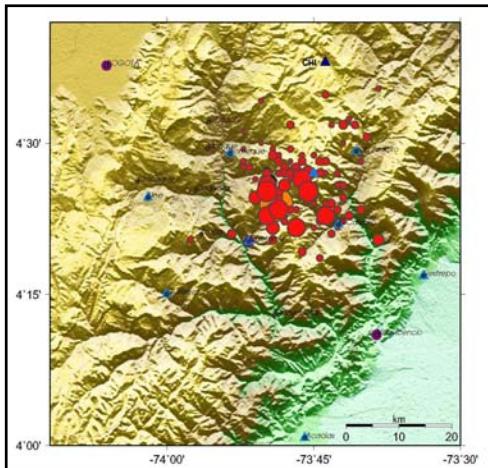




Libertad y Orden

**INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
INGEOMINAS**



**EL SISMO DE QUETAME DEL 24 DE MAYO DE 2008.
ASPECTOS SISMOLÓGICOS Y EVALUACIÓN
PRELIMINAR DE DAÑOS**

Informe Preliminar No 2

Bogotá, Junio de 2008



Libertad y Orden

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
INGEOMINAS

**EL SISMO DE QUETAME DEL 24 DE MAYO DE 2008.
ASPECTOS SISMOLÓGICOS Y EVALUACIÓN
PRELIMINAR DE DAÑOS**

Informe Preliminar No 2

Por

SUBDIRECCIÓN DE AMENAZAS GEOLÓGICAS

Bogotá, Junio de 2008



DIRECTIVAS

MARIO BALLESTEROS MEJÍA – Director General INGEOMINAS
CÉSAR DAVID LÓPEZ ARENAS – Director Técnico Servicio Geológico
MARTA LUCIA CALVACHE VELASCO – Subdirectora Amenazas Geológicas

EJECUTORES Y PARTICIPANTES

Red Sismológica Nacional de Colombia

Fernando Gil Cruz - Coordinador Red Sismológica Nacional de Colombia
Maria Mónica Arcila
Maria Luisa Bermúdez
Viviana Dionicio
Luis Enrique Franco
Isabel Cristina Correa
Patricia Pedraza
Hernán Cifuentes
Ana Milena Sarabia
Luisa Fernanda Castillo
Anibal Giovanni Muñoz
Carlos Sánchez Lara
Carlos Ricardo Linares
Marta Eugenia Tovar
Robert Rengifo
Paola Martínez Serna
Jose Ramón Palomares
Oscar Castro
Carlos Fernando Rincón
Edgar Gil
Luisa Fernanda Ospina
Joam Andrés Martínez

Evaluación de Efectos

Gloria Lucia Ruiz Peña – Coordinadora Investigación y Zonificación Movimientos en Masa
Carlos Alvarado
Edgar Carrillo
Eduardo Castro
Mario Andrés Cuéllar
Jesús Rafael García
Guillermo Gómez
Diego Ibáñez
Enif Medina
Jaime Romero

Grupo de Edición

Ana Isabel Alvarado
Berenice Galán
Carlos Mauricio Palacios

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	CONTEXTO REGIONAL	2
3	ASPECTOS SISMOLÓGICOS	8
3.1	SISMICIDAD HISTÓRICA.....	8
3.2	SISMICIDAD INSTRUMENTAL.....	11
3.3	EL SISMO DEL 24 DE MAYO DE 2008.....	12
3.4	SECUENCIA DE RÉPLICAS.....	13
3.5	RED SISMOLÓGICA PORTÁTIL	16
3.6	INFORMACIÓN DE MOVIMIENTOS FUERTES	17
3.7	EVALUACIÓN PRELIMINAR DE INTENSIDADES DEL SISMO PRINCIPAL	20
4	EFFECTOS INDUCIDOS POR EL SISMO	28
5	EVALUACION MUNICIPIOS ZONA EPICENTRAL	42
5.1	MUNICIPIO DE QUETAME.....	42
5.1.1	Casco Urbano	43
5.1.2	Conclusiones y Recomendaciones.....	46
5.2	MUNICIPIO FÓMEQUE	47
5.2.1	Aspectos Económicos.....	48
5.2.2.	Aspectos Físicos.....	49
5.2.3.	Afectación por el sismo de Quetame	50
5.3	MUNICIPIO DE EL CALVARIO	55
5.4	MUNICIPIO SAN JUANITO	60
5.4.1	Casco urbano.....	62
5.4.2	Zona Rural, Veredas San José, La Candelaria, El Carmen y Rural Centro	66
5.4.3	Conclusiones y Recomendaciones.....	73
5.5	PUENTE QUETAME	74
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
7	BIBLIOGRAFIA	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Mapa geológico regional (unidades cronoestratigráficas), de la zona epicentral tomado del Atlas Geológico de Colombia Escala 1:500.000 (INGEOMINAS, 2007).....	6
Figura 2.2 Mapa estructural de la zona epicentral. Compilado con base en Cortés & De la Espriella (1990) y Ujueta et al, 1990. FRN: Falla Río Negro; FN: Falla Naranjal; IR: Intrusivo; QT: Cuaternario Terrazas, observación de campo en este reconocimiento. Hipótesis de trabajo 1. La cruz y circunferencia roja corresponde al epicentro del sismo principal.	7
Figura 3.1. Localización de eventos sísmicos obtenida por la RSNC entre julio de 1993 y Agosto de 2007, en la zona afectada por el sismo de Mayo 24 de 2008. En el gráfico no se han diferenciado las magnitudes para cada evento.....	11
Figura 3.2. Registro sismológico a partir de las 19:19:50 (UT) para las estaciones de Chingaza, Rosal, Tolima, Anillo, Refugio, Guaviare, Betania, Helena, Condor, Florencia, Ocaña, Montería, Cufiño, de arriba abajo en su orden, utilizadas para la localización del evento. Se notan las lecturas de las diferentes fases usadas para su localización, en color rojo.	12
Figura 3.3. Proyección estereográfica del mecanismo focal calculado por el proyecto Global CMT, en donde las áreas de color rojo corresponden a las zonas de compresión y las blancas a la de dilatación. Las flechas indican el sentido del movimiento en la falla.	13
Figura 3.4. Distribución del número de réplicas (eje de ordenadas) con respecto al tiempo en los primeros 16 días de actividad desde el 24 de mayo hasta el 8 de junio. Nótese el decaimiento exponencial típico para este tipo de fenómeno.....	14
Figura 3.5. Magnitud local de los eventos localizados (eje de ordenadas) correspondientes al episodio sísmico iniciado el día 24 de mayo hasta el 8 de junio. Se resalta la magnitud del sismo principal en color rojo.	15
Figura 3.6. Sismos precursores, sismo principal y réplicas registradas por las estaciones permanentes de la Red Sismológica Nacional de Colombia hasta el 8 de junio de 2008. Los círculos negros representan los sismos precursores, el círculo naranja representa el sismo principal y la línea negra lo une con su mecanismo focal, los círculos rojos representan las réplicas del sismo principal, los triángulos azules oscuro son las estaciones permanentes de la RSNC, los triángulos azules claro son las estaciones portátiles que está instalando la RSNC, los círculos morados son acelerógrafos de los cuales se están recolectando datos del sismo.....	16
Figura 3.7. Detalle de la instalación de la estación sismológica portátil en Quetame, donde también está instalado un acelerógrafo, como puede verse.	18
Figura 3.8. Mapa de la zona epicentral, donde se muestran los puntos (en color rojo) en los cuales se realizaron encuestas para la evaluación de la intensidad del sismo principal. La estrella amarilla indica el epicentro del evento.	22
Figura 3.9. Aceleraciones máximas registradas y espectros de respuesta calculados con el 5 % de amortiguamiento, obtenidas en la estación Quetame.....	23
Figura 3.10. Aceleraciones máximas registradas y espectros de respuesta calculados con el 5 % de amortiguamiento, obtenidas en la estación Villavicencio.....	24
Figura 3.11. Aceleraciones máximas registradas y espectros de respuesta calculados con el 5 % de amortiguamiento, obtenidas en la estación Gaviotas (Bogotá).	25
Figura 3.12. Mapa de intensidades preliminar obtenido por medio de las encuestas diligenciadas por la comunidad a través de la página web de INGEOMINAS.	27

Figura 4.1 Localización de los deslizamientos visitados durante el trabajo de campo	30
Figura 4.2 . Mapa de Ubicación de Grietas	38
Figura 5.1 Mapa de Daños en viviendas.....	42
Figura 5.2. División política del Municipio de Fómeque – Cundinamarca.....	48
Figura 5.3. Mapa de afectación del Casco urbano de Fómeque.....	51
Figura 5.4. Mapa de veredas del Municipio de El Calvario – Meta (Colombia).....	55
Figura 5.5: Informe Preliminar de la Gobernación del Meta en el municipio de El Calvario.....	59
Figura 5.6: Informe Preliminar de la Gobernación del Meta en el municipio de El Calvario – Inspección de Policía de San Francisco.....	60

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Descripción de las unidades cronoestratigráficas del Mapa Geológico Regional	4
Tabla 3.1. Sismos ocurridos en época histórica, que han causado efectos notables en la zona afectada... ..	8
Tabla 3.2. Intensidad asignada a los eventos históricos por sitio de la zona.....	8
Tabla 3.3. Parámetros del mecanismo focal calculado por el proyecto Global CMT	13
Tabla 3.4. Número de réplicas registradas en la red básica de la RSNC desde el día 24 de mayo hasta el día 8 de junio.....	14
Tabla 3.5. Características generales de las estaciones de la red portátil instalada en la zona epicentral del sismo de Quetame de mayo 24, 2008.	17
Tabla 3.6. Estaciones permanentes de la Red Nacional de Acelerógrafos que fueron visitas después del sismo de Quetame.	19
Tabla 3.7. Características de las estaciones portátiles de la Red Nacional de Acelerógrafos instaladas cerca de la zona epicentral del sismo de Quetame.....	19
Tabla 3.8. Aceleraciones máximas registradas en estaciones de la Red Nacional de Acelerógrafos ubicadas en los departamentos de Cundinamarca, Meta, Boyacá y Casanare; con ocasión del sismo de Quetame.	21
Tabla 3.9. Número de formularios de evaluación de intensidades diligenciados por municipio.....	21
Tabla 3.10. Número de formularios de reportes recibidos en la página web de INGEOMINAS para evaluación de intensidades.....	26
Tabla 4.1 Inventario Movimientos en Masa.....	31
Tabla 4.2 Inventario de Grietas	39
Tabla 5.1 Efectos Observados Sobre Viviendas - Sector rural de Fómeque	54
Tabla 5.2: Construcciones inspeccionadas, cabecera municipal San Juanito	63
Tabla 5.3: Construcciones inspeccionadas, información veredal.....	67

1 INTRODUCCIÓN

El 24 de mayo de 2008, a las 02:20 pm hora local colombiana (19:20 del 24/05/2008 UT), un sismo de magnitud local 5,7 se sintió en el centro del país. La Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) – INGEOMINAS, lo localizó a 8.6 km al Noreste de la cabecera municipal de Quetame (Cundinamarca), en las coordenadas 4,399° N y 73,814° W, y profundidad superficial, acompañado por numerosas réplicas.

La región ha sido afectada por otros eventos sísmicos en tiempos históricos, tales como los ocurridos en 1743, 1917, 1966 y 1988, algunos de ellos con intensidades calculadas en el epicentro, iguales a IX, produciendo daños notables sobre las construcciones y efectos en el medio ambiente, lo cual es un indicio de la amenaza sísmica de la zona.

La amenaza sísmica se define como la probabilidad de que un parámetro como la aceleración del terreno producida por un sismo, supere o iguale un nivel de referencia, un porcentaje de la aceleración de la gravedad terrestre ($g=980 \text{ cm/s}^2$). De acuerdo al Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia (AIS, 1996), el área afectada por el sismo, se encuentra en una zona que corresponde a un nivel de amenaza sísmica alta, definida para aquellas regiones donde se pueden esperar temblores muy fuertes, con valores de aceleración pico efectiva (A_a) de 0.25g a 0.40g en un sustrato rocoso.

En este informe se presenta de manera preliminar los aspectos sismológicos del evento, y se describen las actividades realizadas por INGEOMINAS para evaluar los efectos producidos por el sismo en el área epicentral sin cubrir aún algunas poblaciones también afectadas, pero más alejadas del origen del evento; es de carácter preliminar y tiene la finalidad de aportar un concepto técnico rápido de acuerdo al análisis, el cual se elabora como resultado de observaciones de campo, por tanto no se puede considerar como un estudio detallado ni definitivo.

Es necesario efectuar estudios detallados de geotecnia, con el fin de determinar en profundidad el comportamiento geomecánico de los distintos horizontes del suelo, de tal forma que sean de utilidad en la definición de parámetros de construcción y de restricciones en el uso del suelo, así mismo efectuar análisis de estabilidad de taludes y de dinámica fluvial de los ríos y quebradas, identificando zonas propensas a ser afectadas por deslizamientos y por socavación, que en determinado momento puedan causar problemas de inestabilidad. Desde el punto de vista sismológico y geodinámico se requieren igualmente estudios más profundos para comprender el proceso ocurrido de tal manera que avancemos en la evaluación de la amenaza sísmica de la región. Se ha planteado una serie de actividades a mediano y largo plazo en este sentido, además de las acciones inmediatas de atención de la emergencia que se están desarrollado.

2 CONTEXTO REGIONAL

La zona epicentral del sismo de Quetame está ubicada en la vertiente oriental de la Cordillera Oriental, en el tercio centro-noreste del trayecto Bogotá – Villavicencio.

La evolución geológica de esta cordillera ha sido objeto de varios estudios, entre otros Rossello *et al.*, 2007; Cortés *et al.*, 2005, Sarmiento, 2001; Kammer, 1999; Colleta *et al.*, 1990, Irving, 1971, Campbell & Bürgl, 1965. En el Cuadro 1 se resumen las unidades geológicas definidas en este tramo de la cordillera, cuyas edades van desde el Paleozoico hasta el Cuaternario (Renzoni, 1968, Cortés & De la Espriella, 1990).

En términos generales hay acuerdo en que esta parte de la Cordillera Oriental está constituida por un basamento metamórfico del Paleozoico y una cobertura de rocas sedimentarias deformadas de edades Mesozoica y Cenozoica, sin embargo, el acople entre estos dos niveles estructurales aún está en discusión (Mora & Kammer, 1999; Rossello *et al.*, 2006). Este es un problema de suma importancia ya que si la profundidad del foco sísmico está controlada por el nivel en el cual se acumula la deformación, por lo cual es fundamental determinar con exactitud si la deformación sismogénica se acumula en el basamento paleozoico o en la cobertura mesozoica (?), lo que permitirá evaluar los escenarios de amenaza sísmica potencial.

A escala regional la geometría de la Cordillera Oriental muestra una tendencia general SW-NE. Sin embargo, esta tendencia no es continua ni homogénea, en algunos sectores cambia a N-S o aún a SSE-NNW; tal variedad en el patrón estructural puede estar evidenciando variaciones locales de orientación de estructuras de basamento heredadas o respuesta local de estructuras de basamento, como rotación de estructuras, bien en las unidades Mesozoicas o en el basamento, ante diferentes regímenes de esfuerzo (Cortés *et al.*, 2005), o al efecto de estructuras transversales fundamentales SE-NW (Ujueta *et al.*, 1992).

La geomorfología actual de este sector de la cordillera ha estado determinada por la actividad glaciar pasada y por la fuerte actividad tectónica durante el Cuaternario (De la Espriella & Cortés, 1985). Así, los depósitos cuaternarios en la zona epicentral corresponden a: 1) acumulaciones glaciares en las zonas de páramo, 2) series de terrazas colgadas a diferentes niveles y 3) coluviones, flujos de detritos y otros depósitos de vertientes, así como los desprendimientos de rocas y suelos, tan frecuentes en los taludes de carretera. Los valles fluviales presentan vertientes con fuertes pendientes, dando una alta energía de relieve y los interfluvios pueden ser filos topográficos agudos o altos aplaniados a manera páramos.

A partir del mapa geológico regional (**Figura 2.1**), se observa que en la zona epicentral afloran principalmente rocas sedimentarias del Mesozoico al occidente y rocas del Paleozoico al oriente, intensamente deformadas y fracturadas como consecuencia de los

episodios orogénicos que han afectado la región (Cortes & De la Espriella, 1990), sin embargo la naturaleza y edad de episodios orogénicos anteriores al Mesozoico está aún en discusión (Mora & Kammer, 1999).

Actualmente existe más de una versión de la geología estructural en la zona epicentral. El mapa geológico de Colombia (INGEOMINAS, 2007), presenta la información estructural que contiene el Cuadrángulo L-11 (Renzoni, 1964). Trabajos más recientes han hecho aportes importantes a la geología estructural del área de interés, p.e. Mora & Kammer (1999) en la “Comparación de los estilos estructurales en la sección entre Bogotá y los farallones de Medina”, presentan un mapa estructural en el que el mayor interés está centrado en documentar la inversión Cenozoica de las cuencas Mesozoicas, y el acople entre la cobertura Mesozoica y el basamento Paleozoico; Mora y otros (2006) complementan este trabajo con datos de sismología y presentan un esquema estructural en el que destacan que la mayor deformación tectónica se concentra en las fallas más orientales de esta vertiente, es decir, las fallas asociadas al Sistema de Fallas Frontal de la Cordillera Oriental y trazan la falla Naranjal con geometría asociada a un comportamiento normal durante el Mesozoico y de menor significado durante el Cenozoico. Al occidente de esta falla trazan un eje de anticlinal de dirección N-S que pasaría a unos 5 km al W del epicentro del sismo principal.

De la Espriella & Cortes (1985) y Cortés & De la Espriella (1990), en el “Mapa Geológico de la Cuenca Hidrográfica del río Negro-Guayuriba”, realizado para el proyecto Hidroeléctrico del Río Negro-Guayuriba, presentan un esquema tectónico en el que se traza la falla Naranjal de orientación general N15°E con un plano vertical que pasa sobre el epicentro re-localizado del sismo principal del 24 de mayo de 2008. Acogemos como hipótesis de trabajo inicial el esquema estructural de este último mapa.

En este esquema (Cortes & De la Espriella, 1990), trazan un pliegue anticlinal con eje orientado N-S en la vertiente occidental del río Negro; una falla de dirección NNW-SSE, que controlaría un tramo del río Negro (FRN), y la falla Naranjal de dirección N10°-20°E, que controlaría el tramo inferior de la quebrada Naranjal y con un plano vertical a subvertical, se proyecta con un relevo hacia el oriente hacia el sector de Chingaza. El epicentro del sismo principal se ha ubicado muy cerca al trazo de esta falla. Otras estructuras ubicadas hacia el oriente de la zona epicentral, han sido reconocidas y agrupadas como fallas del sistema frontal de la Cordillera Oriental (Falla Servita), y fallas que actuaron durante el Mesozoico y que se han reactivado durante la orogénesis Andina, entre las que se mencionan la falla de San Juanito (Mora & Kammer, 1999).

En la región existen varias fuentes termales, de las cuales se han reportado aumentos de temperatura posterior al sismo. Ujueta *et al.* (1990) reportan un intrusivo riódacítico del Terciario Superior en las veredas de Ficalito y Tibrote Bajo, el cual podría condicionar algunos fenómenos asociados al sismo, como el agrietamiento sistemático en dirección NE, y que constituye una reactivación de procesos en progreso y agravados con la ocurrencia del sismo. En la cuenca alta del río Contador ocurren varios niveles de

terrazas, los cuales podrían corresponder al registro de episodios sísmicos pretéritos y en consecuencia cartografiarlos y estudiarlos permitirá entender la historia sísmica de la región.

Los materiales que se presentan en la zona, definen las características de comportamiento y estabilidad, así como la vulnerabilidad ante cualquier intervención antrópica que se haga.

