; CARDER, 1999a; DANE, 1999) .

No se encontraron estadísticas unificadas de daños y pérdidas pues cada fuente maneja sus propias cifras, pero se puede concluir que, dada la dimensión de los efectos, el este sismo fue uno de los eventos más destructores del ultimo siglo en Colombia. Las lecciones aprendidas de este desastre son insumo importante para aplicarlas a los planes de desarrollo de las ciudades del país, de tal manera que en futuros eventos una adecuada política de gestión de riesgos contribuya a disminuir los niveles de afectación y pérdidas.

Para los fines de este estudio se acopió información macrosísmica con énfasis en los efectos geológicos, principlamente movimientos de masa, que se encuentran tabulados y clasificados, hasta donde fue posible, en el Anexo E. Adicionalmente, los datos obtenidos se tratan en el numeral 5.3.

## **5.2 ANÁLISIS DE LLUVIAS PRE Y POSTSISMO.**

Entre enero de 1998 y diciembre de 1999 las condiciones climáticas de El Niño<sup>3</sup>, que generan déficit de lluvias en Colombia, durante un evento El Niño, pasaron sin transición a un evento La Niña, con superavit de lluvias en la región andina (IDEAM, 2000). A continuación se presenta un resumen de la secuencia ENOS 1998 - 1999 a nivel global, la evaluación de este comportamiento en la región andina de Colombia y la posible correlación del evento global con la precipitación del Eje Cafetero entre diciembre de 1998 y diciembre de 1999. Se evalúa la cantidad de agua precipitada y su posible relación con los movimientos de masa ocurridos en la región entre el 25 de enero y el 27 de febrero de 1999, y el 25 de diciembre del mismo año.

### **5.2.1 Secuencia ENOS 1998 – 1999.**

El fenómeno El Niño se manifiesta como un aumento del Nivel Medio del Mar (NMM) y de la Temperatura superficial de Mar (TSM) en el Pacífico Ecuatorial. Entre julio de 1997 y marzo de 1998 un evento El Niño catalogado como fuerte (NOAA, 2001), incrementó el NMM y la TSM en el Pacífico Occidental, hacia las costas de Suramérica, generando fuertes lluvias en las regiones desérticas y secas del Norte del Perú y sur del Ecuador. En Colombia el fenómeno se expresa, entre otros, como déficit de lluvias en la región Andina. El fenómeno contrario, La Niña, genera exceso de lluvias en Colombia (IDEAM, 2000).

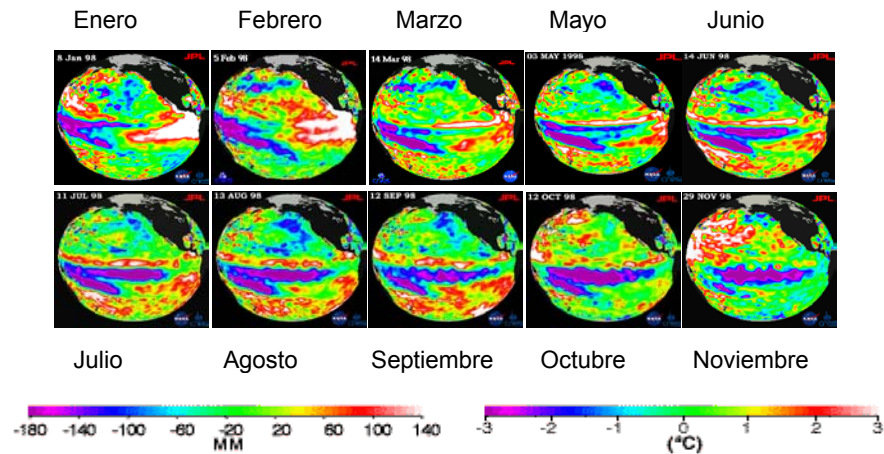
- **1998.**

---

<sup>3</sup> El Niño Oscilación del Sur - ENOS (ENSO en inglés),



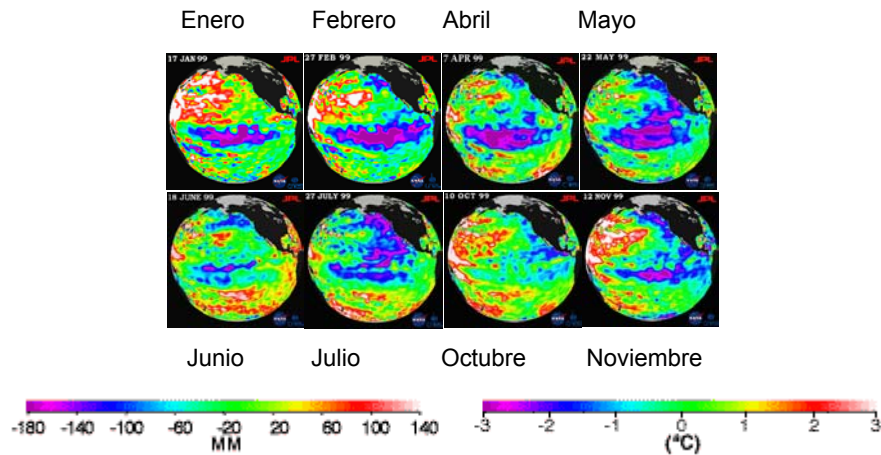
En las figuras siguientes se ilustra el comportamiento del NMM y de la TSM entre 1998 y 1999. Entre julio de 1997 y mayo de 1998 ocurrió un evento El Niño que, casi sin transición, en los primeros meses de 1998 pasó a condiciones La Niña. En mayo las condiciones del océano habían vuelto a la normalidad cerca de Suramérica, pero el Pacífico Oriental estuvo más frío que el promedio. En la Figura 10 las áreas blancas corresponden a los mayores valores del NMM y la TSM, todavía presentes frente a Suramérica en enero y febrero de 1998.



**Figura 10.** Secuencia ENOS 1998 (NOAA, 2001).

- **1999.**

Entre 1998 y 1999 los patrones de TSM y NMM estuvieron oscilando a lo largo del Pacífico. Para nuestro caso es relevante que durante febrero y noviembre de 1999 los patrones típicos de La Niña (áreas de color azul en la Figura 11), tuvieron la mayor extensión e intensidad cerca a las costas de Suramérica.



**Figura 11.** Secuencia ENOS 1999 (NOAA, 2001).

### 5.2.2 Precipitaciones en 1999 en la región Andina de Colombia.

Según el IDEAM<sup>4</sup>, en el informe climático de 1999 para la región, en el primero y los dos últimos bimestres de 1999 ocurrieron lluvias por encima de lo normal, asociadas con el fenómeno La Niña y se registraron excedentes de humedad en el sistema vegetación – suelo.

En enero, a causa del sismo del 25, se declaró el estado de emergencia, fecha en la cual los acumulados de humedad habían alcanzado niveles muy altos, en algunos casos sobrepasado el acumulado medio anual de este trimestre; en septiembre los volúmenes excedieron a los promedios históricos y en diciembre hubo gran frecuencia de movimientos de masa asociados a lluvias y a formaciones superficiales altamente porosas: suelos residuales arenosos, cenizas volcánicas, rocas altamente meteorizadas de diferente composición y origen (IDEAM, 1999).

---

<sup>4</sup> IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Colombia.

### 5.2.3 Precipitaciones diciembre de 1998 a diciembre de 1999 en el Eje Cafetero.

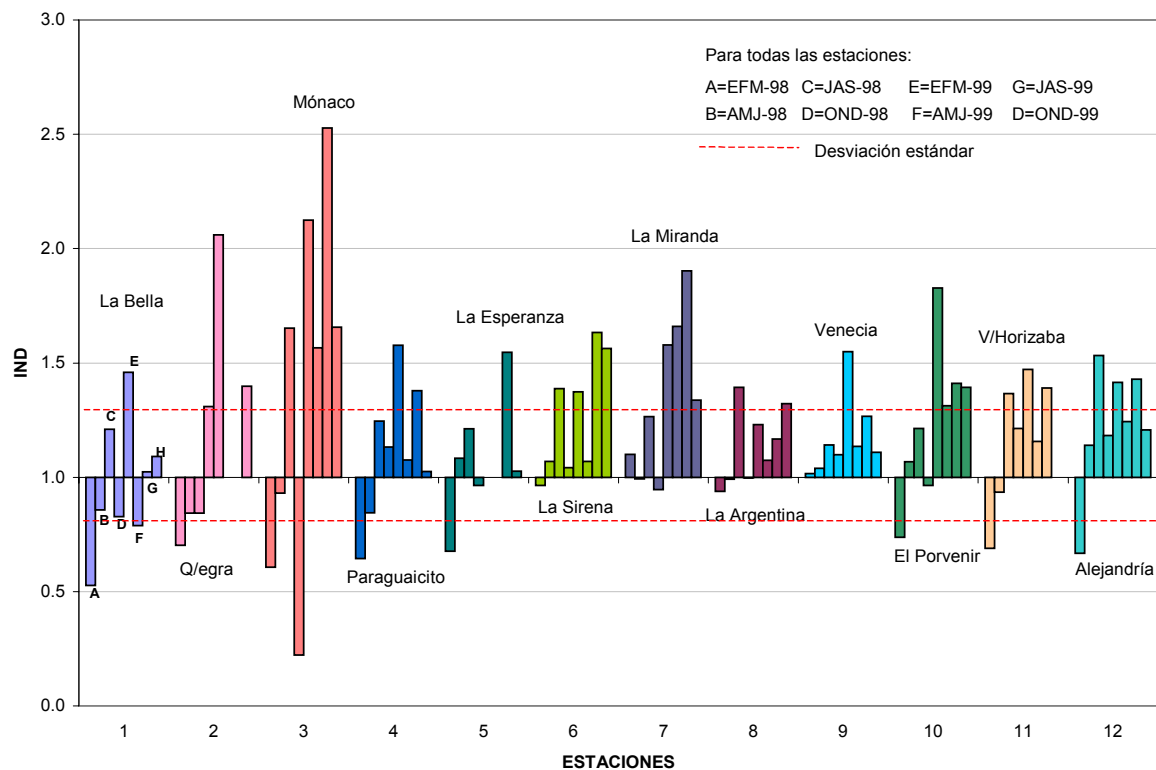
Para contribuir a la comprensión de los fenómenos de remoción en masa en la zona de interés, se buscó información hidrometeorológica. El Centro de Investigaciones CENICAFE<sup>5</sup> contribuyó con el suministro de series de precipitación, mensuales y diarias, de las cuales se seleccionaron 12 estaciones con el criterio de mayor cubrimiento temporal y continuidad de la información. Información sobre estas series y su tratamiento analítico y estadístico se encuentra en el Anexo C.