Tabla 2.1. Descripción de las unidades cronoestratigráficas del Mapa Geológico Regional

Símbolo	Descripción
Q-al	Depósitos detríticos de arcillas, limos, arenas y gravas. Edad Holoceno. 10.000 años – Presente.
Q-ca	Conos aluviales constituidos por depósitos detríticos heterogénicos en cuanto a composición y textura que varían de gruesa en el ápice a fina en la base. Edad Holoceno. 1,75 m.a. – Presente.
Q-g	Depósitos glaciares conformados por materiales terrígenos mal seleccionados en cuanto a composición, forma y tamaño; éste varía de arcillas a bloques. Edad Cuaternario 1,75 m.a. – Presente.
Q1-l	Arcilla, turba, arcillas arenosas, con niveles delgados de gravas polimicticas en matriz limosa. Localmente capas de diatomitas. Edad Pleistoceno. 1,75-0,010 m.a.
Q1-t	Terrazas aluviales constituidas por depósitos de gravas polimicticas, con intercalaciones de arenas y lodos. Edad Pleistoceno. Pleistoceno. 1,75-0,010 m.a.
N2Q1-Sc	Gravas polimicticas de tamaño bloque hasta guijo con intercalaciones de arcillas y arenas de grano fino a grueso. Plioceno-Pleistoceno. 5,3-0,010 m.a.
E3N1-Stm	Intercalaciones de arenitas localmente conglomeráticas, lodolitas y arcillolitas. Ocasionalmente delgadas capas de carbón.
e6e9-Sct	Arenitas de grano fino a conglomeráticas, interestratificadas con arcillolitas y limolitas. Ocasionales lentes de hierro oolítico y carbón. Bartoniano-Chatiano. Eoceno Sup. 45-33,7 m.a.
E1-Sc	Conglomerados polimicticos intercalados con arenas de grano medio a grueso y lodolitas carbonosas. Paleoceno. 65-53 m.a.
k6E1-Stm	Lodolitas rojizas a grises a veces carbonosas, con intercalaciones de arenitas de grano fino. Localmente mantos de carbón a la base. Edad entre Maastrichtiano y Daniano. Alrededor de 65 m.a.

Continuación Tabla 2.1

Símbolo	Descripción
k5E1-Stm	Cuarzoarenitas de grano fino a conglomeráticas, intercaladas con lodolitas, limolitas silíceas arcillosas y lentes de caliza. Edad entre Maastrichtiano y Daniano. Alrededor de 65 m.a.
k1k6-Stm	Shales, calizas bioclásticas y micritas, fosforitas, cherts y cuarzoarenitas. Predominio de facies finas al norte del Cocuy, facies más arenosas al sur. Cenomaniano- Maastrichtiano. 96-65 m.a.
k1k4-Sm	Lodolitas grises con intercalaciones medianas de calizas, cuarzoarenitas y lentes delgados de carbón. Cenomaniano-Santoniano. 96-83 m.a.
b6k1-Stm	Cuarzoarenitas de grano grueso a conglomeráticas con niveles de lodolitas grises oscuras y lentes de carbón. Berriasiano-Cenomaniano. 135-92 m.a.
b3?b5?-Sc	Conglomerados polimíticos y cuarzoarenitas conglomeráticas. Hauteriviano-Aptiano. 123-108 m.a.
b1k1-Sm	Arcillolitas y limolitas negras con intercalaciones menores de arenitas y calizas. Segmentos de cuarzoarenitas de grano fino a grueso y conglomerados. Barremiano. 117–113 m.a.
b2b6-Stm	Shales negros calcáreos o silíceos, concrecionales; cherts; arenitas cuarzosas y líticas, conglomerados gradados, calizas arrecifales. Valanaginiano-Maastrichtiano. 131-65 m.a.
b1-Sctm	Conglomerados y brechas polimíticas; arenitas de grano fino a conglomerático; calizas estromatolíticas e intercalaciones de lodolitas negras. Berriasiano. 135-131 m.a.
DC-Sctm	Cuarzoarenitas, arcillolitas, lodolitas grises, y ocasionalmente calizas y conglomerados. Edad entre Devónico y Carbonífero. Alrededor de 355 m.a.
O3S1-Pf	Granito con moscovita.
NP?CA?-Mev2	Esquistos grafíticos, cuarzomoscovíticos, cloríticos y anfibólicos; filitas, cuarcitas, mármoles y serpentinitas. Edad entre Neoproterozoico y Cámbrico. Alrededor de 540 m.a.

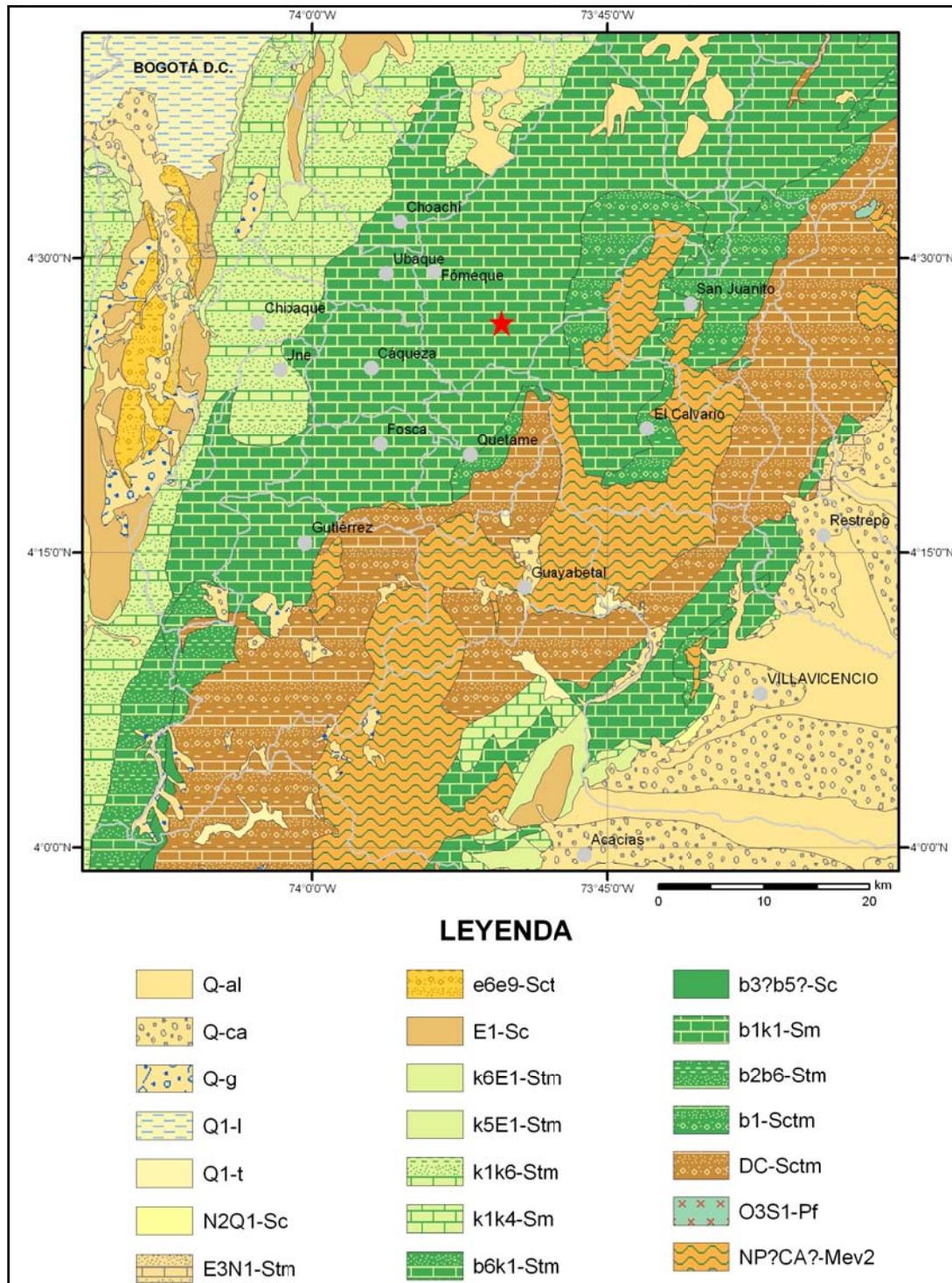


Figura 2.1 Mapa geológico regional (unidades cronoestratigráficas), de la zona epicentral tomado del Atlas Geológico de Colombia Escala 1:500.000 (INGEOMINAS, 2007)

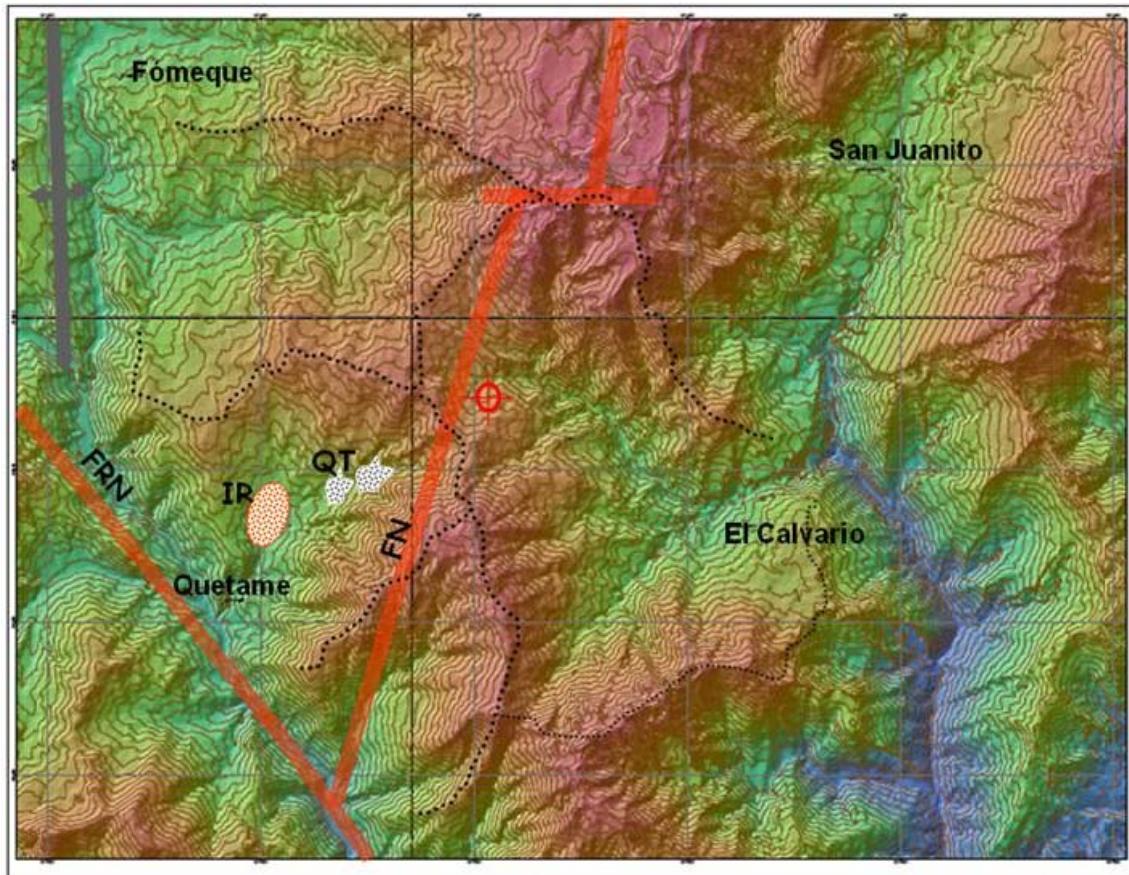


Figura 2.2 Mapa estructural de la zona epicentral. Compilado con base en Cortés & De la Espriella (1990) y Ujueta et al, 1990. FRN: Falla Río Negro; FN: Falla Naranjal; IR: Intrusivo; QT: Cuaternario Terrazas, observación de campo en este reconocimiento. Hipótesis de trabajo 1. La cruz y circunferencia roja corresponde al epicentro del sismo principal.

3 ASPECTOS SISMOLÓGICOS

3.1 SISMICIDAD HISTÓRICA

La región afectada por el sismo de Quetame, ya había sido golpeada por otros eventos sísmicos, que al igual que éste, produjeron daños notables sobre las construcciones y efectos en el medio ambiente, lo cual es un indicio de la amenaza sísmica de la zona.

En los estudios de sismicidad histórica que adelanta el INGEOMINAS, se han trabajado hasta el momento cuatro sismos que han causado efectos de consideración en esa zona, ocurridos en 1743, 1917, 1966 y 1988, los cuales se detallan en la **Tabla 3.1**:

Tabla 3.1. Sismos ocurridos en época histórica, que han causado efectos notables en la zona afectada.

Año	Mes	Día	Hora (UTM)	Magnitud	Intensidad Máxima
1743	10	18	¿15:15/19:30?		8*
1917	31	08	11:36	7.3 (Ms)	9*
1966	09	04	22:14	5.0 (Mb)	8**
1988	03	20	4:10		

* Intensidad estimada en la escala EMS – 98

** Intensidad estimada en la escala Mercalli Modificada (MMI)

En la **Tabla 3.2**, se detalla la intensidad estimada para los eventos históricos, según la Escala de Intensidad EMS – 98, en los sitios principalmente afectados por el sismo de Quetame de mayo 24 de 2008.

Tabla 3.2. Intensidad asignada a los eventos históricos por sitio de la zona.

	INTENSIDADES (EMS-98)			
	1743	1917	1966**	1988**
Quetame	8	8		
Fómeque	8	*		
Cáqueza	7	9		
Choachí	7	5		
Fosca	8	8		
Bogotá	8	8		
El Calvario	*	6		
Villavicencio	*	9		

* No se encontró información de efectos sobre el sitio.

** Se encuentra en proceso de análisis.

Los sismos de 1966 y 1988, se están estudiando actualmente, por lo cual aún no se tienen resultados de la evaluación de intensidades. A continuación se presenta una breve descripción de los cuatro eventos, resaltando los efectos ocurridos en las poblaciones que se vieron afectadas con el sismo del 24 de mayo de 2008.

- **Sismo de Octubre 18 de 1743:** La información de este evento reseña daños en Bogotá y sus inmediaciones, especialmente en las poblaciones de Oriente como Fómeque, Cáqueza, Quetame, Guayabetal y Fosca. Fue un sismo que originó continuas réplicas de alta intensidad.

Las iglesias y algunas casas de Fómeque y Fosca resultaron destruidas y las de Cáqueza, Ubaque, Chipaque y Choachí presentaron daños severos. En Bogotá quedó semidestruido el Santuario de Guadalupe y algunas iglesias y casas fueron averiadas.

Dentro de los efectos ocurridos en la naturaleza, se destacan una serie de deslizamientos ocurridos en Cáqueza, Quetame (Veredas Tibrote y Estaqueca) y Guayabetal (antiguo Tengavita), los cuales obstaculizaron caminos, como el que conducía de Bogotá a San Juan de los Llanos y otro de ellos taponó el cauce del Río Negro a la altura de Guayabetal por 2 horas. También se mencionan agrietamientos en el suelo en el sitio de Guachavita (Fómeque). Un relato del cura de Fómeque demuestra la importancia de estos efectos:

La tierra por todas partes se abrió en el contorno de estos lugares, en unos más que en otros; los volcanes son incontables, y muchos taparon los caminos. Todo este tiempo hacían unos truenos sordos, y no quedó casa de paja que no se dañara... En Guachavita se abrió la tierra en el sitio en donde se hallaba Felipe Rubio, desarmando la caña, y entre tanto... sólo aquel espacio en donde él se hallaba no se abrió, viéndose ya sorbido entre sus honduras¹.

- **Sismo de Agosto 31 de 1917:** Los daños más graves se registraron en Villavicencio, San Martín y Cáqueza, donde hubo colapso de muchas edificaciones. Bogotá y pueblos del suroriente como Quetame, Fosca, Une y Ubaque fueron afectados fuertemente y en menor medida Choachí y El Calvario.

En cuanto a efectos en la naturaleza se generaron grietas en el terreno en el sector Servitá - Villavicencio y algunos deslizamientos obstruyeron el cauce del río Ariari en dos ocasiones por 30 y 45 horas. Otro deslizamiento de gran volumen se ubicó en Nazareth (Sumapaz), debajo del cual quedaron casas y personas. Se sintieron réplicas en el área epicentral aproximadamente por un mes.

¹ Vargas Jurado, J.A. *La Patria boba*, Academia Colombiana de Historia, Bogotá, 1902. P. 24-25

En Cáqueza, Villavicencio y San Martín colapsaron muchas viviendas y otras quedaron en mal estado. En las poblaciones de Quetame y Fosca cayeron algunas viviendas, al igual que en Bogotá, donde además se presentaron fuertes agrietamientos en las edificaciones antiguas. Los datos sobre efectos en la población de El Calvario no son precisos, pero sugieren que los daños fueron leves.

En los siguientes telegramas enviados desde Quetame y Cáqueza respectivamente, hacia Bogotá, se aprecia la magnitud de los daños:

Quetame, 31 de agosto. Formidable temblor de esta mañana causó innumeros desastres. Muchas casas se desplomaron.²

Cáqueza, 31 de agosto: - El formidable temblor de esta mañana ha causado verdaderos estragos. Casi todas las casas han sido destruidas completamente...³

- **Sismo de Septiembre 4 de 1966:** la información encontrada hasta el momento está enfocada en Bogotá, especialmente en los barrios del sur donde hubo construcciones colapsadas y algunas víctimas. Sin embargo, se están buscando datos en las poblaciones de oriente como Cáqueza, Chipaque y Fómeque, ya que aunque la localización del epicentro no fue precisada por el Instituto Geofísico, se hizo la observación de que el sismo había sido más violento en Cáqueza y sus alrededores, como se menciona a continuación:

Epicentro al Oriente

Aunque los boletines del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, centro científico de los padres Jesuitas, que funciona en San Bartolomé de La Merced, no precisó información alguna en cuanto al epicentro del temblor de tierra, y solamente anotó que estaba ubicado a 60 kilómetros de la capital, se dio por seguro que la zona donde mayor violencia tuvo el fenómeno tectónico, fue en Cáqueza y sus alrededores. Al anochecer, las comunicaciones con Cáqueza y poblaciones circunvecinas estaban interrumpidas...⁴

- **Sismo de Marzo 19 de 1988:** Entre febrero y mayo de ese año se registró actividad sísmica en cercanías al municipio de El Calvario y el 19 de marzo a las 11:10 p.m. (hora local) ocurrió un sismo que afectó el 20% de las construcciones de la población⁵. En Bogotá, Villavicencio y Tunja se sintió fuerte.

Por el momento no ha sido posible conseguir datos de otras poblaciones y un método útil para tal fin, sería aplicar formularios de intensidad en sitios como Quetame, Fómeque y

² Periódico *El Diario Nacional*, Bogotá. Agosto 31 de 1917. P. 1.

³ Idem.

⁴ Periódico *El Tiempo*, Bogotá. Septiembre 5 de 1966, N° 19102. P. 27.

⁵ Cuellar, et. al., *Estudio de la actividad sísmica del sistema de fallas de Guaicaramo entre Villavicencio (Meta) y Aguacatá (Casanare)*. Ingeominas. Bogotá, diciembre de 1988. Pp. 3, 17.

El Calvario, ya que en la visita realizada para recolectar datos del sismo del 24 de mayo, la gente recordaba que el último temblor de alta intensidad que los había afectado, ocurrió hace 20 años.

Arnoldo Falla, corresponsal del periódico *El Tiempo* en El Calvario escribió:

Este minúsculo poblado de aproximadamente 3 mil habitantes tiene su propio calvario: numerosos movimientos sísmicos mantienen a la ciudadanía en estado de alerta. Un número indeterminado de viviendas de bahareque se hallan agrietadas... Hay daños graves en las viviendas. Aunque algunas se han averiado, no se han registrado víctimas⁶.

3.2 SISMICIDAD INSTRUMENTAL

Desde el inicio de operación de la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) en junio de 1993, en la zona afectada por el sismo del pasado 24 de mayo –tomando 30 km de radio alrededor del epicentro-, se han registrado 99 sismos superficiales (profundidad menor a 60 km), siendo el registrado el 1 de junio de 1999 el mayor, con una magnitud local igual a 5,0 (**Figura. 3.1**).