Para cada serie se calculó el valor promedio de la precipitación trimestral en 18 años (1980 – 1999). Así mismo, se evaluó la precipitación trimestral entre enero de 1998 (un año antes del sismo) y diciembre de 1999, mediante un indicador (*IND*) de correlación que compara la variación de la precipitación trimestral de este último periodo con el promedio trimestral multianual. Esto se expresa con la relación  $IND = \frac{P}{\bar{P}}$ , en donde *P* es la precipitación de cada trimestre (periodo 1998 - 1999) y  $\bar{P}$  es la precipitación promedio multianual del mismo trimestre. De esta manera,  $IND < 1$  significa que  $P < \bar{P}$ ;  $IND > 1$  significa que  $P > \bar{P}$  e  $IND \approx 1$  indica que  $P \approx \bar{P}$ .

En la Figura 12 se observa, a primera vista, que durante los trimestres de 1998 las precipitaciones estuvieron alrededor del promedio multianual, con variaciones que superan la desviación estandar en algunos trimestres y estaciones, mientras que durante 1999 ningún trimestre en ninguna estación tuvo déficit, fue un año con lluvias por encima del promedio, en muchos casos aún por encima de la desviación estandar. En otras palabras, se muestra lo que parece ser una correlación positiva con la condición global La Niña. El 75% de los datos reflejan lluvias por encima del promedio en por lo menos 5 de los 6 trimestres considerados como La Niña por la NOAA (2001).

---

<sup>5</sup> CENICAFE: Centro Nacional de Investigación del Café (Colombia).



**Figura 12.** Índice de precipitación para 12 estaciones entre 1998 y 1999.

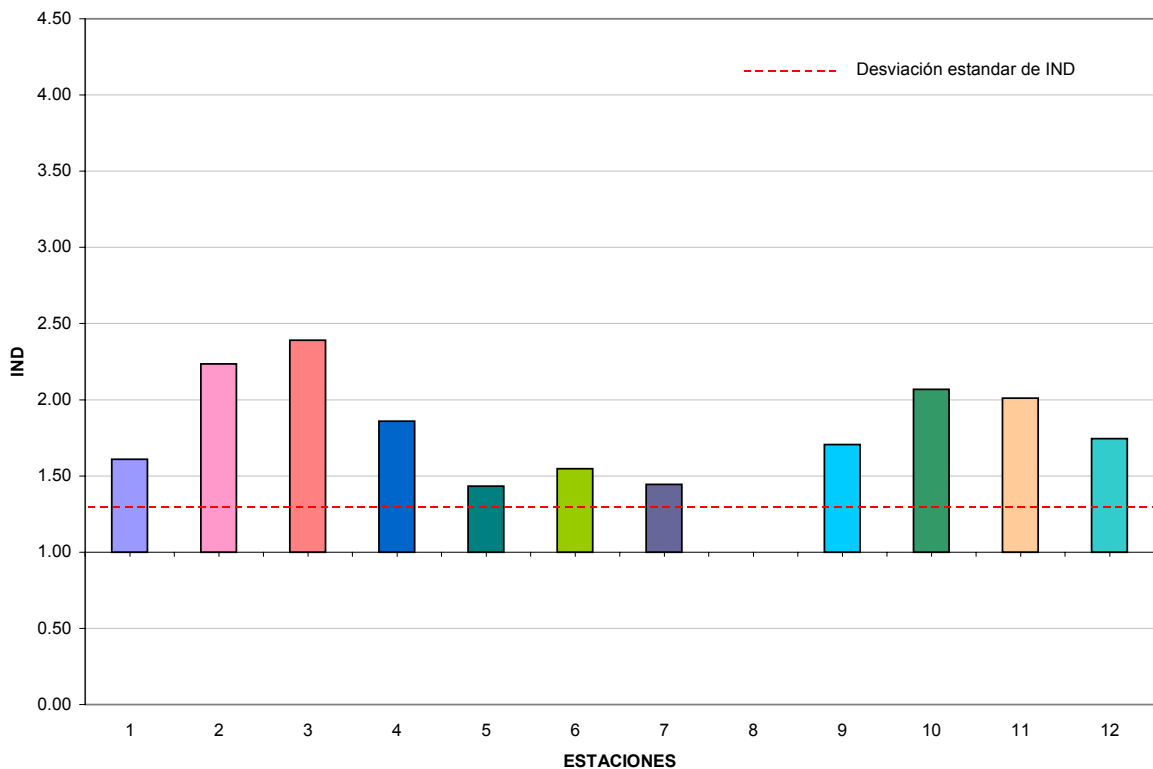
### 5.2.4 Precipitaciones y movimientos de masa en 1999.

De una manera más detallada se evaluaron las lluvias entre diciembre de 1998, antes del sismo y febrero de 1999, lo mismo que las de diciembre de este año. En primer lugar se calculó la precipitación acumulada por estación del trimestre diciembre de 1998 a febrero de 1999 (Figura 13), y para el periodo diciembre primero a enero 25 (Figura 14).

Los datos de este periodo indican que en el mes y 25 días precedentes al terremoto las precipitaciones se encontraban alrededor del promedio histórico, sin superar en ningún caso la desviación estandar (Figura 14).

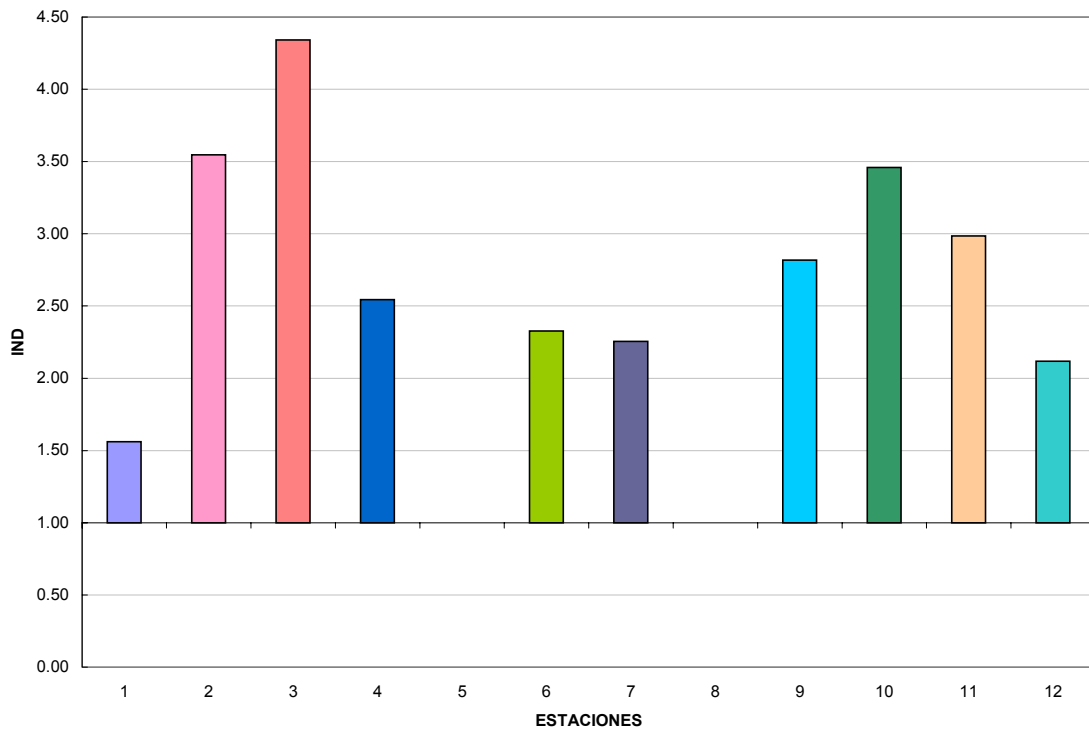
En segundo lugar, debido a la ocurrencia de múltiples movimientos de masa durante febrero y diciembre de 1999, para cada estación se calculó el promedio histórico, comparándolo con la precipitación de los dos meses en cuestión (Figura 15). En este caso el índice se llamó  $IND_m$  (Índice del mes),  $P$  es la precipitación del mes y  $\bar{P}$  es la precipitación promedio del mismo mes. Finalmente, se calcularon las curvas de masa del trimestre diciembre de 1998 a febrero de 1999 y del mes de diciembre de 1999 (Figuras 16 y 17).

En la Figura 13 se observa que en la región hubo exceso de precipitación en el trimestre DEF (98 – 99). En las once estaciones con datos se superó la desviación estandar del promedio multianual y en cuatro de ellas las lluvias duplicaron el promedio.