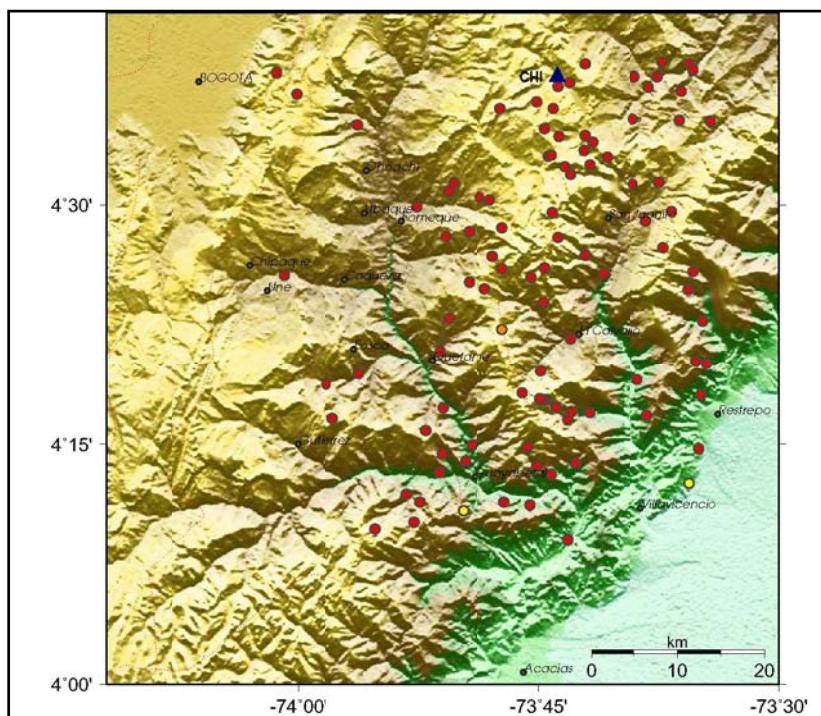


Figura 3.1. Localización de eventos sísmicos obtenida por la RSNC entre julio de 1993 y Agosto de 2007, en la zona afectada por el sismo de Mayo 24 de 2008. En el gráfico no se han diferenciado las magnitudes para cada evento.

⁶ Periódico *El Tiempo*, Bogotá. Marzo 24 de 1988. N° 26.859. Página Última B.

3.3 EL SISMO DEL 24 DE MAYO DE 2008

El sábado 24 de mayo de 2008, a las 14:20 hora local, 21 estaciones de la RSNC registraron un evento sísmico (**Figura. 3.2**). El epicentro se localizó a 8.6 km al noreste de la cabecera municipal de Quetame (Cundinamarca), en las coordenadas 4,399° N y 73,814° W, profundidad superficial y magnitud local 5,7 (magnitud Richter, calculada a partir de la amplitud máxima del registro). El Proyecto Global CMT estableció una magnitud $M_w = 5,9$. La diferencia en magnitudes se explica porque las escalas consideran diferentes fases y tipos de registro de la señal sísmica.

Se resalta que con anterioridad, a las 12:00, 12:08 y 12:12 horas del mismo día, en zonas cercanas a este evento, se localizaron tres sismos con magnitudes locales 2.8, 4.1 y 2.5 (**Anexo 1, Figura 3.4**), los cuales se pueden denominar eventos precursores del sismo de las 14:20.

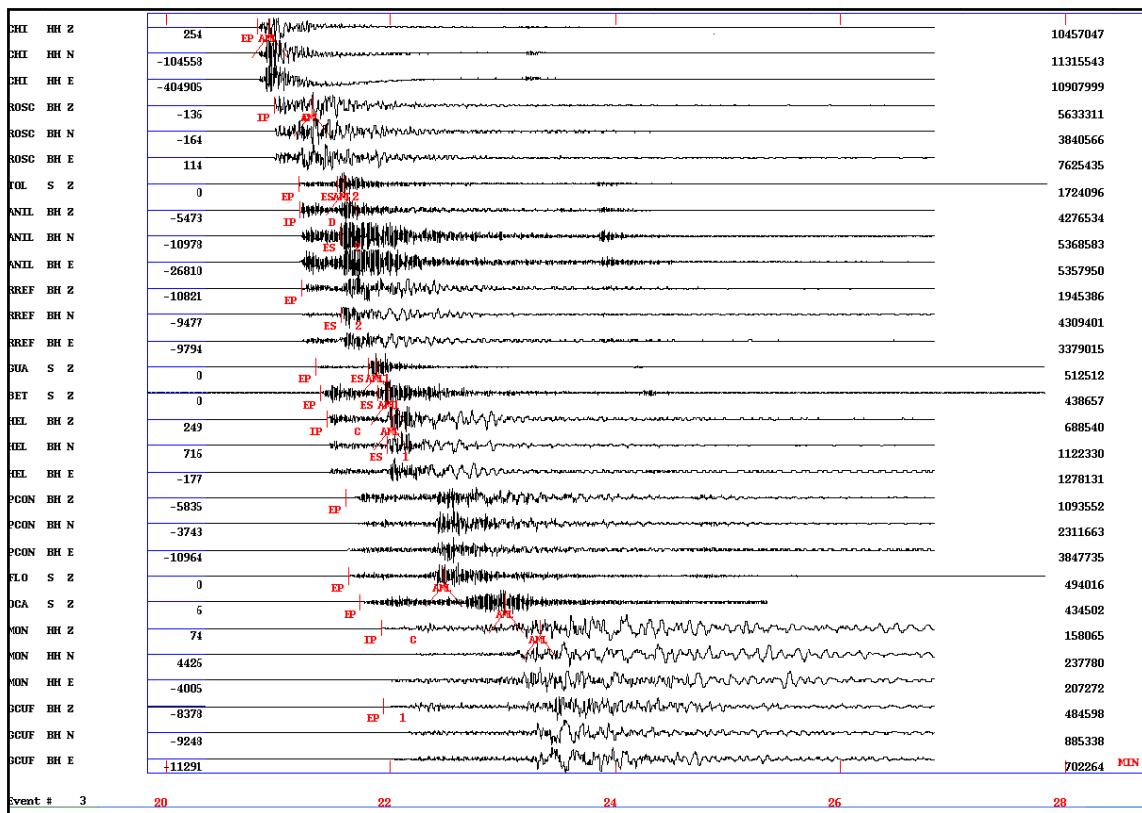


Figura 3.2. Registro sismológico a partir de las 19:19:50 (UT) para las estaciones de Chingaza, Rosal, Tolima, Anillo, Refugio, Guaviare, Betania, Helena, Condor, Florencia, Ocaña, Montería, Cufiño, de arriba abajo en su orden, utilizadas para la localización del evento. Se notan las lecturas de las diferentes fases usadas para su localización, en color rojo.

El mecanismo focal del sismo, calculado por el Proyecto Global CMT, determina un plano con 198° de azimut, buzando 83° al W, indicando una ruptura de rumbo lateral derecha (**Figura. 3.3, Tabla 3.3**) con un Momento Sísmico Escalar = 7.6×10^{24} dinas-cm.

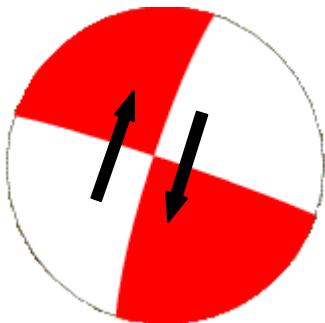


Figura 3.3. Proyección estereográfica del mecanismo focal calculado por el proyecto Global CMT, en donde las áreas de color rojo corresponden a las zonas de compresión y las blancas a la de dilatación. Las flechas indican el sentido del movimiento en la falla.

Tabla 3.3. Parámetros del mecanismo focal calculado por el proyecto Global CMT

Plano	Azimut	Buzamiento	Estría
Principal	198	83	177
Secundario	288	87	7

3.4 SECUENCIA DE RÉPLICAS

El sismo del 24 de Mayo, como la mayoría de sismos superficiales de tamaño significativo, fue seguido por una serie de réplicas, la cual corresponde al proceso secundario de relajación de las concentraciones de los esfuerzos producidos por la ruptura dinámica del sismo principal. Estos sismos generalmente se localizan en toda el área de ruptura y sus alrededores, y su registro decae de manera exponencial con el tiempo (Ley de Omori). En la red básica de la RSNC se han registrado 597 réplicas con magnitudes mayores a 1,5 hasta el día 8 de junio, siendo el día 24 de mayo el de mayor ocurrencia con 187 eventos (**Figura. 3.4, Tabla 3.4**).

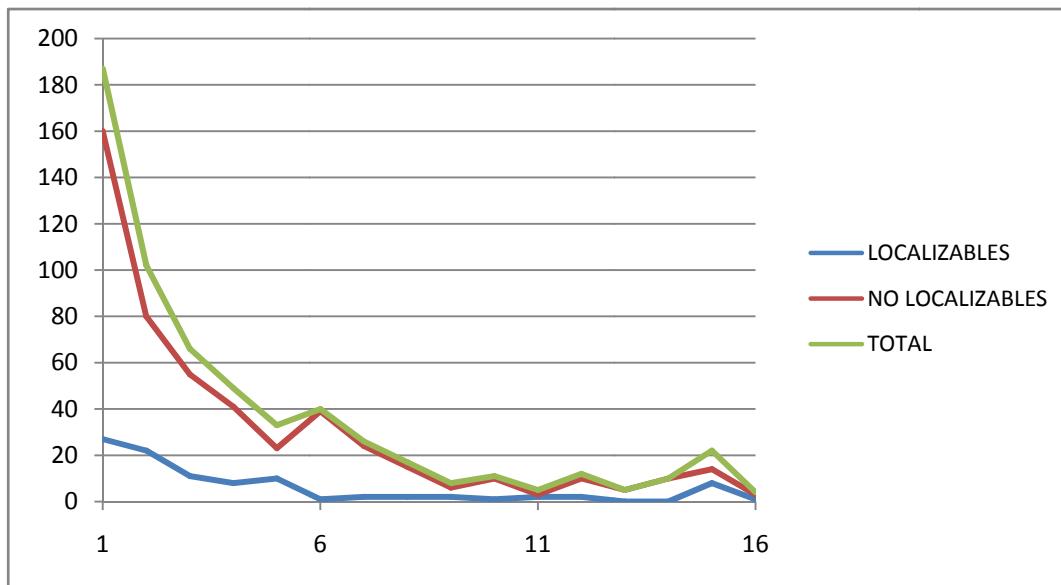


Figura 3.4. Distribución del número de réplicas (eje de ordenadas) con respecto al tiempo en los primeros 16 días de actividad desde el 24 de mayo hasta el 8 de junio. Nótese el decaimiento exponencial típico para este tipo de fenómeno.

Tabla 3.4. Número de réplicas registradas en la red básica de la RSNC desde el día 24 de mayo hasta el día 8 de junio.

DIA (UTC)	LOCALIZABLES	NO LOCALIZABLES	TOTAL
24/05/08	27	160	187
25/05/08	22	80	102
26/05/08	11	55	66
27/05/08	8	41	49
28/05/08	10	23	33
29/05/08	1	39	40
30/05/08	2	24	26
31/05/08	2	15	17
01/06/08	2	6	8
02/06/08	1	10	11
03/06/08	2	3	5
04/06/08	2	10	12
05/06/08	0	5	5
06/06/08	0	10	10
07/06/08	8	14	22
08/06/08	1	3	4

La mayor réplica registrada hasta ahora ha presentado una magnitud local de 4,5 correspondiente a un sismo ocurrido el día 24, tres minutos después del sismo principal. Muchas de las réplicas han sido sentidas por pobladores de la región y de otras ciudades, como Bogotá, presentando magnitudes entre 3,0 y 4,5. La última reportada como sentida ocurrió el día junio 7 a las 8:34 horas (Tiempo Local) y tuvo una magnitud local de 3,6 (**Figura. 3.5**).

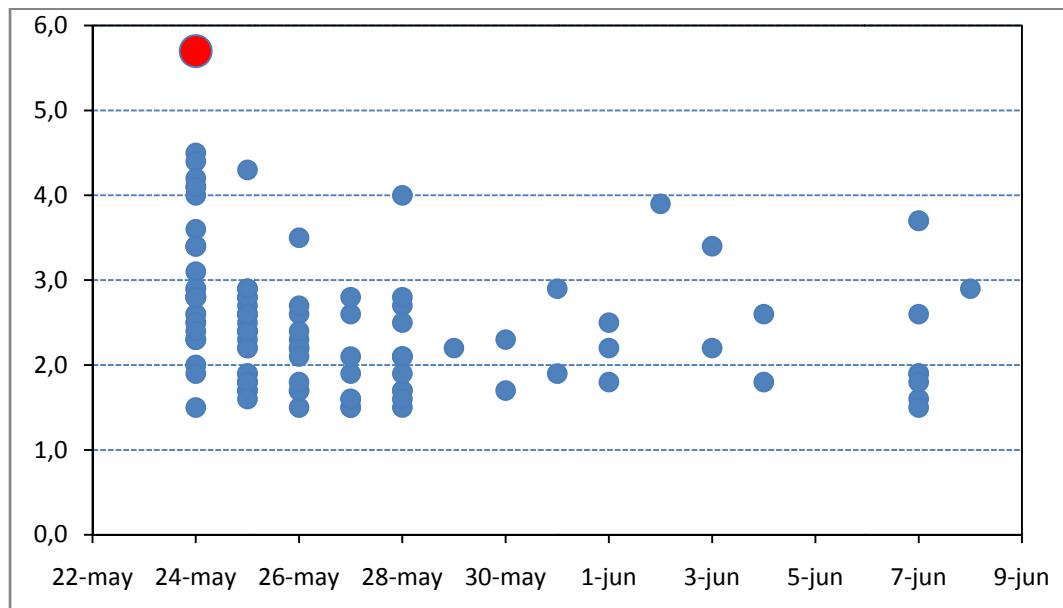


Figura 3.5. Magnitud local de los eventos localizados (eje de ordenadas) correspondientes al episodio sísmico iniciado el día 24 de mayo hasta el 8 de junio. Se resalta la magnitud del sismo principal en color rojo.

De las réplicas sólo se han podido localizar un total de 105 eventos, ya que para ello es necesario que al menos estén registradas en tres estaciones de la red. En general su localización sigue una orientación Noreste, que concuerda con el plano de ruptura insinuado por el mecanismo focal, y con el trazo de la falla Naranjal (**Figura. 2.2**), la cual aparece en primera instancia como la estructura responsable del sismo. La mayor concentración de éstas se distribuyen en un área proporcional a la ruptura generada por un sismo de esta magnitud (**Figura 3.6**). Se espera que la información colectada por las estaciones portátiles que INGEOMINAS instaló después del sismo, como se describirá más adelante, contribuya a precisar la dinámica y parámetros de ruptura del sismo y sus réplicas, por medio de mayor información de alta calidad.

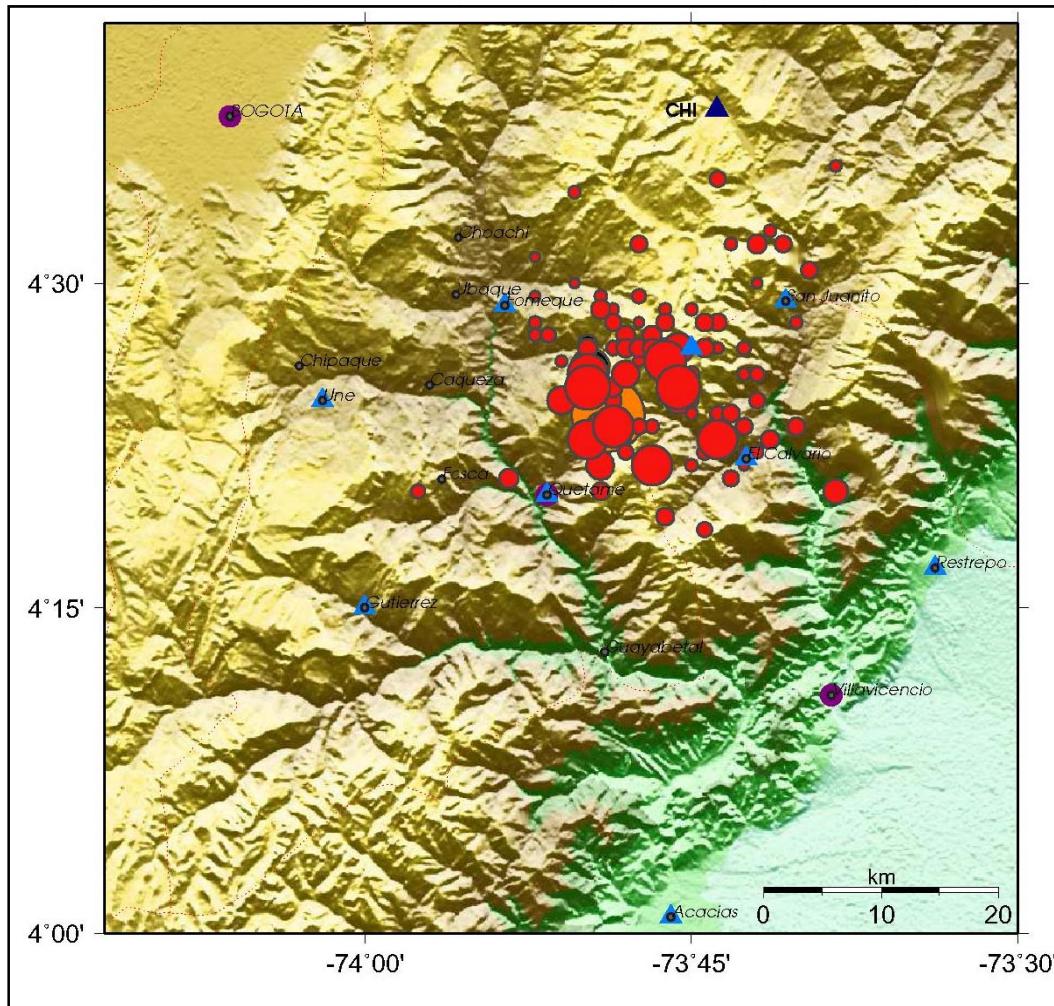


Figura 3.6. Sismos precursores, sismo principal y réplicas registradas por las estaciones permanentes de la Red Sismológica Nacional de Colombia hasta el 8 de junio de 2008. Los círculos negros representan los sismos precursores, el círculo naranja representa el sismo principal y la línea negra lo une con su mecanismo focal, los círculos rojos representan las réplicas del sismo principal, los triángulos azules oscuro son las estaciones permanentes de la RSNC, los triángulos azules claro son las estaciones portátiles que está instalando la RSNC, los círculos morados son acelerógrafos de los cuales se están recolectando datos del sismo.

3.5 RED SISMOLÓGICA PORTÁTIL

Al otro día de ocurrido el sismo, o sea el 25 de mayo, se conformaron diferentes grupos para la atención de la emergencia, la cual tiene varios componentes como son la evaluación de los daños en las poblaciones cercanas, de los efectos en los terrenos aledaños, recolección de datos geológicos, encuestas para evaluar la intensidad, recolección de datos de estaciones acelerográficas y el despliegue de la red portátil tanto sismológica como de acelerógrafos.

La red sismológica portátil se diseño con dos anillos que cubrieran la zona epicentral, uno interno, de acuerdo a la magnitud del sismo, con cuatro estaciones a una distancia aproximada del epicentro de 15 km y una estación lo más cercana posible al epicentro calculado por la red básica de la RSNC. El otro anillo, externo se conformó por otras cuatro estaciones además de una estación permanente de la RSNC, con distancias del orden de 30 km al epicentro, como puede verse en la **Figura 3.6**

Todas las estaciones instaladas estuvieron provistas con sismómetros de Banda Ancha de 30 y 120 s. y registro digital de 24 bits de resolución. Las características y coordenadas de la red portátil se consignan en la **Tabla 3.5** y la **Figura 3.7** muestra el sitio de instalación de la estación de Quetame.

Tabla 3.5. Características generales de las estaciones de la red portátil instalada en la zona epicentral del sismo de Quetame de mayo 24, 2008.

Estación	Lat.	Long.	Alt. m.s.n.m	Geología	Características instrumentales
Acacias – Meta-	4°00.1'	73°49.59'	1034	Arenitas cuarzosas Formación Une	Sensor GURALP - CMG-40T 30sec Triaxial Digitalizador ORION - 24 bits
San Juanito – Meta	4°26.47'	73°40.78'	1983	Conglomerados poligomicticos	Sensor TRILLIUM 120 sec Triaxial Digitalizador TAURUS- 24 bits
Fómeque - Cundinamarca	4.4819°	73.886 °	2.074	Lodolita gris oscura	Sensor TRILLIUM 120 sec Triaxial Digitalizador TAURUS- 24 bits
El Calvario - Meta	4.3571°	73.6814 °	1.913	Lodolitas rojizas	Sensor TRILLIUM 120 sec Triaxial Digitalizador TAURUS- 24 bits
Quetame Cundinamarca	4°19.7'	73°51.7'	1487		Sensor TRILLIUM 120 sec Triaxial Digitalizador TAURUS- 24 bits
Une Cundinamarca	4° 25.5'	74° 1.512'	2042		Sensor TRILLIUM 120 sec Triaxial Digitalizador TAURUS- 24 bits
Restrepo –Meta-					Sensor SRECKEISEN 120 sec Triaxial Digitalizador QUANTERRA – 24 bits
Gutiérrez Cundinamarca					Sensor SRECKEISEN 120 sec Triaxial Digitalizador QUANTERRA – 24 bits
San Francisco Cundinamarca	4° 23.0'	73° 47.99'	3046		Sensor TRILLIUM 120 sec Triaxial Digitalizador TAURUS- 24 bits

3.6 INFORMACIÓN DE MOVIMIENTOS FUERTES

Después de ocurrido el sismo de Quetame, personal de la Red Nacional de Acelerógrafos de Colombia programó visitas a las estaciones permanentes de los departamentos de Cundinamarca, Villavicencio y Casanare, con el fin de obtener los registros del sismo principal. La información del acelerógrafo de Tunja, se obtuvo a través de personal de la Universidad UPTC, que continuamente colabora en esas labores.

La **Tabla 3.6** muestra las estaciones permanentes de la Red Nacional de Acelerógrafos que fueron visitadas después del sismo principal, organizadas por orden de visita.

Con el fin de registrar las réplicas del sismo, se programó la instalación de dos estaciones acelerográficas portátiles cerca de la zona epicentral. Algunas características de estas estaciones se encuentran en la **Tabla 3.7**.



Figura 3.7. Detalle de la instalación de la estación sismológica portátil en Quetame, donde también está instalado un acelerógrafo, como puede verse.

Tabla 3.6. Estaciones permanentes de la Red Nacional de Acelerógrafos que fueron visitas después del sismo de Quetame.

estación	Departamento	Código	Tipo Equipo	Fecha de Visita
INGEOMINAS – Bogotá	Cundinamarca	CBOG1	K - 2	24-may-08
Quetame	Cundinamarca	CQUET	ETNA	26-may-08
Villavicencio	Meta	CVIL1	ETNA	27-may-08
Tunja	Boyacá	CTUN3	ETNA	30-may-08
Reactor Nuclear – Bogotá	Cundinamarca	CREAC	ETNA	30-may-08
Arbeláez	Cundinamarca	CARBE	ETNA	1-jun-08
Anapoima	Cundinamarca	CANAP	ETNA	2-jun-08
Guaduas	Cundinamarca	CGUAD	ETNA	3-jun-08
El Rosal	Cundinamarca	CROSA	ETNA	3-jun-08
Gaviotas – Bogotá	Cundinamarca	CGAVI	ETNA	4-jun-08
Laguna de Fúquene	Cundinamarca	CFQNE	ETNA	4-jun-08
Yopal	Casanare	CYOPA	SSA – 2MC	6-jun-08
Chingaza	Cundinamarca	CCHIN	ETNA	7-jun-08

Tabla 3.7. Características de las estaciones portátiles de la Red Nacional de Acelerógrafos instaladas cerca de la zona epicentral del sismo de Quetame.

Ubicación	Código	Equipo	Serial	Latitud	Longitud	Geología	Fecha Instalación
Quetame (Cundinamarca).- Alcaldía Municipal	CQUE2	ETNA	1443	4.330	-73.863	Suelo	27-may-08
Vereda Acaciitas, Acacias (Meta) – Finca El Rubí	CACAC	ETNA	1445	4.016	-73.826	Suelo	27-may-08

En la **Fotografía 3.1** se muestran los sitios donde fueron instaladas las estaciones portátiles de acelerógrafos de Quetame – Cundinamarca (izquierda) y Acacias – Meta (derecha), respectivamente.

De todas las estaciones visitadas, únicamente la estación de Chingaza no registró el sismo principal, debido a que el túnel donde está alojado el acelerógrafo se encuentra sin fluido eléctrico, producto de reparaciones internas.

Las aceleraciones máximas registradas en el resto de estaciones visitadas se aprecian en la **Tabla 3.8**. Las estaciones están organizadas de acuerdo a la distancia hipocentral con el fin de apreciar la atenuación de las ondas. Grosso modo y como era de esperarse, se aprecia una disminución de la aceleración en la medida en que la estación se encuentra retirada del epicentro.

Según la microzonificación sísmica de Bogotá, la estación Gaviotas está en la zona 1: Cerros y las estaciones INGEOMINAS y Reactor Nuclear están en la zona 3: Lacustre A. En relación a las aceleraciones registradas por dichas estaciones, en la zona de Cerros (estación Gaviotas) es casi el doble en comparación a las obtenidas en la zona Lacustre A (estaciones INGEOMINAS y Reactor Nuclear).



Fotografía 3.1. Ubicación de las estaciones portátiles de acelerógrafos de Quetame (izquierda) y Acacías (derecha, instaladas a partir del sismo de Quetame).

Las **Figuras 3.9, 3.10 y 3.11** muestran las aceleraciones máximas registradas y los espectros de respuesta calculados con el 5 % de amortiguamiento, para las estaciones Quetame, Villavicencio y Gaviotas (Bogotá) donde se obtuvieron las mayores aceleraciones respectivamente.

3.7 EVALUACIÓN PRELIMINAR DE INTENSIDADES DEL SISMO PRINCIPAL

La intensidad sísmica es una medida cualitativa que se basa en los efectos observados en cuatro sensores: personas, objetos, construcciones y naturaleza, en un área determinada. Estos efectos se analizan y se asigna un grado de intensidad en cada sitio según la Escala Macrosísmica Europea de 1998 (EMS-98), para posteriormente generar el mapa de intensidades.

Tabla 3.8. Aceleraciones máximas registradas en estaciones de la Red Nacional de Acelerógrafos ubicadas en los departamentos de Cundinamarca, Meta, Boyacá y Casanare; con ocasión del sismo de Quetame.

Estación	Departamento	Código	Geología	Aceleración (E-W) Gales	Aceleración (V) Gales	Aceleración (N-S) Gales	Distancia Hipocentral (Km.)
Quetame	Cundinamarca	CQUET	Roca	460,57	297,49	605,63	7
Villavicencio	Meta	CVIL1	Roca	59.43	42.58	71.76	31
Gaviotas – Bogotá	Cundinamarca	CGAVI	Roca	72.60	15.39	48.23	35
INGEOMINAS – Bogotá	Cundinamarca	CBOG1	Suelo	33.70	14.19	37.68	39
INGEOMINAS – Bogotá	Cundinamarca	CBOG1	Roca	9.00	5.51	6.48	39
Reactor Nuclear – Bogotá	Cundinamarca	CREAC	Suelo	36.53	12.38	23.88	39
Arbeláez	Cundinamarca	CARBE	Roca	4.97	4.17	6.40	69
El Rosal	Cundinamarca	CROSA	Roca	3.48	2.19	4.62	75
Anapoima	Cundinamarca	CANAP	Roca	5.04	3.50	4.31	80
Guaduas	Cundinamarca	CGUA D	Roca	8.82	6.57	11.83	113
Laguna de Fúquene	Cundinamarca	CFQNE	Roca	8.52	2.12	7.10	119
Tunja	Boyacá	CTUN3	Roca	2.85	1.42	3.5	138
Yopal	Casanare	CYOPA	Roca	4.92	2.11	4.15	188

Para evaluar la intensidad de este sismo, se han diligenciado 148 *Formularios para evaluación de Intensidad Sísmica (EMS-92/98)*, en los municipios de Quetame, Fómeque, Choachí, Cáqueza, Bogotá, El Calvario, San Juanito, Acacias y Villavicencio, los cuales están siendo procesados actualmente (**Tabla 3.9, Figura 3.8**)

Tabla 3.9. Número de formularios de evaluación de intensidades diligenciados por municipio.

Departamento	Municipio	Nº de formularios
Cundinamarca	Bogotá	20
	Quetame	25
	Fómeque	49
	Cáqueza	4
	Choachí	1
Meta	Villavicencio	4
	El Calvario	22
	San Juanito	14
	Acacias	9
	TOTAL	148

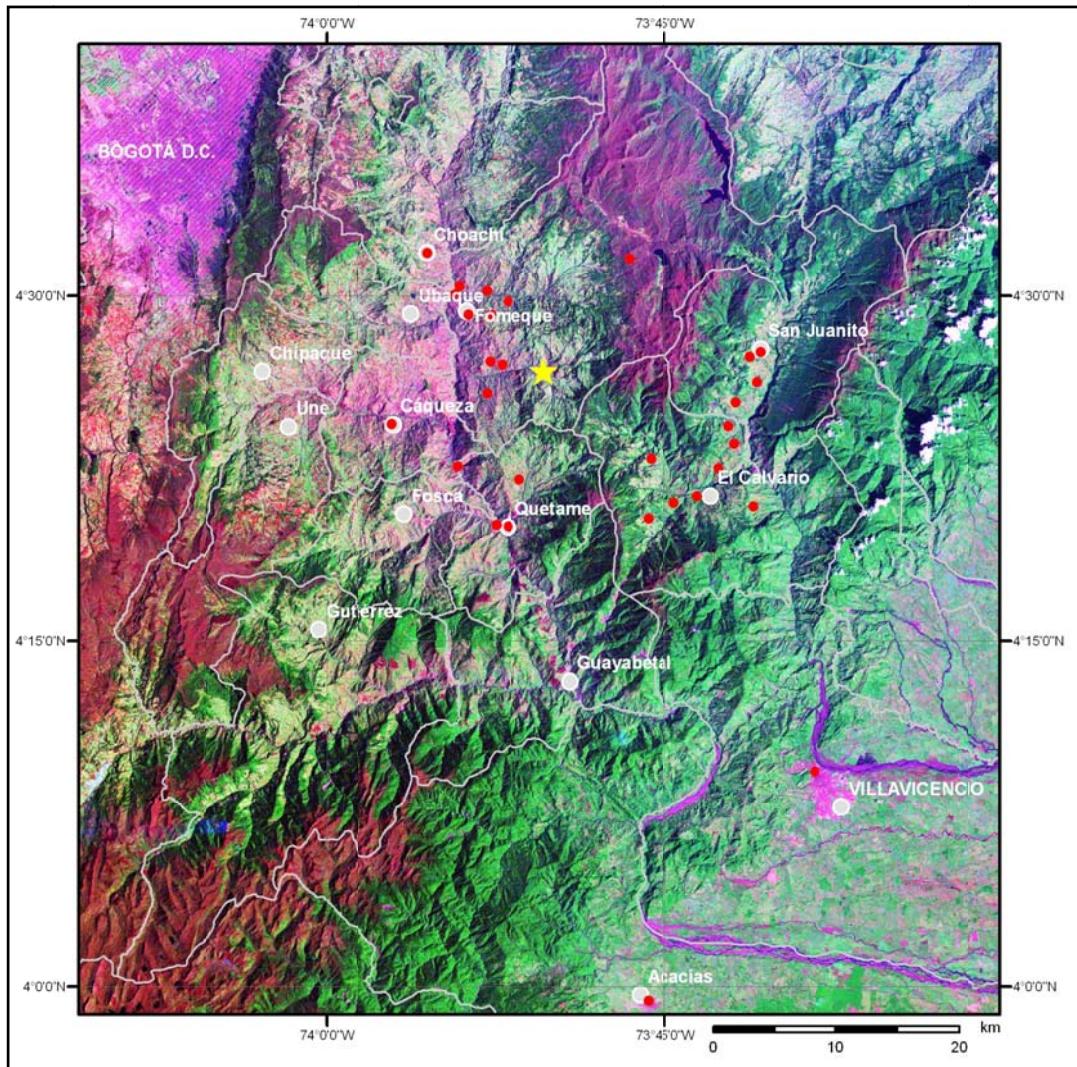


Figura 3.8. Mapa de la zona epicentral, donde se muestran los puntos (en color rojo) en los cuales se realizaron encuestas para la evaluación de la intensidad del sismo principal. La estrella amarilla indica el epicentro del evento.

De otro lado, en la página web de INGEOMINAS se ha instalado un aplicativo para recibir reportes de la comunidad cuando hayan sentido un sismo, utilizando el formato de evaluación de intensidades de la escala EMS-98. Después del sismo de Mayo 24 se recibieron más de 150 reportes, de los cuales se obtuvo una evaluación muy preliminar de las intensidades en algunos lugares del país. La **Tabla 3.10** y la **Figura 3.12** muestran las evaluaciones obtenidas de esta manera. Se destaca que hubo reportes hasta de la ciudad de Bucaramanga donde la intensidad calculada es igual a 3. Para Bogotá ésta se calculó de acuerdo a estas encuestas en un valor igual a 4. Se recuerda que son valores muy preliminares.

INGEOMINAS - RED NACIONAL DE ACELEROGRAFOS
 Estación de Quetame (CQUET) Geol:Roca Topo:Ondu.
SISMO DE QUETAME (CUNDINAMARCA) 24/MAY/08 ML=5.7
 Epic. 4.399 N -73.814 E Prof. 0.2 Km Dist. 9 Km

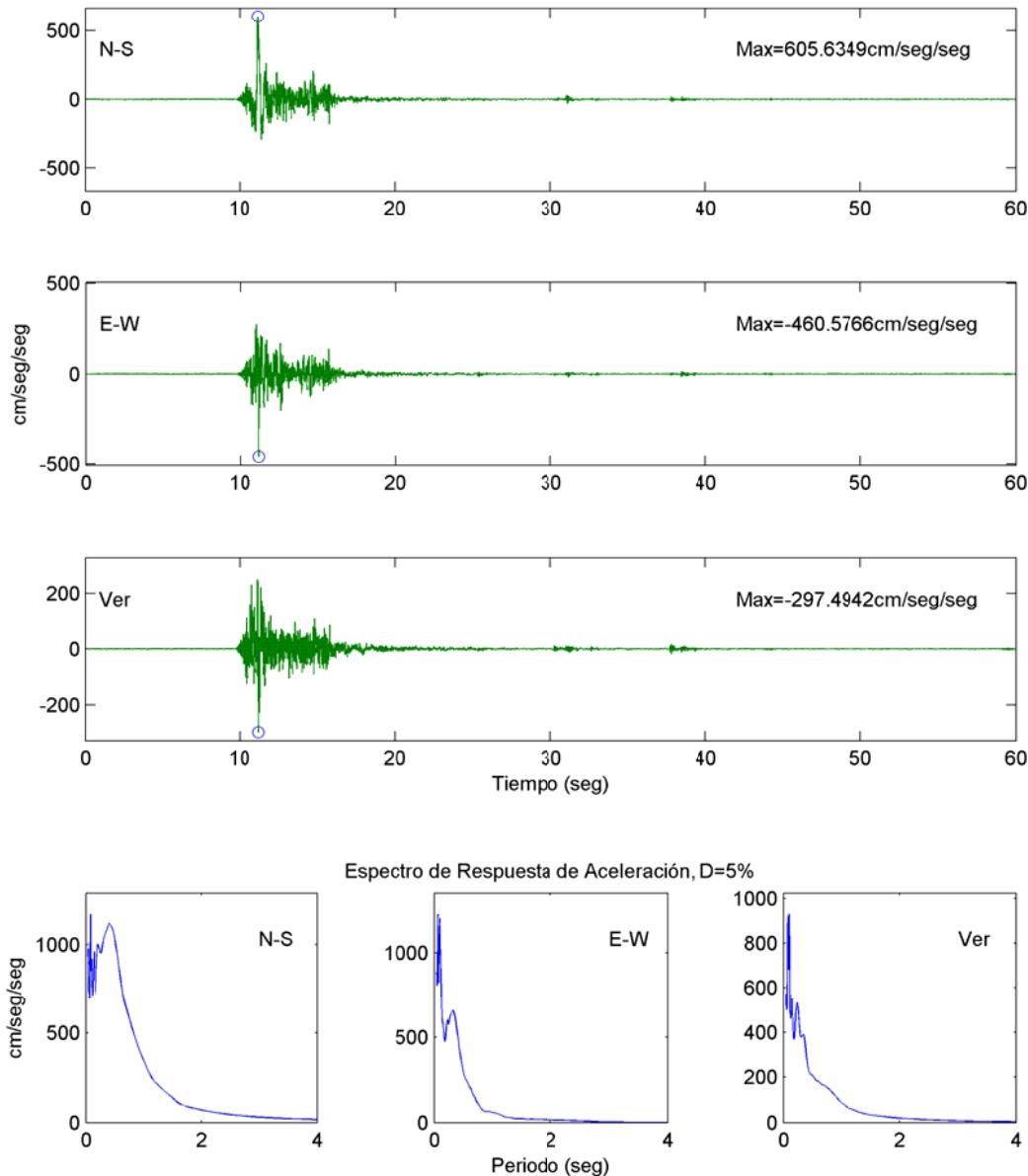


Figura 3.9. Acceleraciones máximas registradas y espectros de respuesta calculados con el 5 % de amortiguamiento, obtenidas en la estación Quetame.

INGEOMINAS - RED NACIONAL DE ACELEROGRAFOS
 Estación de Villavicencio, Roca (CVIL1) Geol:Roca Topo:Plana
SISMO DE QUETAME (CUNDINAMARCA) 24/MAY/08 ML=5.7
 Epic. 4.399 N -73.814 E Prof. 0.2 Km Dist. 31 Km

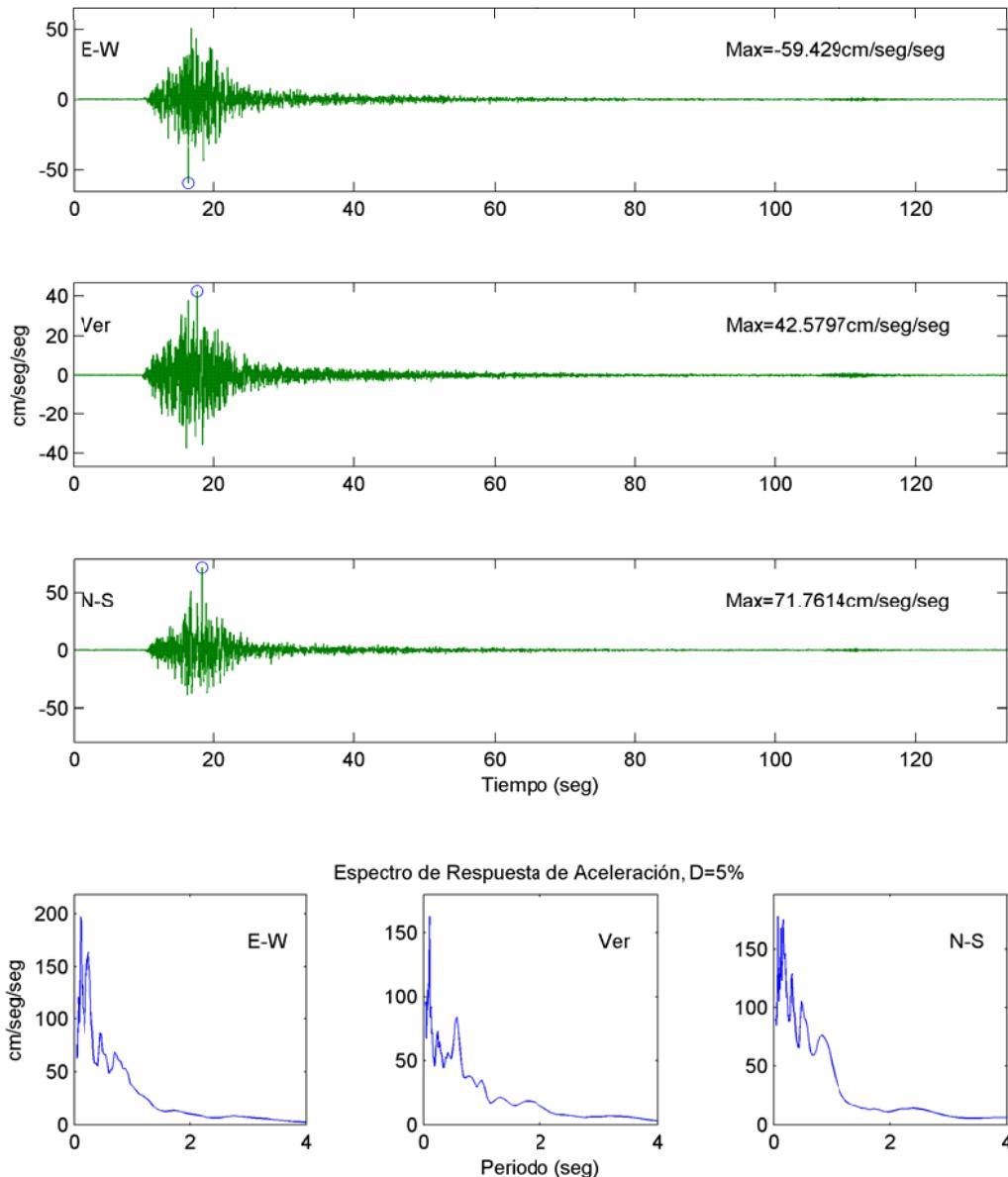


Figura 3.10. Aceleraciones máximas registradas y espectros de respuesta calculados con el 5 % de amortiguamiento, obtenidas en la estación Villavicencio.