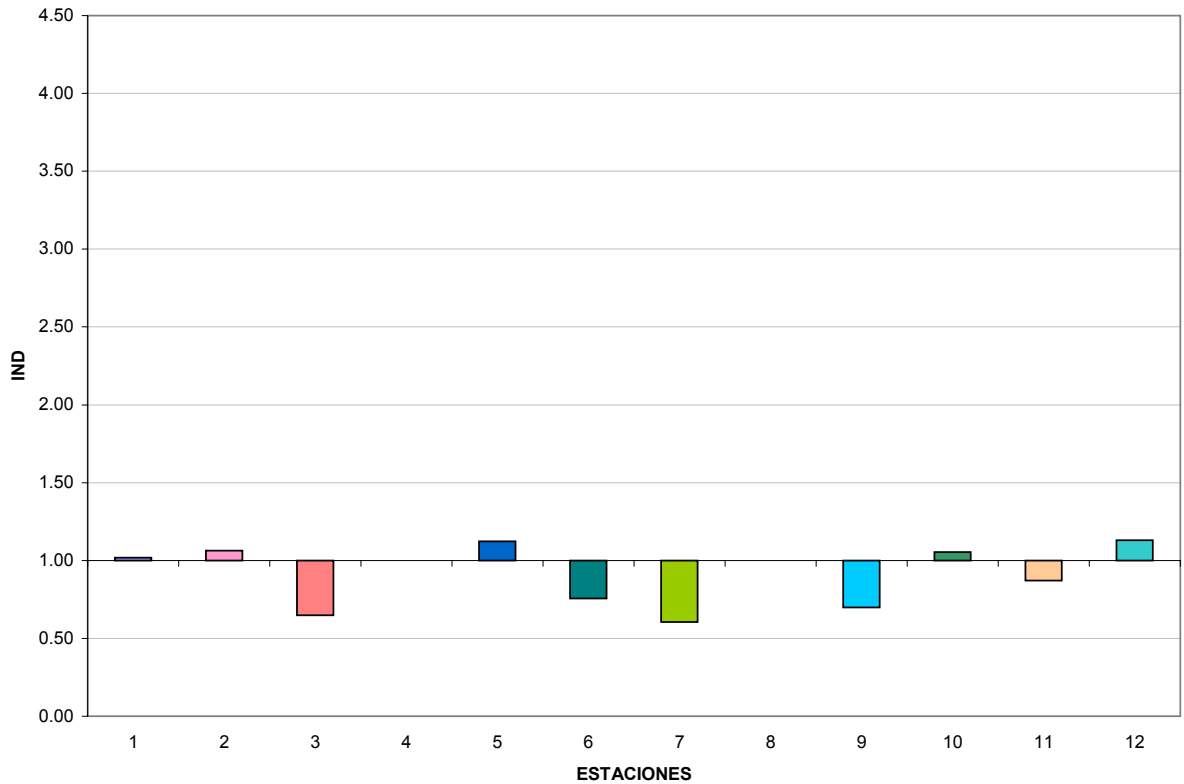
**Figura 13.** Precipitación acumulada del trimestre diciembre de 1998 a febrero de 1999 con respecto al promedio multianual (18 años) del mismo trimestre.

En la Figura 14 se observa que a la altura del 25 de enero de 1999, día del evento sísmico, la precipitación se encontraba muy cerca del promedio. El 50 % de las estaciones con datos reflejaban precipitaciones por encima de este promedio, y eran superiores solo entre un 10 y un 20 % máximo. El 50 % restante mostraba precipitaciones por debajo del promedio, entre un 20 y un 40 %.



**Figura 14.** Precipitación acumulada diciembre de 1998 al 25 de enero de 1999, con respecto a la precipitación promedio multianual (18 años), del mismo periodo.

En la Figura 15 se observa que en el mes de febrero hubo un exceso de precipitación que en el 90 % de las estaciones con información por lo menos duplicó el volumen normal, casi lo cuadruplicó en algunos casos y en un caso casi lo quintuplicó. Al parecer las lluvias críticas del trimestre DEF ocurrieron entre la última semana de enero y el mes de febrero de 1999. Estos exagerados volúmenes de precipitación en febrero guardan correlación positiva con el evento global La Niña que, como se observa en la Figura 12, parece haber influenciado el clima de la región.