INGEOMINAS - RED NACIONAL DE ACCELERÓGRAFOS
 Estación de Gaviotas (CBOG2) Geol: Coluvión Topo: Ondu.
 SISMO DE QUETAME (CUNDINAMARCA) 24/MAY/08 ML=5.7
 Epic. 4.399N -73.814E Prof. 0.2 Dist. 35km

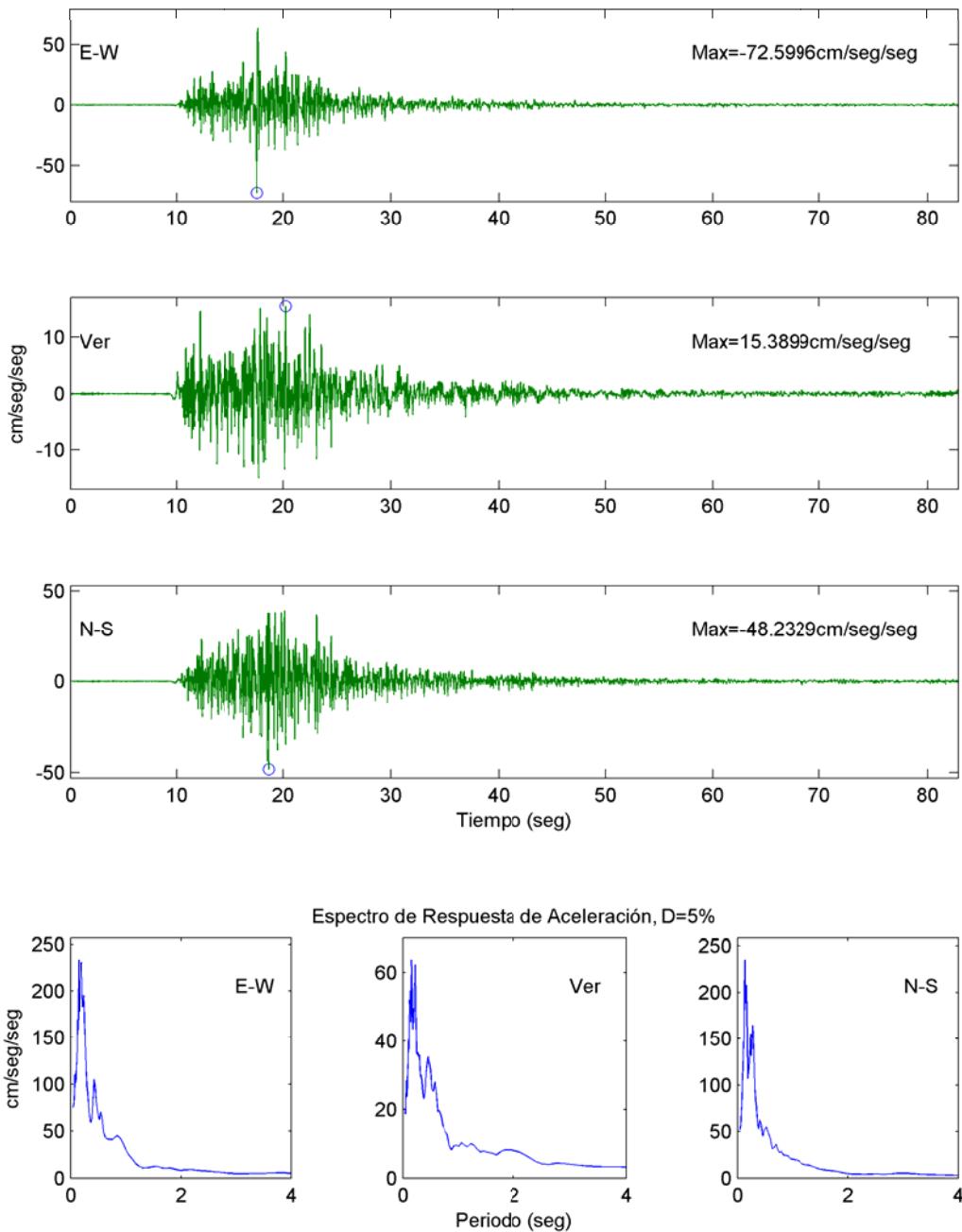


Figura 3.11. Aceleraciones máximas registradas y espectros de respuesta calculados con el 5 % de amortiguamiento, obtenidas en la estación Gaviotas (Bogotá).

Tabla 3.10. Número de formularios de reportes recibidos en la página web de INGEOMINAS para evaluación de intensidades.

Departamento	Municipio	Reportes	Intensidad EMS-98
Bogotá D.C.	Bogotá D.C.	100	4
Cundinamarca	Soacha	1	4
Valle del Cauca	Cali	4	3
Cundinamarca	Zipaquirá	1	3
Santander	Bucaramanga	1	3
Meta	Villavicencio	10	4
Antioquia	Medellín	3	4
Antioquia	Envigado	1	3
Cundinamarca	Girardot	2	3
Risaralda	Pereira	3	3
Caldas	Manizales	1	3
Cundinamarca	Facatativá	1	4
Tolima	Ibagué	4	4
Cundinamarca	Chía	4	4
Cundinamarca	Madrid	2	4
Casanare	Yopal	2	2
Cundinamarca	Fosca	1	4
Boyacá	Tunja	2	3
Cundinamarca	Cáqueza	1	4
Cundinamarca	La Pena	1	3
Cundinamarca	Fómeque	1	4
Boyacá	Paipa	1	4

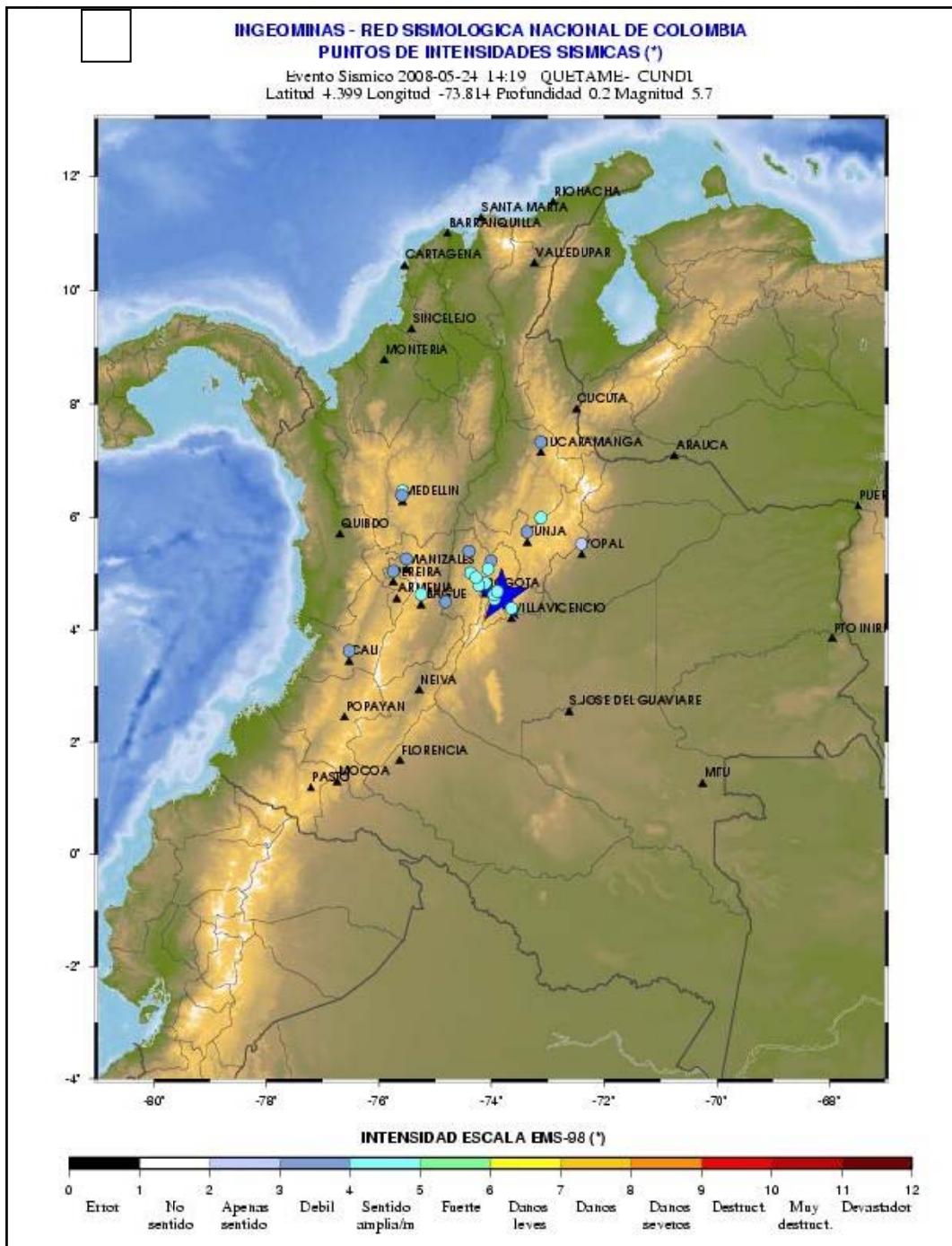


Figura 3.12. Mapa de intensidades preliminar obtenido por medio de las encuestas diligenciadas por la comunidad a través de la página web de INGEOMINAS.

4 EFECTOS INDUCIDOS POR EL SISMO

Los efectos inducidos por un sismo son de naturaleza diversa, son mayores a mayores magnitudes, y disminuyen con la distancia al epicentro del evento. En sismos de profundidad superficial, como el de Quetame, los principales efectos que se pueden presentar son: sacudidas del terreno y deslizamientos.

Por otro lado, los movimientos del terreno asociados con cargas dinámicas dependen de la intensidad de dicha carga y de las propiedades esfuerzo-deformación y capacidad de disipación de energía del terreno. Los problemas de interés cubren un intervalo amplio de situaciones para el caso de solicitudes sísmicas importantes, las cuales producen en el suelo deformaciones de corte suficientemente grandes para originar fallas y efectos locales, destacándose los fenómenos de licuación, amplificación de ondas por el tipo de material, amplificación de ondas por cambios topográficos e inestabilidad de laderas o movimientos en masa, entre otros.

Una de las causas más frecuentes de daños asociados a terremotos son los deslizamientos, aunque se requiere que la intensidad sea alta para que estos tengan lugar. Según datos empíricos, por debajo de intensidad VIII no se han apreciado deslizamientos importantes. Algunos de los factores a considerar en la estimación de la susceptibilidad frente a deslizamientos por terremotos son los siguientes:

- Laderas inestables o en condiciones precarias de estabilidad previas al terremoto.
- Pendientes elevadas.
- Suelos de baja resistencia o de estructura metaestable.
- Escarpes rocosos con posibilidad de desprendimientos.

La amenaza por deslizamientos disparados por sismos es un problema que recientemente se debate y evalúa a nivel mundial, ya que el desarrollo urbanístico, la construcción de infraestructura e implantación de redes viales ha generado una importante exposición a dicha amenaza, combinada obligatoriamente a sus potenciales impactos sobre las actividades humanas, pérdidas económicas, devastación de terrenos y morbilidad, entre otras (p.e. Sismo de Izu-Ohshima-Kinkai, Japón, 1978; Sismo de Pagano-Seibu, Japón, 1984; Sismo de Irpinia, Italia, 1980).

Los terremotos pueden provocar movimientos de todo tipo en las laderas, dependiendo de las características de los materiales, de la magnitud y de la distancia al epicentro. Desprendimientos de bloques, deslizamientos, flujos y avalanchas rocosas pueden ocurrir durante las sacudidas sísmicas. Antiguos deslizamientos en condiciones cercanas

al equilibrio límite pueden también ser reactivados por las fuerzas sísmicas. Además, en materiales como arenas y limos sueltos, pueden producirse fenómenos de licuación, afectando también a deslizamientos antiguos con materiales sueltos, saturados y sin cohesión. El terremoto de Guatemala de 1976 ($M=7.6$) provocó más de 10.000 desprendimientos rocosos y deslizamientos en materiales sueltos. El terremoto de Loma Prieta-California de 1989 ($M=7.1$) desencadenó más de 4.000 desprendimientos, flujos y deslizamientos, así como numerosos procesos de licuación. En ocasiones, las víctimas atribuidas a los terremotos son causadas por los deslizamientos que se desencadenan; el terremoto de Perú de 1970 ($M=7.7$) provocó, entre otros movimientos en laderas, una inmensa avalancha rocosa en la Montaña de Huascarán que sepultó a una ciudad y parte de otra, sepultando a 18.000 personas. La mayoría de las víctimas del terremoto de El Salvador de 2001 fueron causadas por un deslizamiento repentino en materiales volcánicos, por pérdida instantánea de su resistencia. El Sismo de Páez en 1994 ($Mw = 6.8$), causó entre 3000 y 3500 flujos de detritos y deslizamientos traslacionales de poco espesor, en materiales limo arenosos en condiciones saturadas, dejando grandes pérdidas humanas, económicas y sociales, entre otras.

Uno de los mayores efectos inducidos por el sismo de Quétame fueron los movimientos en masa (**Figura 4.1, Tabla 4.1**)

Una grieta es una abertura o hendidura alargada de poca profundidad, que ocurre en el terreno en un entorno distensivo o alargamiento del terreno. Las grietas están presentes en numerosos procesos de geodinámica externa, como los deslizamientos, o a consecuencia de un terremoto como efectos relacionados a la sacudida, en las zonas epicentrales.

En la zona epicentral se reconocieron y se midieron grietas de diferente forma y tamaño. En el municipio de Quetame, en las veredas Ficalito, Tibrote Bajo, Las Mercedes y Totumito. En las primeras aparecieron grietas de aspecto rectilíneo y con escalón en la vertical, desde pocos milímetros hasta 50 cm. En Ficalito y Tibrote Bajo, la mayoría de las grietas presentaban direcciones entre N-S a N35°E, con el bloque SE hundido. Otro tipo de grietas observadas son aquellas asociadas a bancada de carreteras, las cuales ocurren paralelas a la cara libre de la pendiente donde se encuentra la carretera (**Figura 4.2, Tabla 4.2**)

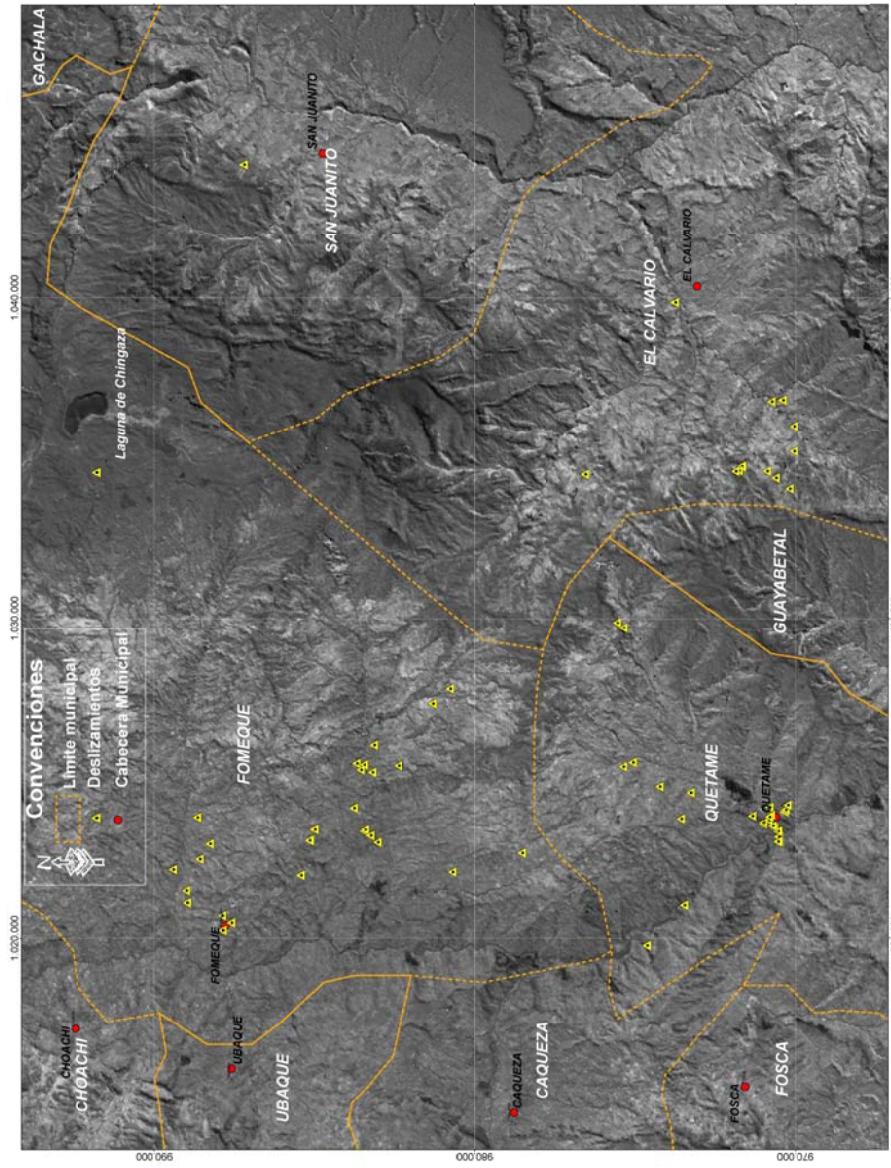


Figura 4.1 Localización de los deslizamientos visitados durante el trabajo de campo

TABLA 4.1. INVENTARIO MOVIMIENTOS EN MASA

Municipio / Sitio	Referentes Geográficos	Coordenada E. (m)	Coordenada N (m)	Descripción Litológica	Tipo de Movimiento en Masa	Características	Datos	Altura (m)	Ancho (m)	Orientación Talud
Vía al Llano Sector Cáqueza-quetame	Margen Der. R.Negro	1,019,761	974,670	Limolitas grises muy fracturadas y oxidadas	Caida de Rocas (desprendimientos)	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectación leve a viviendas y viviendas	N10E/20W	20	60	N30E; NS0W
Vía al Llano Cáqueza-quetame	Margen Der. R.Negro	1,021,016	973,501	Limolitas con intercalaciones de areniscas	Caida de Rocas (desprendimientos)	Estratificación Caida de detritos (desprendimientos)	N20E/70SE	40		N50W
Vía al Llano Pie. Quetame	Margen Der. R.Negro			Depósito Coluvial						
Pie. Sobre R. Negro Pie. Quetame	Margen Izq. R.Negro	1,022,994	970,559	Depósitos clastosportados (Cono de derrえcción)	Danos severos en viviendas					NS
Fomeque Vereda Cuosasavista Sector Volcan Negro		1,022,922	988,296	Lutitas laminadas	Caida de Rocas (cunetas)	Fracturamiento alto				
Q. Negra	Margen Izq.	1,023,763	988,676	Depósitos clastosportados (Cono de derrえcción)	Danos leves viviendas	Huellas de movimientos recientes (?)				
Finca Campo Alegre	Margen Izq. R.Negro	1,022,120	989,443	Suelo residual sobre terraza aluvial	Caida de detritos (desplome)	Flujo de Detritos				
Vereda Carrizal		1,021,466	989,023	Suelo residual sobre lutitas y arcillitas		Asociados a lluvias posteriores del sismo (7)		2,5 a 3,0		
Alto El Canacho					Deslizamiento rotacional - flujo de tierras	Reactivado parcialmente		20		
Sr. José Fdo. Torres	Margen Der. Q. Círcula Margen Izq. Q.Círcula	1,023,328	983,484	Lutitas con algunas intercalaciones de Areniscas	Caida de Rocas (desprendimientos)	Fracturamiento alto		20	30 a 40	N20W
		1,021,090	988,993		Fractura del macizo	Abertura de 10 a 20 cm	N70E/80SE			
					Galpones en riesgo cercano a la corona	Ladera en contrapendiente				
						Estratificación	NS/40W			
						Laderas muy inclinadas (60 a 80)				
					Caida de detritos (desplome)			25	10	

Municipio / Sitio	Referentes Geográficos	Coordinada E (m)	Coordinada N (m)	Descripción Litológica	Tipo de Movimiento en Masa	Características	Datos	Ancho (m)	Orientación Talud
	Margen Izq.- Q.Cícuta	Visual 530E			Caída de Rocas (desprendimientos)	Ladera en contrapendiente		1.5	10
Sr. Miguel Torres	Margen Der. Q. Cícuta	1,023,364	983,443	Intercalaciones de arcillitas - areniscas - limolitas	Caída de derritos (desplome)	Retroresivo Laderas inclinadas a moderadas (20 a 70)		20	40
	Margen Izq.- Q.Cícuta	Visual NS0E			Agrietamientos de muros y caída de techos				
Vía Fómeque-Quetame antes Pie.Q.Negra	Margen Der. Q. Negra	1,023,183	983,275	Depósito aterrazado paleocanal sobre coluvial y roca	Viviendo en riesgo relativo/cerca a la corona (45m) Caída de tierra (desplome)			25	30
		1,022,973	983,049	Lutitas	Caída de Rocas (Planar, Cúñas)				
Vereda San Lorenzo		1,022,046	980,714	Areniscas	Caída de Roca (Desprendimientos)				
	Cantera La Moya (Parte Alta)	1,022,633	978,545		Caída de Derritos (desplome)	Fracturamiento muy alto Laderas muy inclinadas (80)	N85W/75NW, N10W/20SW	10	15
Vía Fómeque-Quetame	Visual S80E (Q. Coloradas)	1,023,722	973,597	Areniscas	Flujo de tierras		N10E/50SE		
	Visual S60E				Flujo de tierras				
	Visual S45E (Q.Granadillas)				Flujo de tierras (dos)				
Vía Fómeque-Quetame	Vereda Ficalito, Margen Der. Q.Negra	1,024,536	973,291	Depósito coluvial arcilloso	Caída de derritos (desplome)				
	Sobre márgenes de la Q.Negra (entrada a Quetame)				9 sitios NM (Flujo de derritos/Caída de Rocas)				
	Sobre via				7 sitios NM (Flujo de derritos/Caída de Rocas)				
Vía Quetame-Caimito	Vereda Caimito	1,023,940	970,363	Coluviones sobre lutitas y arcillitas grises	Caída de Derritos	Fracturamiento muy alto	N55W/78NE,		
						Hundimiento via	N15E/80NNW,	25	N30E
						Humedad alta	N75W/80SW		
					Replacición	Acelerador(?)			
Vía Quetame-Caimito	Vereda Caimito	1,024,010	970,339	Limolitas y lutitas carbonosas	Caída de Derritos	Fracturamiento muy alto	N45W/45SW		
						Baja calidad			
						Estratificación			
						Estrias			
						Falla Rumbo	10 Dextral		
						Falla Normal	N40E/40SE		
						Laderas inclinadas (50 a 70)			
						Ensanchamiento lateral			
						Gaviones (long. 10m) colmatados y algo deformados/asestumados			
						Erosión superficial (sarcos)			

Municipio / Sitio	Referentes Geográficos	Coordenada E. (m)	Coordenada N (m)	Descripción Litológica	Tipo de Movimiento en Masa	Características	Datos	Altura (m)	Ancho (m)	Orientación Talud
Vía Quetame-Caimito Pie.Q.Grande	Vereda Caimito	1,024,153	970,273	Areniscas intercaladas con arcillitas	Caida de Rocas (Cuna)			30 a 35	20	N35W
Quetame	Vereda Totumito				Sección insuficiente Socavación margen Izq. (Potencial Caida de tierra tipo deslome, grieta de tracción)					
Vía Puente Quetame-Quetame	Margen Izq. R.Negro	1,022,991	970,542	Rocas pertenecientes a la formación luitas de Macanal (K1m), conformadas por intercalaciones de luitas grises y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas, altamente fracturadas. Se redondeados de arenosa, luita y rocas metamórficas, adosado a las intercalaciones de luitas grises y areniscas cuarzosas de grano fino.	Deslome de bloques y fragmentos de luitas y areniscas, que afectaron la vía de acceso a Quetame. El plano de debilidad se presentó sobre una	Estratificación	Ladera en contrapendiente	N50W/55NE	10	20
Vía Puente Quetame-Quetame	Margen Izq. R.Negro	1,023,136	970,543	Depósito aluvial conformado por bloques y cantos redondeados de arenosa, luita y rocas metamórficas, adosado a las intercalaciones de luitas grises y areniscas cuarzosas de grano fino.	Deslome de bloques y fragmentos de luitas y areniscas, que afectaron la vía de acceso a Quetame .	Estratificación	Pendiente muy inclinada	>70		
Vía Puente Quetame-Quetame	Margen Derecha R.Contador	1,023,316	970,562	Rocas pertenecientes a la formación luitas de Macanal (K1m), conformadas por intercalaciones de luitas grises y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas, altamente fracturadas. Se redondeados de arenosa, luita y rocas metamórficas, adosado a las intercalaciones de luitas grises y areniscas cuarzosas de grano fino.	Deslome de bloques y fragmentos de luitas y areniscas, que afectaron la vía de acceso a Quetame.	Estratificación	Afectó vía y viviendas	Vía	20	60
Vía Puente Quetame-Quetame	Margen Derecha R.Contador	1,023,434	970,680	Rocas pertenecientes a la formación luitas de Macanal (K1m), conformadas por intercalaciones de luitas grises y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas, en este sector se incrementan los rojizas, compactas, las cuales están siendo redondeados.	Deslome de bloques y fragmentos de luitas y areniscas, que afectaron la vía de acceso a Quetame. El plano de debilidad se presentó sobre una	Estratificación	Pendiente muy inclinada	68		
Vía Puente Quetame-Quetame	Margen Derecha R.Contador			Rocas pertenecientes a la formación luitas de Macanal (K1m), conformadas por intercalaciones de luitas grises y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas.	Socabamiento margen izquierdo del río, que afecta la vía.	Estratificación	Afectó vía y viviendas	Vía	15	25
Vía Puente Quetame-Quetame	Margen Derecha R.Contador	1,023,493	970,725	Rocas pertenecientes a la formación luitas de Macanal (K1m), conformadas por intercalaciones de luitas grises y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas.	Deslizamiento superficial, hacia la parte superior se presentan cайдas de bloques y se presenta un bloque de aproximadamente 1.50 m de ancho	Estratificación	Pendiente muy inclinada	70		
Vía Puente Quetame-Quetame	Margen Derecha R.Contador	1,023,546	971,026	Rocas pertenecientes a la formación luitas de Macanal (K1m), conformadas por intercalaciones de luitas grises y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas, bastante fracturadas y redondeados de arenosa, luitas y rocas metamórficas.	Deslome de bloques y fragmentos de luitas y areniscas, que afectaron la vía de acceso a Quetame.	Estratificación	Afectó vía y viviendas	Vía	8	10
Vía Puente Quetame-Quetame	Margen Derecha R.Contador	1,023,596	971,021	Depósito aluvial matriz soportado compuesto por matriz arcilloso, blando, proveniente de rocas saturadas de arcillitas negras y areniscas marrones, cuarzosas, de grano fino, pertenecientes a la formación luitas de Macanal (K1m).	Deslizamiento rotacional que originó un flujo de todo que afecta la vía de acceso a Quetame	Estratificación	Pendiente muy inclinada	87		
Vía Puente Quetame-Quetame	Margen Izquierda R.Contador	1,023,674	970,849	Rocas pertenecientes a la formación Fomeque, conformadas por intercalaciones de luitas negras, azulosas y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas.	Deslizamiento de material que afecta la vía de acceso a Quetame	Estratificación	Afectó vía y viviendas	Vía	40	23
Municipio de Fomeque.	Vereda Carrizal	1,022,443	988,598		Agritamiento de la vivienda y el terreno de la finca del señor Rafael Villar	Estratificación	Pendiente muy inclinada	20		
					Afectó vía y viviendas	Estratificación	Ladera en contrapendiente	25		
					Afectó vía y viviendas	Estratificación	Pendiente muy inclinada	83		
					Afectó vía y viviendas	Estratificación	Ladera en contrapendiente	20		
					Afectó vía y viviendas	Estratificación	Pendiente muy inclinada	Vivienda		

Municipio / Sitio	Referentes Geográficos	Coordenada E. (m)	Coordenada N (m)	Descripción Litológica	Tipo de Movimiento en Masa	Características	Datos	Ancho (m)	Altura (m)	Orientación Talud
Municipio de Fomeque.	Casco Urbano	1.020,689	987,900		Arietamiento del Colegio Departamental Monseñor Agustín Gutierrez	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas				
Municipio de Fomeque.	Casco Urbano	1.020,470	987,614		Arietamiento del Liceo Pedagógico Vigostki.	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas	Colegio Liceo			
Municipio de Fomeque.	Casco Urbano	1.020,232	987,883		Arietamiento de la Iglesia Inmaculada Concepción.	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas	Iglesia			
Municipio de Fomeque.	Casco Urbano				Arietamiento de la Alcaldía Municipal.	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas				
Municipio de Fomeque.	Vereda La Yerbabuena	1.021,944	985,453	Rocas pertenecientes a la formación Fomeque, conformadas por intercalaciones de lutitas negras, azulosas y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas	Desplome de los galpones de La Yerbabuena	Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas				
Municipio de Fomeque.	Vereda Mortiñal	1.023,028	985,178	Rocas pertenecientes a la formación Fomeque, conformadas por intercalaciones de lutitas negras, azulosas y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas,		Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas				
Municipio de Fomeque.	Vereda Mortiñal	1.023,375	985,031	Rocas pertenecientes a la formación Fomeque, conformadas por intercalaciones de lutitas negras, azulosas y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas.	Arietamiento de vivienda de la señora Beisabé Alvarado	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas	Vivienda	N88W/28NE		
Municipio de Fomeque.	Vereda Guane	1.025,454	983,719	Afloramiento de rocas pertenecientes a la formación Fomeque, conformadas por lutitas grisáceas a negras		Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas	Vivienda	N30W/80NE		
Municipio de Fomeque.	Vereda Guane	1.025,411	983,478	Rocas pertenecientes a la formación Fomeque, conformadas por intercalaciones de lutitas negras, azulosas y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas	Arietamiento de vivienda	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas	Vivienda	N2E8NW		
Municipio de Fomeque.	Vereda Guane	1.025,175	983,220	Rocas pertenecientes a la formación Fomeque, conformadas por intercalaciones de lutitas negras, azulosas y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas	Arietamiento de vivienda	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas	Vivienda	N4SW/46SW		
Municipio de Fomeque.	Vereda Guane	1.026,029	9,830,165	Afloramiento de rocas pertenecientes a la formación Fomeque, conformadas por lutitas grisáceas a negras		Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas	Vivienda	N22W/67NE	8	10
Municipio de Fomeque.	Vereda Guane	1,027,774	980,789	Afloramiento de rocas pertenecientes a la formación Fomeque, conformadas por intercalaciones de lutitas negras y areniscas de granito fino, cuarzosas, marrones, afectadas por fallamiento	Desplome de rocas por sismo	Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas	Via	70		

Municipio / Sitio	Referentes Geográficos	Coordenada E. (m)	Coordenada N (m)	Descripción Litológica	Tipo de Movimiento en Masa	Características	Datos	Ancho (m)	Altura (m)	Orientación Talud
Municipio de Fomeque.	Vereda Guiane	1.027,313	981,345	Rocas pertenecientes a la formación Fomeque, conformadas por intercalaciones de lutitas negras, azulosas y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas	Deslome de rocas por sisno	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas	N65W/35NE	7	6	
Municipio de Fomeque.	Vereda Guiane	1.025,385	982,403	Rocas pertenecientes a la formación Fomeque, conformadas por intercalaciones de lutitas negras, azulosas y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas	Arietamiento de Vivienda	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas	Vía	75		
Municipio de Fomeque.	Vereda Guiane	1.025,254	983,582	Rocas pertenecientes a la formación Fomeque, conformadas por lutitas negras, azulosas	Deslizamiento rotacional que afecta la Vía	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas	Vivienda	7	36	
Municipio de Fomeque.	Vereda Guiane	1.024,061	983,807	Rocas pertenecientes a la formación Fomeque, conformadas por intercalaciones de lutitas negras, azulosas y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas	Desprendimiento de bloques que taponan la vía	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas	Vía	70	6	10
Municipio de Quetame.	Vereda Tibote Bajo	1.025,486	975,094	Rocas pertenecientes a la formación lutitas de Macanal (Klm), conformadas por intercalaciones de lutitas grises y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas	Arietamiento de la vivienda del señor Jesús Antonio Velásquez	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas	Vivienda			
Municipio de Quetame.	Vereda Tibote Bajo	1.025,348	975,391	Depósitos de coluvión asociados a diferentes puntos de brotes de agua, la cual toma un color azuloso debido a la contaminación por las lutitas.	Arietamiento del terreno y brotes de agua	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas	Vivienda			
Municipio de Quetame.	Vereda Tibote Bajo	1.024,726	974,259	Rocas pertenecientes a la formación lutitas de Macanal (Klm), conformadas por intercalaciones de lutitas grises y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas	Levantamiento de la banca por empuje de deslizamiento	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas	Vía			
Municipio de Quetame.	Casco Urbano, Alto de la Cruz	1.024,081	970,826	Rocas pertenecientes a la formación lutitas de Macanal (Klm), conformadas por intercalaciones de lutitas grises y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas. También existen depósitos de lutitas grises y areniscas cuarzosas de grano fino.	No se presenta ningún signo de inestabilidad del terreno que ponga en peligro a la cabecera municipal de Quetame	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas	Viviendas			
Municipio de Quetame.	Casco Urbano.	1.023,838	970,773	Rocas pertenecientes a la formación lutitas de Macanal (Klm), conformadas por intercalaciones de lutitas grises y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas	Inicio de caudal de viviendas en el extremo norte de la cabecera municipal de Quetame	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas	Viviendas			
Municipio de Quetame.	Vía Puente Quetame-Quetame	1.023,775	970,828	Rocas pertenecientes a la formación lutitas de Macanal (Klm), conformadas por intercalaciones de lutitas grises y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas	Deslizamiento rotacional, con una longitud de 100 m, ancho de 30m, sobre material arcilloso del grupo, el cual afecta la vía mediante flujos de agua	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas	Vía	20	30	
Municipio de Quetame.	Barrio Villas de Chiquinquirá	1.023,811	971,374	Rocas pertenecientes a la formación lutitas de Macanal (Klm), conformadas por intercalaciones de lutitas grises y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas	Arietamiento que afectan a algunas viviendas y la vía Quetame-Fomeque	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas	Viviendas	38		
Municipio de Quetame.	Km 49, Vía Bogotá-Villavicencio	1.025,470	966,288	Rocas pertenecientes a la formación lutitas de Macanal (Klm), conformadas por intercalaciones de lutitas grises y areniscas cuarzosas de grano fino, rojizas, compactas	Deslizamiento traslacional que afecta la Vía Bogotá-Villavicencio	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas	Vía	80	30	
Municipio de Quetame.						Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas	Vía	30	35	

Municipio / Sitio	Referentes Geográficos	Coordenada E. (m)	Coordenada N (m)	Descripción Litológica	Tipo de Movimiento en Masa	Características	Datos	Ancho (m)	Orientación Talud	
Municipio de Quetame.	Km 49+700 Vía Boróá- Villavicencio, Establecimiento	1.025,359	966,494	Rocas pertenecientes a la formación lutitas de Macanal (Klm), conformadas por intercalaciones de lutitas grises areniscas cuartosas de grano fino, rojizas, compactas	Arietamiento de la banca de la vía y desprendimientos superficiales y cadera	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía y viviendas				
Vía El Calvario - inspección de la Quebrada Grande	Margen Izquierda 1,036,780	970,762		Depósitos coluviales compuestos por fragmentos y bloques de areniscas de grano fino con matriz arcilloarenosa.	Desprendimientos superficiales y cadera	Estratificación Ladera en contrapendiente Pendiente muy inclinada Afectó vía	6	45	N 48 E	
Vía El Calvario - inspección de la Quebrada Brasil	Margen Izquierda 1,036,824.	970,429		Material vegetal, suelo residual y algunos fragmentos fracturados de esquistos grises claros y oscuros del grupo Quetame	Desprendimiento superficial	Desprendimientos hasta de 150 cms Fragmentos, hasta de 60 cm Afectó vía		72	27	N 52 W
Vía El Calvario - inspección de la Quebrada Brasil	Margen Izquierda 1,036,010	970,066		Material vegetal, suelo residual y detritos compuestos por fragmentos de arcillolitas y limolitas	Desprendimiento superficial	Pendiente muy inclinada Afectó vía		30	10	N 18 W
Vía El Calvario - inspección de la Quebrada Grande	Margen Izquierda 1,035,218	970,074		Material vegetal, suelo residual y detritos compuestos por fragmentos de esquistos grises claros y filitas del Grupo Quetame	Desprendimiento superficial	Pendiente muy inclinada Afectó vía		30	20	N 48 W
Vía El Calvario - inspección de la Quebrada Grande, affluente de la Quebrada Grande	Margen derecha de la Quebrada 1,034,741	971,699		Rocas cataclásicas tipo brecha de composición principalmente cuarcítica en matriz silícea con una dureza muy alta y con una amplia distribución areal	Desprendimiento de rocas	Cantera activa Pendiente muy inclinada Afectó vía		50	15	N 48 W
Vía El Calvario - inspección de la Quebrada Quibechales	Margen derecha de la Quebrada Quibechales 1,034,606	971,784		Fragmentos y bloques de rocas cataclásicas similares a las descritas en la Estación MC- 09	Desprendimiento superficial	Pendiente muy inclinada Afectó vía		25	40	N 05 E
Vía El Calvario - inspección de la Quebrada Quibechales	Quebrada Quibechales	1,034,589	971,883	Flujo de detritos y escombros que alcanzo el lecho de la quebrada Quibechales	Flujo de detritos por quebrada que cruzó la quebrada Quibechales	Pendiente muy inclinada Afectó vía		150	5	N 15 W
Vía El Calvario - Monterredondo de la Quebrada Grande	Margen izquierda 1,034,594	970,906		Depósito coluvial compuesto por bloques de filitas y cuarcitas en matriz limoarcilloso	Movimiento en masa rotacional	Pendiente moderada Afectó vía		50	50	N 27 E
Vía El Calvario - Monterredondo de la Quebrada Grande	1,034,380	970,629		Depósito coluvial compuesto por bloques de filitas y cuarcitas en matriz limoarcilloso	Material vegetal, suelo residual y algún material vegetal	Pendiente moderada Afectó vía		12	10	E W
Vía El Calvario - Monterredondo de la Quebrada Grande	1,034,038	970,206		Rocas metamórficas del Grupo Quetame (cuarcitas y filitas)	Desprendimiento de rocas y capa de m	Pendiente moderada Afectó vía		12	10	N 37 E
Vía Laguna de Chingaza - San Laguna de Chingaza	1,034,551	991,830		Lutitas de Macanal (predominan gravas y bloques de lutitas con tamaños máximos de 0.4 m)	Movimiento en masa rotacional con flujo	Pendiente moderada Afectó vía		20	30	N 18 E

Municipio / Sitio	Referentes Geográficos	Coordenada E. (m)	Coordenada N (m)	Descripción Litológica	Tipo de Movimiento en Masa	Características	Datos	Ancho (m)	Altura (m)	Orientación Talud
Vía San Juanito - El Calvario	Margen derecha del río Santa Barbara	1.039,844	973,793	Luitas de Macanaí (predominan gravas y bloques de luitas con tamaños máximos de 0,4 m)	movimiento en masa rotacional	Pendiente moderada Afectó vía	< 60	30	15	N 78 E
Vía San Francisco - Quetame	Loma Cabrera	1.034,492	976,575	Luitas y arcillitas del Grupo Quetame (afectó capa vegetal y algo de suelo residual)	Desprendimiento superficial	Pendiente moderada Afectó vía	< 60	20	71	N 68 W
Vía San Francisco - Quetame	Loma La Carajada	1.029,862	975,588	Arcillitas y areniscas del Grupo Quetame (afectó capa vegetal y material coluvial)	movimiento en masa rotacional	Pendiente moderada Afectó vía	< 60	80	70	N 34 E
Vía San Francisco - Quetame	Margen derecha Río Contador	1.029,699	975,385	Esquistos grises claros del Grupo Quetame (afectó capa vegetal y material coluvial)	movimiento en masa rotacional	Pendiente moderada Afectó vía	< 60	50	65	N 76 E
Cuchilla Gollillas, vía Chingaza	Embalse Chuza	1.041,392	997,172	Arcillitas laminadas, grisces con suelo residual	Desplome (Colapso)	Estratificación	6	10		
Vía San Juanito-Chingaza, A.S.	Vía San Juanito-Chingaza	1.044,180	987,235	Luitas grises	Deslizamiento de tipo traslacional	Alto grado de saturación Desplome de trinchera militar Originado por el sismo Reactivado por lluvias	100% 20	12		
					Taponamiento parcial de la vía	Taponamiento parcial de la vía				
						Alto grado de saturación	100%			