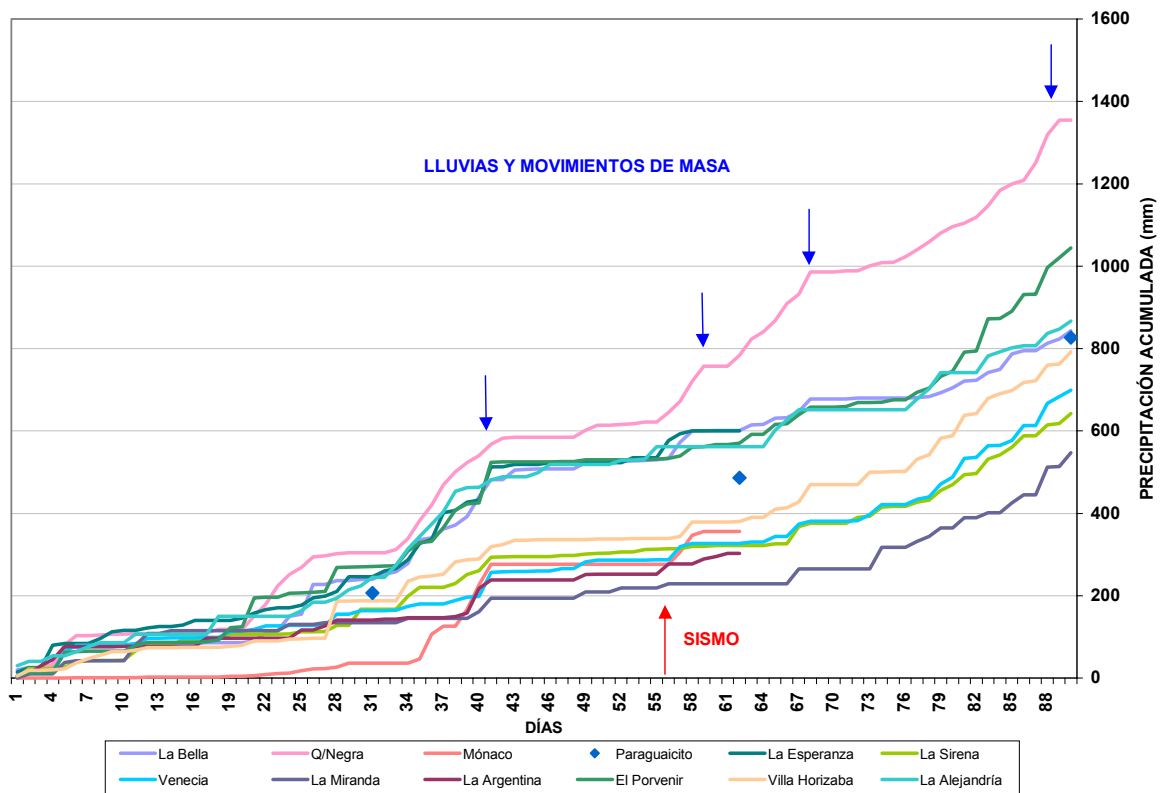
**Figura 15.** Variación de la precipitación de febrero de 1999 con respecto a la precipitación promedio (18 años) para este mes en el Eje Cafetero.

Las curvas de masa (Figura 16) reflejan el comportamiento regional, siempre creciente, de la precipitación en el trimestre DEF 98-99. Los puntos de cambio de pendiente de las curvas indican incremento en el volumen de la precipitación, en coincidencia con observaciones y reportes de numerosos movimientos de masa. En particular, el 27 de febrero ocurrió gran cantidad de flujos de lodo en el área epicentral (OSSO para SwissAid, 1999).

Las lluvias de enero ocurrieron principalmente entre el 4 y 10 (días 35 a 41 en la Figura 16), lo que sumado a los meses precedentes con exceso de precipitación ya presentados (Figura 13), permite suponer con buen grado de confianza que para el 25

de enero, día del terremoto, los terrenos de la región disponían de un alto contenido de humedad.

Desde finales de enero hasta mediados de febrero las lluvias se incrementaron y a ellas estuvieron asociados múltiples movimientos de masa, la mayoría como producto de remoción de movimientos cosísmicos. Sin embargo, para estos primeros días se dispuso de poca información confiable, porque todos los esfuerzos regionales se centraban en la atención posterremoto. A finales de febrero las lluvias aumentaron, con un pico el 27, fecha en la cual se reportaron múltiples movimientos de masa, incluidos numerosos flujos de lodo provenientes de masas de roca, saprolitos y cenizas volcánicas previamente saturados de agua (OSSO para SwissAid, 1999).



**Figura 16.** Curvas de masas trimestre DEF (1998 – 1999).

Los datos de lluvias de diciembre de 1999 muestran una tendencia al incremento, que hacia el 20 es común en casi todas las estaciones (Figura 17). Hacia el 24 y 25 de



diciembre ocurrieron intensas precipitaciones, localmente acompañadas con granizada, que generaron movimientos de masa y avenidas torrenciales que afectaron varios municipios de los departamentos del Quindío e incluso del Valle del Cauca.