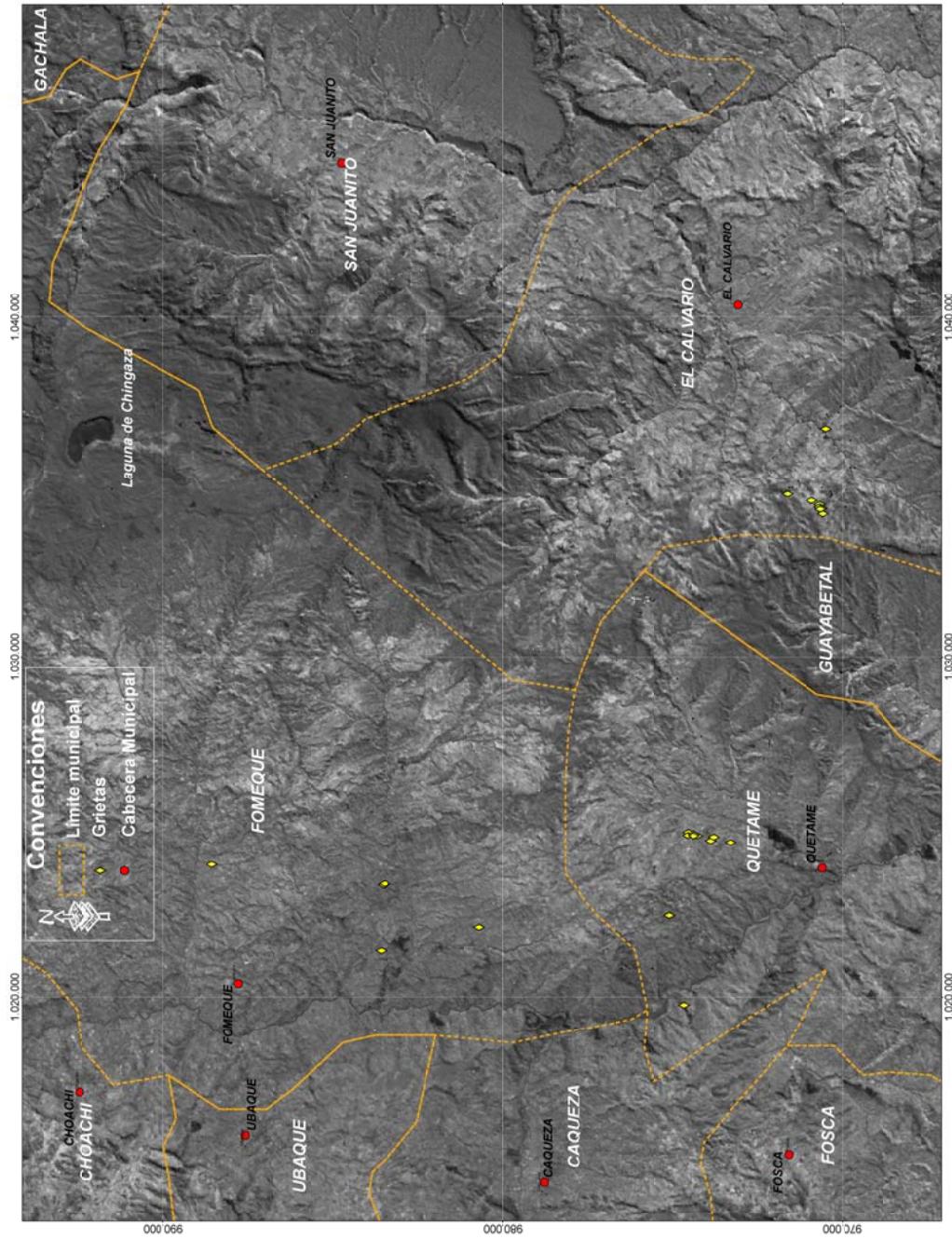


Figura 4.2 . Mapa de Ubicación de Grietas

EL SISMO DE QUETAME DEL 24 DE MAYO DE 2008. ASPECTOS SISMOLÓGICOS Y EVALUACIÓN PRELIMINAR DE DAÑOS

Tabla 4.2 Inventario de grietas

Coord. E (m)	Coord. N (m)	Referentes Geográficos	Grietas en Terreno			Salto vertical del terreno (cm)	Bloque hundido	Tipo de material	Observaciones
			Orientación	Longitud (m)	Apertura superficial (cm)				
1019761	974670	Vía al Llano Caqueza-Quetame Margen Der. R.Negro	N25E	8				Limolitas grises	Grietas en terreno
1023891	988569	Sr. Tobías Guevara Vereda Cusavistán	N5E	1 - 1.5	0.5		W	Roca blanda (suelo residual)	Grieta en terreno
1021361	983566	Vereda Las Margaritas Sr. José Martínez Escuela Rural La Margarita	N45E	1.5 – 2.5	0.5		NW	Suelo residual sobre depósitos calizales y arcilloso meteorizado	Grieta de terreno
1023290	983514	Sr. José Fdo. Torres Margen Der. Q. Cúcuta	N10W	1.5 - 2	2 - 5		SW	Depósito coluvial	Grieta en terreno
1023328	983484	Sr. José Fdo. Torres Margen Der. Q. Cúcuta	N30W	7 - 8	5 a 10	50	SW	Suelo residual sobre luitas	Grieta en terreno
1022046	980714	Vereda San Lorenzo Escuela San Lorenzo	N15W	1 – 1.5	5 a 10		NE	Areniscas	Grieta en terreno
1022390	975095	Vía Fómeque-Quetame Vereda El Chircal	N20W	12	2 a 10	10	SW	Suelo Residual	Grieta (de tracción) en terreno
1024790	974373	Vía Fómeque-Quetame Vereda Tribote bajo	N20E	8 - 10	10 a 30	20 a 30	SE	Depósito coluvial matrizosportado arcilloso	Grieta en terreno (tracción)
			N10E	15 - 20			SE		Grieta en terreno (tracción)
1024732	974274	Vía Fómeque-Quetame Vereda Tribote bajo	N20E	15 -20	10 - 15		SE	Depósito coluvial	Grieta en terreno (tracción)
1024536	973291	Vía Fómeque-Quetame Vereda Fiscalito, Margen Der.Q. Negra	N10E	8 - 10	10 a 20		SE	Depósito coluvial arcilloso	Grieta en terreno

Coord. E (m)	Coord. N (m)	Referentes Geográficos	Grietas en Terreno	Longitud (m)	Apertura superficial (cm)	Salto vertical del terreno (cm)	Bloque hundido	Tipo de material	Observaciones
1024731	974268	Vereda Totumito	N25°E	120	7	50	SE	Conos aluviales	Asociado a quebre de pendiente
1024582	973873		N20°-25°E	20	0.5	0.3	SE	Piso en cemento y baldosa	Escuela en zona de interfluvio
1024693	973787		N30°-40°E	55	12	3	SE	Estabil sobre masa de lutita deslizada	Zona deprimida y anegada
1024833	974541		N60°E	25	2	3	Impercibible	Cono Aluvial	La grieta se marca con depresión del terreno
1024750	974551		N0°-10°E	150	7	30	E	Coluvio	Reactivación deslizamiento
1024789	974376		N12°E	10	5	70	E	Coluvio	Corta la banca de carretera
1024735	974376		N26°E	7					
1041392	997172	Embalse Chuza		5	7	10		Arcillolitas laminadas	En dirección hacia el embalse
1,036,727	970,490	Vía El Calvario - San Francisco	N58W	14	2	10			Paralela a la vía
1,034,780	971,610	Vía El Calvario - San Francisco	N-S	20	6	0			Paralela a la vía
1,034,780	971,610	Vía El Calvario - San Francisco	N-S	10	4	0			Paralela a la vía
1,034,594	970,906	Vía El Calvario - Monterredondo	N50E	100	5	0			Paralela a la vía
1,034,481	970,668	Vía El Calvario - Monterredondo	N22E	40	5	3			Paralela a la vía

Coord. E (m)	Coord. N (m)	Referentes Geográficos	Grietas en Terreno			Tipo de material	Observaciones
			Orientación	Longitud (m)	Apertura superficial (cm)		
1,034,404	970,668	Vía El Calvario - Monterredondo	N700	25	12	6	Recabo de la estructura de la vía Paralela a la vía, dirección del traz N72E
1,034,361	970,618	Vía El Calvario - Monterredondo	E-0	10	8	0	Casi transversal a la vía
1,034,334	970,650	Vía El Calvario - Monterredondo	N820	8	15	12	Recabo de la estructura de la vía Casi transversal a la vía
1,034,201	970,576	Vía El Calvario - Monterredondo	N60E	12	5	0	Recabo de la estructura de la vía Paralela a la vía

5 EVALUACION MUNICIPIOS ZONA EPICENTRAL

5.1 MUNICIPIO DE QUETAME

El municipio de Quetame, cuanta con una población de 6500 habitantes aproximadamente y fue uno de los más afectados dada su cercanía a la zona epicentral. Dentro de los daños se destacan los deslizamientos en roca y suelos en la vía Puente Quetame - Quetame, así como el colapso de numerosas viviendas en el casco urbano (60% aproximadamente, **Figura 5.1**), también se detectaron importantes deslizamientos en la vía que de Puente Quetame conduce a la ciudad de Villavicencio.

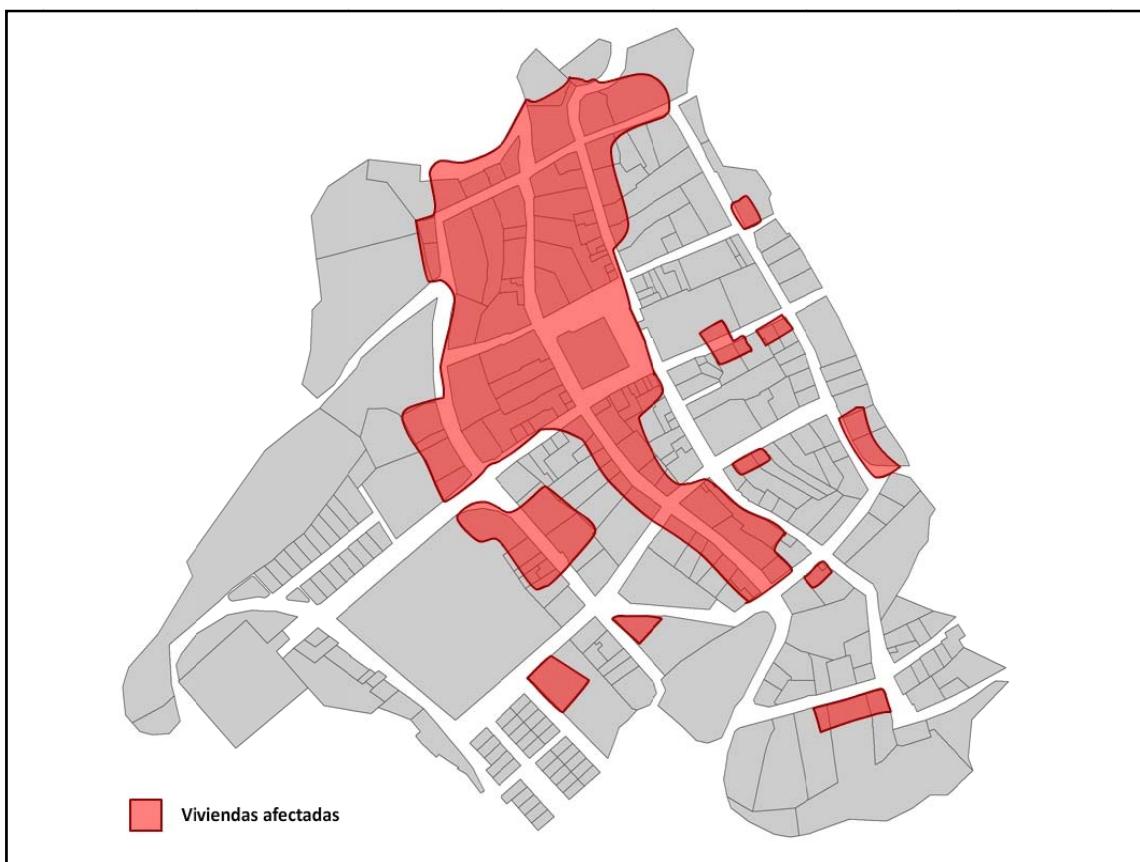


Figura 5.1 Mapa de Daños en viviendas

5.1.1 Casco Urbano

Dentro de los daños generados por el movimiento telúrico se destacan los siguientes:

- Desplome de viviendas. Se encontró que la mayor parte de las viviendas destruidas están construidas en adobe, el cual corresponde a un material de muy mala calidad, con poca o ninguna resistencia a los esfuerzos de corte generados por el sismo. Adicionalmente, los techos de dichas estructuras son muy pesados, lo cual favoreció el desplome de las viviendas (**Fotografía 5.1**). Para evaluar las averías en las viviendas, la DPAE, realizó un inventario de daños, en el que se definió cuales viviendas podrían ser habitables y cuáles no. Es importante destacar, que también se detectó la falla de viviendas las cuales estaban reforzadas, pero que presentaba un deficiente reforzamiento estructural (**Fotografía 5.2**).
- Las viviendas que presentaron los mayores daños se encuentran en cercanías de los taludes. Las más afectadas fueron las que presentaban deficientes materiales de construcción, que se vieron sometidas a grandes aceleraciones por el fenómeno conocido como efecto topográfico. De hecho, el acelerógrafo ubicado en Quetame por la Red Nacional de Acelerógrafos registro aceleraciones pico máximas de 6.0 m/s^2 en la dirección NS, 4.6 m/s^2 en la dirección EW y 2.9 m/s^2 en la dirección vertical, lo cual demuestra la magnitud del movimiento. Es importante destacar en este caso la componente vertical, cuyo PGA, es cercano a la mitad del PGA de la dirección NS.
- La Dirección de Prevención y Atención de Desastres de Bogotá (DPAE), realizó un inventario de daño de las viviendas, donde definió si las estructuras eran o no habitables. Basados en esta información se realizó un levantamiento en campo donde se sectorizaron las viviendas que más daños presentaron (**Figura 5.1**):
 - Las viviendas más afectadas se encuentran ubicadas en cercanías de taludes muy empinados. Desafortunadamente las viviendas ubicadas en estas zonas son sometidas a aceleraciones muy superiores a las registras en zonas de menos pendiente. Como consecuencia de este fenómeno se presentaron altos incrementos de esfuerzos que originaron la falla del talud destruyendo las viviendas (**Fotografía 5.3**).
 - Las viviendas que más se encuentran afectadas son las construidas en adobe, y cercanas a los taludes, aunque este efecto de grandes amplificaciones en los taludes afectaron de igual manera a las viviendas reforzadas.



Fotografía 5.1. Vivienda en adobe totalmente fallada por el efecto del sismo.



Fotografía 5.2. Falla por cortante de la columna del club Social de Quetame



Fotografía 5.3 Daños en viviendas cercanas a los taludes y construidas en adobe

- Los anteriores resultados implican que no es conveniente construir en cercanías de taludes y que se hace necesario dejar una franja de seguridad entre el talud y la vivienda. En otras palabras, es necesario realizar un estudio de detalle para definir estas franjas, en las que no es recomendable construir. Sin embargo, de acuerdo a los daños evaluados en el casco urbano de Quetame, es recomendable no volver a construir en zonas cercanas a los taludes y que se vieron fuertemente afectadas por el sismo.
- Por solicitud de la Alcaldía de Quetame se realizó una inspección al sector del Alto de La Cruz, ya que según moradores de las partes altas se detectó la presencia de una gran grieta que se había generado por el sismo y el cual podría afectar a la población. Durante la inspección de campo se detectó la presencia de antiguos deslizamientos (coluviones) que no fueron reactivados por el movimiento telúrico, y en general se encontró que el talud se encuentra estable (**Figura 5.4**).



Fotografía 5.4 Aspecto del cerro Alto de La Cruz, donde no se presentan mayores problemas de inestabilidad.

5.1.2 Conclusiones y Recomendaciones

- Se encontró que la mayor parte de las viviendas destruidas están construidas en adobe, el cual corresponde a un material de muy mala calidad, con poca o ninguna resistencia a los esfuerzos de corte generados por el sismo. Adicionalmente, los techos de dichas estructuras son muy pesados, lo cual favoreció el desplome de las viviendas.
- Las viviendas que presentaron los mayores daños se encuentran en cercanías de los taludes. Las más afectadas fueron las que presentaban deficientes materiales de construcción, que se vieron sometidas a grandes aceleraciones por el fenómeno conocido como efecto topográfico. De hecho, el acelerógrafo ubicado en Quetame por la Red Nacional de Acelerógrafos registró aceleraciones pico máximas de 6.0 m/s^2 en la dirección NS, 4.6 m/s^2 en la dirección EW y 2.9 m/s^2 en la dirección vertical, lo cual demuestra la magnitud del movimiento.

- Las viviendas que más se encuentran afectadas son las construidas en adobe, y cercanas a los taludes, aunque este efecto de grandes amplificaciones en los taludes afectaron de igual manera a las viviendas reforzadas.
- Los anteriores resultados implican que no es conveniente construir en cercanías de taludes y que se hace necesario dejar una franja de seguridad entre el talud y la vivienda. En otras palabras, es necesario realizar un estudio de detalle para definir estas franjas, en las que no es recomendable construir. Sin embargo, de acuerdo a los daños evaluados en el caso urbano de Quetame, es recomendable no volver a construir en zonas cercanas a los taludes ya que estas zonas son sometidas a amplificaciones, que si bien no generan grandes daños en estructuras reforzadas, pueden originar la falla del talud.
- Se realizó una inspección al sector del Alto de La Cruz, ya que según moradores de las partes altas se detectó la presencia de una gran grieta que se había generado por el sismo y el cual podría afectar a la población. Durante la inspección de campo se detectó la presencia de antiguos deslizamientos (coluviones) que no fueron reactivados por el movimiento telúrico, y en general se encontró que el talud se encuentra estable.
- Como consecuencia del movimiento telúrico se presentaron nueve deslizamientos en la vía que de Puente Quetame conduce a Quetame. Estos deslizamientos corresponden básicamente a desplomes de material rocoso fracturado, que ocasionaron el cierre parcial de la vía.

5.2 MUNICIPIO FÓMEQUE

El Municipio de Fómeque está localizado sobre un repliegue de la Cordillera Oriental, en la parte sureste del Departamento de Cundinamarca, a 56 kilómetros de Bogotá. Se encuentra comunicado por carretera departamental pavimentada que viene de Bogotá a través de Choachí, y es la única vía que se encuentra en el municipio, presenta un buen estado de conservación y con algunos tramos aceptables.

Fómeque limita por el norte con los municipios de La Calera, Guasca y Choachí; al sur con los municipios de Quetame y el departamento del Meta; al Oriente con los municipios de Gachalá, Junín, La Calera y Guasca y al occidente con los municipios de Ubaque y Choachí.

El casco urbano se encuentra a 1895 m s.n.m., con una temperatura media de 18°C, y una extensión total de 555,65 km² donde el 49% (270 184 km²) pertenecen al Parque Nacional Chingaza; está dividido en 32 veredas, en donde se incluye la población de La Unión (**Figura 5.2**).

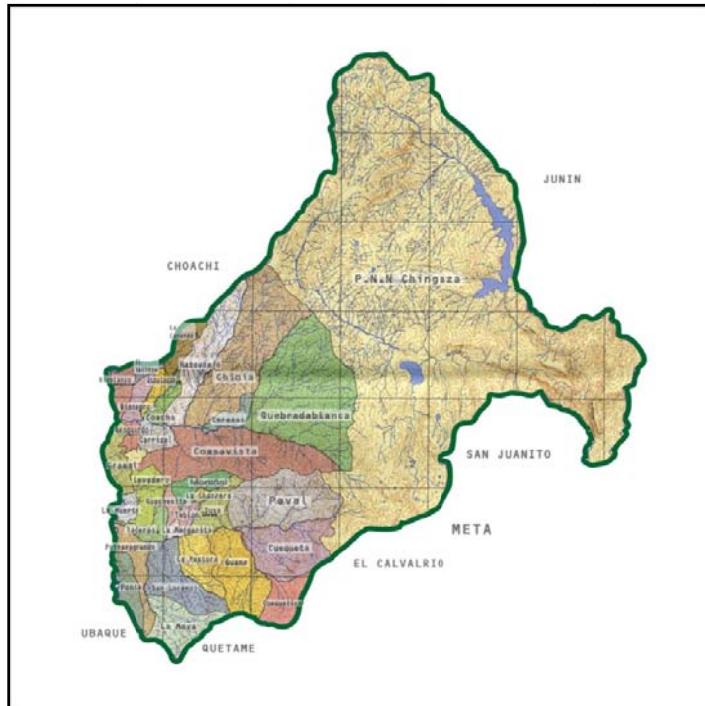


Figura 5.2. División política del Municipio de Fómeque – Cundinamarca.