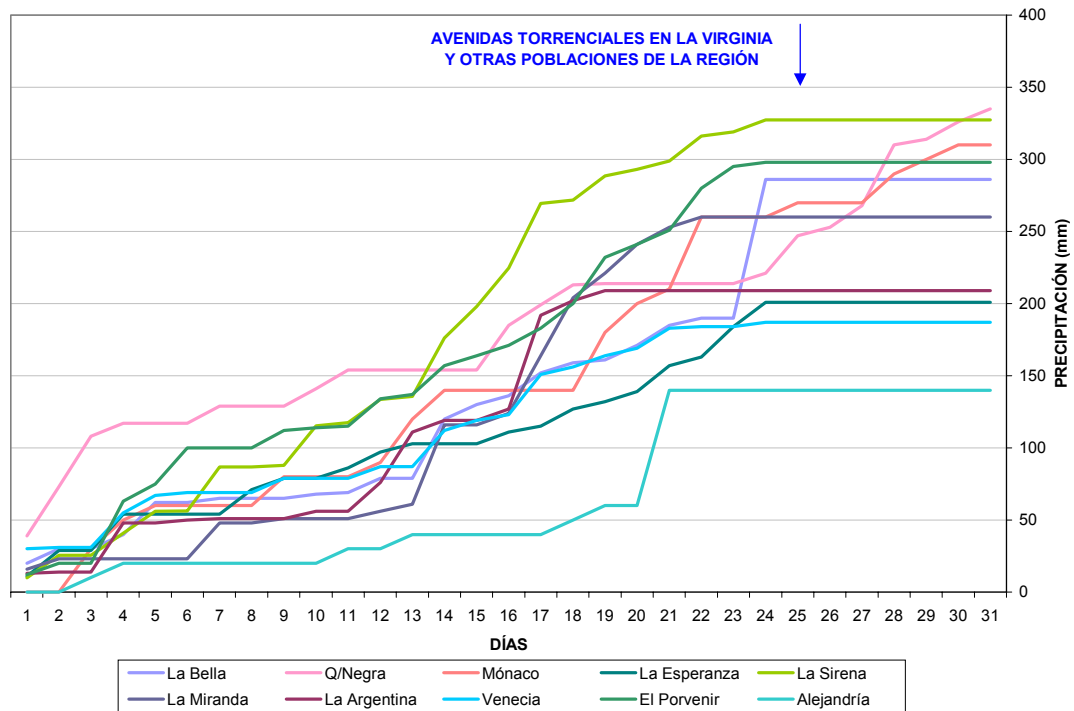


Figura 17. Curva de masas diciembre de 1999, Eje Cafetero, zona de estudio.

### 5.3 MOVIMIENTOS DE MASA ENERO Y FEBRERO DE 1999.

El sismo del 25 de enero de 1999, que afectó a todo el departamento del Quindío, tuvo entre sus principales consecuencias disparar gran cantidad de movimientos de masa que obstruyeron las vías y afectaron cultivos y viviendas en las zonas rurales; produjo además agrietamientos y hundimientos distribuidos en la región epicentral.

Los movimientos de masa cósmicos se localizaron principalmente en los cortes de las vías y, en menor grado, en laderas naturales en las regiones más cercanas al epicentro. Los sitios críticos fueron, las vías Pijao - Río Verde, Río Verde - Córdoba, Río Verde - Calarcá, La Bella - Quebradanegra, La Tebaida - Montenegro y Armenia - La Línea.

Y corresponden principalmente a suelo residual y suelos volcánicos. (INGEOMINAS, 1999i). Se estimó, a partir de observaciones de campo en la región epicentral, un área máxima afectada por movimientos de masa de 1402 km<sup>2</sup>, hasta una distancia máxima, aproximada, de 30 km del epicentro (ver el mapa 14 en el anexo A).

Los agrietamientos cosísmicos se encontraron en la vías Pijao - Río Verde, Barragán - Calarcá, Río Verde - Córdoba, La Bella - Quebradanegra y Armenia - La Línea. (INGEOMINAS, 1999i).

Estos agrietamientos unidos al fuerte invierno post - sismo en la región, desencadenaron un mayor número de movimientos de masa. Forero (2000) afirma que el sismo aceleró la formación o apertura de grietas de tracción en la corona de los taludes de manera que si bien no se produjo la falla inmediata, si ocurrieron movimientos de masa posteriores, asociados a las intensas lluvias que cayeron luego del terremoto. FORERO (2000) e INGEOMINAS (1999i), concluyen que el sismo principal produjo la falla incipiente de laderas en numerosos sitios, especialmente cerca a la zona epicentral y en inmediaciones de la posible línea de ruptura sísmica, que fueron convertidos en movimientos de masa con las fuertes lluvias ocurridas en las horas de la tarde y noche de los días 25, 26 y 27 de enero.

Las lluvias de febrero dispararon un gran número movimientos de masa asociados a los agrietamientos cosísmicos, además de avenidas torrenciales, que afectaron carreteras y cultivos.

El Observatorio Sismológico del Suroccidente, envió dos comisiones a la región epicentral, evaluar los efectos en la región. (Ver Anexo E). Una comisión se desplazó a la Provincia Campesina de Enterríos, compuesta por 8 veredas de los municipios de Córdoba y Calarcá. La otra, conformada por 3 grupos de estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad del Valle, recorrieron la región epicentral identificando los efectos en viviendas, movimientos de masa y agrietamientos. Se identificaron 4 tipos de efectos

geológicos: movimientos de masa, agrietamientos, hundimientos y nacimientos de agua:

### **5.3.1 Movimientos de masa.**

Se inventariaron 194 movimientos de masa, de los cuales 53 son cosísmicos y 81 postsísmicos; 57 de ellos se produjeron el 27 de febrero de 1999. No se tiene fecha de ocurrencia para 49 eventos postsísmicos, ni para 11 previos (ver mapa 12 en el anexo A). La mayoría de los movimientos de masa inventariados desplazaron cenizas volcánicas y saprolitos y afectaron viviendas, vías veredales y cultivos.

El 27 de febrero se produjeron en la región varios flujos y avenidas torrenciales, como consecuencia de las fuertes lluvias; los terrenos más afectados estaban compuestos en su mayoría de suelo orgánico, cenizas, depósitos aluviales y fluviovolcánicos. Algunos de ellos se generaron a partir de agrietamientos cosísmicos de las laderas que afectaron las vías y algunas fincas (ver mapa 13 en el anexo A).

### **5.3.2 Agrietamientos.**

Se inventariaron 110 agrietamientos cosísmicos, la mayoría en cenizas volcánicas. Los agrietamientos son importantes, pues podrían desencadenar movimientos de masa bajo la influencia de algún factor desestabilizador de la ladera. En la región epicentral los agrietamientos se observaron cerca de la cima de filos alargados y paralelos a los mismos, con longitudes de hasta decenas de metros.

### **5.3.3 Hundimientos.**

Se inventariaron 24 hundimientos cosísmicos, algunos asociados a nacimientos de agua y/o colapso de paredes de antiguos entierros indígenas.

#### **5.3.4 Nacimientos de agua.**

Se documentaron 15 efectos en la Provincia Campesina de Entrerrios, notándose que el más frecuente fue la generación de nuevos afloramientos de agua (11), lo que indica cambios en el régimen de aguas subterráneas de la región. Hubo tres casos de desaparición de nacimientos de agua y uno caso de disminución del caudal (OSSO para SwissAid, 1999).

#### **5.4 MOVIMIENTOS DE MASA EN DICIEMBRE DE 1999.**

Como ya se mencionó en el numeral 5.2.4, el 24 y 25 de diciembre de 1999 ocurrieron movimientos de masa que afectaron varios municipios de la región. Los movimientos no fueron exclusivos de la zona de estudio, sino que se extendieron regionalmente, asociados a lluvias en gran parte de la región Andina. Hubo avenidas torrenciales en la cuenca del río Palo en el Cauca (IDEAM, 1999); desbordamientos y avenidas torrenciales en los ríos Bolo, Amaime, Nima, Desbaratado, Guadalajara y Guabas (Valle del Cauca). En general, se reportaron avenidas torrenciales, inundaciones y movimientos de masa, en los departamentos de Nariño, Cundinamarca, Cauca, Valle del Cauca, Huila, Tolima y en el Eje Cafetero (EL TIEMPO, diciembre, 1999).

En el Quindío los días 24, 25 y 26 de diciembre ocurrieron avenidas torrenciales que afectaron al corregimiento de La Virginia, municipio de Calarcá, y represaron el Río Santo Domingo. La intensidad de esos eventos se asoció con la inestabilidad de las laderas inducida por el sismo de enero de 1999 y las fuertes lluvias de diciembre (INGEOMINAS, 1999, trabajo de campo marzo 2000).

El corregimiento La Virginia, se localiza 4 km al suroriente de la cabecera municipal. Al oriente del corregimiento se ubica la cuchilla Alto El Taburete donde nacen las quebradas El Salado, El Taburete, El Espartillal, El Cofre y El Brasil, las cuales atraviesan el poblado.

Según la información recogida de periódicos (La Cronica, La Tarde y El Tiempo diciembre, 1999), los flujos destruyeron 10 viviendas, 4 puentes, el acueducto de La Virginia y el nuevo centro de salud; 60 viviendas y el colegio Jesús María Morales fueron averiados; 68 veredas quedaron incomunicadas; la producción agrícola fue afectada en un 40 % y 400 familias resultaron damnificadas.

Observaciones y reportes de pobladores (trabajo de campo, marzo del 2000), indican que luego del sismo del 25 de enero se produjeron grietas en la laderas y cerca a los cauces de las quebradas a partir de las cuales, y por efecto de las lluvias, ocurrieron deslizamientos que, a su vez, indujeron las avenidas torrenciales del 24 y 25 de diciembre. Los pobladores informaron que el 24 de diciembre, aproximadamente entre las 3:00 p.m. y las 4:00 p.m., hubo una granizada que alcanzó una altura de 5 cm en la población. El granizo permaneció en las laderas y se notaba todavía el 25 de diciembre. En la madrugada del 25 de diciembre ocurrió la primera avenida, y a las once de la noche del mismo día bajó una segunda avenida mucho más fuerte, que causó muchas de las averías. "La avenida bajo en 5 "pulsos", la tierra cimbraba y se oía un ruido muy fuerte, la avenida cubrió uno de los puentes del corregimiento" afirmó un residente.

INGEOMINAS (2000p), describió el fenómeno como caída de bloques de rocas cizalladas, falla de taludes de suelo residual, saprolito y algo de cenizas volcánicas, inicio de movimientos y creación de presas naturales, ruptura de presas e iniciación del ahondamiento del cauce de 15 a 20 metros, y del descenso rápido del material. Durante el fenómeno se cree que "ocurrió una transición entre deslizamientos, caída de rocas y bloque, avalancha y al final flujos intermitentes".

Según periódicos (La Cronica, La Tarde y El Tiempo, diciembre, 1999) se presentaron efectos por las lluvias del mes de diciembre en Pijao, afectado por el represamiento del río Verde; en Buenavista por el represamiento de la Quebrada Sardineras y en la Vereda Planadas, en Calarcá, por el represamiento del río Santo Domingo.