5.2.1 Aspectos Económicos

Fómeque es uno de los municipios del oriente del Departamento de Cundinamarca que cuenta con gran movimiento y flujo de dinero, se caracteriza por ser mini y microfundista, encontrando un 80% de la población con menos de dos hectáreas, el 15% entre 2 a 5Ha, el 3% de 5 a 10Ha y el restante mayor de diez hectáreas (> 10 Ha). Aproximadamente el 75% de los productores es propietario de su predio y el 25% es arrendatario; se trabaja en compañía por los escasos recursos con los que cuentan para la inversión, y la limitación del recurso agua en época de verano, reduciendo la producción a la mitad del año. La población está dividida en dos grupos: los pequeños productores que se dedican a las labores agropecuarias y los que trabajan en los centros avícolas. Para los primeros, sus actividades agrícolas giran en torno al cultivo de la habichuela y el tomate que son los productos más comunes para sacar al mercado. Complementariamente en el campo pecuario, se atiende la ganadería y porcicultura a pequeña y mediana escala. El sector avícola se constituye en una de las actividades económicas fundamentales, generando la mayor mano de obra de la región con el salario mínimo. Los agricultores recurren en un 90% a los recursos del crédito y el 100% de estos al Banco Agrario o a particulares.

5.2.2. Aspectos Físicos

Las pendientes en el casco urbano de Fómeque son medias altas, identificándose en especial dos zonas de alta pendiente donde, debido a este factor y al mal manejo de aguas lluvias, podría presentarse amenaza por deslizamiento. Para el área urbana existen varias áreas vulnerables a amenazas naturales.

Como áreas de patrimonio ambiental, aparecen los taludes del sector norte localizados a partir de la calle 6^a, los del sector sur donde se asienta en la actualidad el barrio La Uvita, y los taludes del sector occidental, donde se ha presentado un proceso de urbanización muy grande con viviendas de tipo informal. Estas zonas deben ser objeto de un tratamiento especial que permita su conservación con bajos índices de ocupación y un plan de reforestación, para no generar áreas de riesgo sobre dichas pendientes, rigiéndose a las normas ambientales existentes.

El casco urbano de Fómeque se encuentra afectado por filtraciones de aguas provenientes de las partes altas, las cuales brotan en las partes bajas del casco urbano, en las casas de la Calle 6 entre carreras 1 y 2 y en algunas localizadas a lo largo de la Carrera 1^a entre Calles 4^a y 6^a, lugar que alberga “nacimientos” (brotes) de agua. Otro punto donde las aguas percoladas en las partes altas afectan en el municipio es en el barrio La Uvita, donde según sus habitantes, durante el proceso de excavación y aun en la actualidad se presenta abundante agua en el suelo. Esto debido a un mal manejo de las aguas lluvias y de nacimiento que discurren de la parte alta del municipio.

En las zonas rurales una de las amenazas de mayor relevancia se presenta por los deslizamientos que hay a lo largo del Río Blanco, que causan inestabilidad en las laderas localizadas a lo largo de esta corriente y que podrían eventualmente ocasionar el represamiento del río, lo que podría producir avalanchas que afectarían principalmente al centro poblado La Unión.

Según el Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia (AIS, INGEOMINAS, UNIANDES, 1996), el Municipio de Fómeque se localiza en zona de amenaza sísmica alta, correspondiéndole una aceleración máxima horizontal (a nivel de roca) de 0.25g, por lo tanto, el desarrollo urbano y la implantación de infraestructura deberá seguir estrictamente las normas sismo resistentes que rigen a nivel nacional (NSR98). Lo anterior es preocupante al observar la antigüedad, la combinación de materiales deficientes y la tipología de construcción característica en la zona, ya que buena parte corresponden a viviendas hechas en abobe, bloques y mampostería deficientes de elementos estructurales, agravándose aún más en el sector rural. Lo anterior se constituye para el municipio en un alto factor de riesgo ante un eventual movimiento sísmico, bien sea de mayor magnitud o más cercano al sucedido el pasado 24 de mayo, debido a la alta vulnerabilidad de la mayoría de las construcciones.

5.2.3. Afectación por el sismo de Quetame

- **Casco urbano**

No se observaron daños significativos, sin embargo se presentaron afectaciones leves de tipo fisuras y agrietamientos en el Colegio Departamental y Polideportivo San Isidro, así como algunas fisuras y grietas en el sector de la Cúpula, Campanario y fachada de la Iglesia, sin comprometer, preliminarmente, elementos estructurales (**Fotografía 5.5**). Cabe resaltar que los daños reportados obedecen en la mayoría de los casos a las condiciones de vulnerabilidad de las viviendas, las cuales deberán ser juiciosamente evaluadas a futuro (**Fotografía 5.6**).



Fotografía 5.5. Detalle de fisuras observadas en el sector de la Cúpula de la Iglesia.

Según los reportes de la Oficina de Planeación Municipal los daños ocurridos en el casco urbano corresponden a agrietamientos y fisuras en muros, así como a algunas caídas de acabados, tabletas y pañete (**Fotografía 5.7**), los cuales se localizan sobre un corredor central en dirección aproximada NW (**Figura 5.3**). Al respecto se sugiere consultar los reportes de las entidades encargadas de evaluar y consolidar los daños sobre las construcciones e infraestructura del municipio, lo cual escapa de los alcances del presente informe.

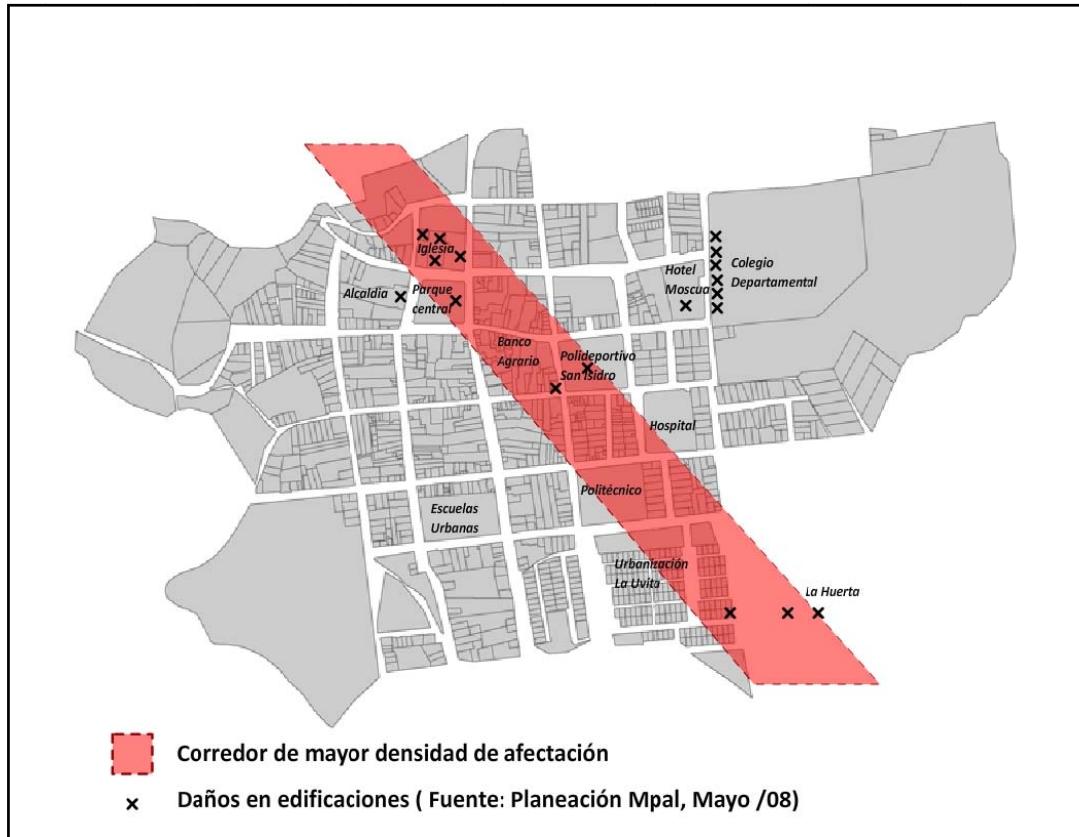


Figura 5.3. Mapa de afectación del Casco urbano de Fómeque

- **Sector Rural**

Los mayores daños en el municipio se observaron en el sector rural, especialmente en las veredas Carrizal, Cuosavista y La Margarita, en donde se presentaron tanto daños severos a las viviendas (**Fotografías 5.8 y 5.9**), como agrietamientos de los terrenos y taponamiento de los carreteables y vías veredales, debido a la ocurrencia de movimientos en masa, los cuales por lo general fueron caídas de roca (desprendimientos), caídas de suelo (desplomes) y flujos de detritos, ayudados además por la alta humedad y escorrentía superficial sobre las laderas, debido a las continuas lluvias en la zona, relacionados en el numeral anterior. Igualmente se observaron daños en las veredas Tablón, San Lorenzo y La Moya. Una síntesis de los efectos típicos observados sobre las viviendas se presenta en la **Tabla 5.1**, junto con su respectivo anexo fotográfico.



Fotografía 5.6. Construcciones típicas vulnerables debido a la antigüedad, materiales y tipología constructiva deficientes.



Fotografía 5.7. Daños presentados en la planta procesadora de alimentos “La Huerta de Oriente”.



Fotografía 5.8. Daños en muros y techos en vivienda localizada en la Vereda Carrizal. Nótese el material de adobe con pañete de cemento superficial totalmente fisurado y susceptible a colapso.



Fotografía 5.9. Destrucción total de vivienda localizada al frente de la Escuela Las Margaritas en la Vereda Carrizal.

Tabla 5.1 Efectos Observados Sobre Viviendas - Sector rural de Fomeque

Municipio / Sitio	Referentes Geográficos	Coord. E (m)	Coord. N (m)	Descripción Litológica	Tipo de Movimiento en Masa	Características	Datos
Fomeque - La Huerta de Oriente Ltda	Calle 2 con Carrera 7	1020620	987536	Escaso suelo residual sobre coluviones	Efectos locales topográficos (?)	Sector de Piedemonte	
					Daños leves en elementos estructurales	Abertura de 1cm (voladizo)	N15E
Fomeque Vereda Carrizal Sr. Gustavo Velasquez				Escaso suelo residual (0,5m) sobre Arcillita fosilifera	Vivienda inservible susceptible de colapsar	Agrietamientos severos y caída de muros	
Vía Fomeque-Quetame	Puente sobre Q. Negra	1023763	988676	Depósitos antiguos torrenciales	Fisuras en los estribos del puente posteriores al sismo (?)		
Sr. Tobías Guevara		1023891	988569	Roca blanda (suelo residual)	Falla en columnas (sección 25cm)	Inclinación	SW
						Giro	SE
					Agrietamientos severos en la fundación (alzada) y muros		
Vereda Las Margaritas Sr. Jorge Quevedo	Al frente de la Escuela	1022354	983711	Arcillita	Colapso total de vivienda	Fracturamiento muy alto	N50W/75SW, N88E/88NW
					Efectos locales topográficos (?)	Laderas moderadas (30 a 45°)	
					Fisuras leves en la Escuela	Ladera en contrapendiente	
						Estratificación	N20W/60NE
Vereda Las Margaritas Sr. José Martínez		1021361	983586	Suelo residual sobre depósitos coluviales y arcillita meteorizada	Efectos locales topográficos (?)	Laderas moderadas inclinadas (30 a 60°)	a
					Agrietamientos severos en muros y fundación		
	Visual E				Gran Flujo de tierras (carcava)	Gran Movimiento susceptible de reactivarse	
Sr. José Edg. Tóres	Márgen Der. Q. Cúcuta	1023290	983514		Fisuras y caída de muros	Estratificación	N35E/60SE

5.3 MUNICIPIO DE EL CALVARIO

El Municipio de El Calvario está ubicado al Noroccidente del departamento del Meta, en las estribaciones de la Cordillera Oriental se localiza a los $4^{\circ}18'25''$ de latitud Norte y $73^{\circ}46'20''$ de longitud Oeste. Limita al Norte con el Municipio de San Juanito, al Occidente con los Municipios de Quetame y Guayabetal, al Sur el Municipio de Villavicencio y al Occidente con Restrepo y Cumaryl. Las altitudes varían entre 400 y 4000 m.s.n.m., con temperaturas medias entre 5° C y 24° C, distando 84 kilómetros de Villavicencio. El municipio está dividido en tres Unidades de Planeación - UPLA's: El Calvario, San Francisco y Monfort y en 22 veredas (**Figura 5.4**).

La principal actividad económica en el Municipio de El Calvario, **Fotografía 5.10**, la constituye la agricultura; los cultivos desarrollados actualmente son el lulo, fríjol bola roja, mora, curuba, tomate de árbol, caña panelera, maíz, sagú, café, plátano, caña, entre otros. También son frecuentes los cultivos menores de arveja, cebolla larga, zanahoria, repollo, arracacha, ahuyama, güatilla, curuba y otros como parte de la alimentación familiar.

Cada vez que se presentan fenómenos naturales, como es el caso del sismo del 24 de Mayo de 2008, la economía de la región se ve afectada debido a la deficiencia en las vías de comunicación, especialmente por la fragilidad y estrecho diseño de sus puentes, resaltándose algunos sitios en donde se tiene que atravesar corrientes fluviales como es el caso de la Quebrada Miranda, entre la vía San Juanito – El Calvario, cuya corriente es de tipo torrencial y que cada vez que se presentan crecientes pone en peligro la vida de los viajeros

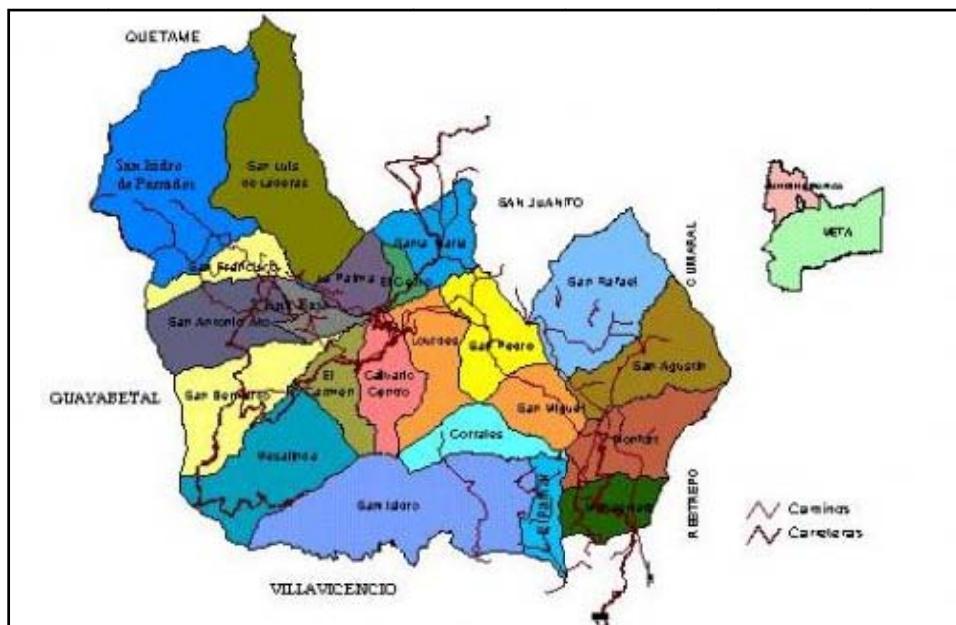


Figura 5.4. Mapa de veredas del Municipio de El Calvario – Meta (Colombia).



Fotografía 5.10. Aspecto de la plaza principal del Municipio de El Calvario – Meta (Colombia).

En El Calvario, la ganadería es en importancia la segunda actividad económica de la población; se adelanta con el objetivo de producir leche y sus derivados; la elaboración de cuajada, se presenta como el producto final principal de este sistema de producción, su producción es más significativa en la UPLA de Monfort. Últimamente la explotación de especies menores, tales como porcinos, aves, conejos, y la implementación de la piscicultura con especies de Trucha arco iris, Mojarrá y carpa, ha tenido auge, generando ingresos adicionales.

La explotación ovina en la actualidad ha disminuido; la porcina, aves de patio, de corral y otras especies menores alcanzan a generar productos para el autoconsumo y algunos excedentes para la comercialización.

La explotación equina juega un papel muy importante en la economía, ya que es la principal fuente de transporte local, destacándose los mulares para la carga y los equinos para la silla. En los días de mercado se han llegado a contabilizar en la cabecera municipal hasta 120 ejemplares de labor, provenientes de diferentes veredas.

UPLA de Monfort

En esta unidad de planeamiento no se reportaron daños, motivo por el cual no se visitaron ni sus vías ni sus veredas. Vale la pena resaltar que el casco urbano de esta UPLA, a pesar de presentar serios problemas de inestabilidad por estar localizado sobre materiales coluviales no se reportaron daños en las viviendas.

UPLA de El Calvario

Su cabecera municipal se encuentra ubicada sobre material coluvial, producto de acumulación de materiales (suelo residual y/o fragmentos de roca), transportados por la acción de la gravedad de zonas puntuales ligeramente más elevadas. A pesar de que este tipo de material, por lo general, contribuye a la inestabilidad de laderas no se encontraron daños de gravedad, **Fotografía 5.11**.

Un resumen general preliminar elaborado por funcionarios de la Gobernación del Departamento del Meta, muestra los daños encontrados en algunas veredas de la UPLA de El Calvario, **Figura 5.5**.

Las veredas menos afectadas fueron Lourdes y el Centro. En el casco urbano se reconocieron fisuras de poca longitud en la torre de la iglesia al igual que en algunas casas aledañas a la parte central del casco urbano. Igualmente se encontraron algunos daños en algunos enchapes del Hospital. En general, la afectación de viviendas está ligada al tipo de construcción y clase de materiales. Las construcciones que más sufrieron fueron aquellas construidas con ladrillos de adobe sin ningún tipo de estructura de amarre y simplemente apoyadas sobre cimentaciones en columnas de piedra superpuestas.



Fotografía 5.11. Casas junto al colegio municipal en el casco urbano de El Calvario en donde se reconocieron fisuras afectando muros.

En la vía que de allí conduce a la UPLA de San Francisco se observaron principalmente movimientos en masa, en general, de poco tamaño, relacionados a los cortes realizados al construir la vía. Estos movimientos en masa son en su mayoría de tipo desprendimiento, también se observaron flujos de detritos y lodos que involucran capas de suelo de poco espesor (0.2 a 0.5 m) con cobertura vegetal de poca densidad. Estos movimientos se describieron en la **Tabla 4.1**.

UPLA de San Francisco

El Casco urbano de la inspección de Policía de esta UPLA, al igual que el de El Calvario, se localiza sobre materiales coluviales que tuvieron un buen comportamiento luego de ser sometidos a la acción de onda del sismo del 24 de Mayo de 2008. En general en el casco urbano se observaron fisuras en algunas viviendas, **Fotografía 5.12**, y desplome de algunos hornos de leña. Las mayores afectaciones ocurrieron en esta Unidad de Planeamiento, pero en el sector veredal, asociado al tipo de construcción similar al observado en EL Calvario. En las vías también se presentaron numerosos deslizamientos, principalmente en la vía San Francisco-Quetame y San Francisco – Monterredondo.

La Gobernación del Meta realizó un censo en la UPLA de San Francisco, del cual se presenta el informe preliminar de daños, **Figura 5.6**.



Fotografía 5.12. Casas junto a la plazoleta principal de la Inspección de Policía de San Francisco en donde se observaron casas con fisuras, grietas y un muro levemente inclinado en casa de ladrillo de adobe.

DEPARTAMENTO DEL META MUNICIPIO EL CALVARIO

Informe preliminar

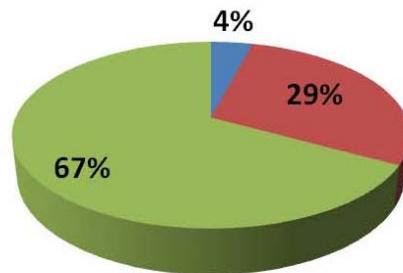
	Vereda San Bernardo	Vereda San Pedro	Vereda Lourdes	Vereda El Carmen	Vereda El Centro	El Calvario Zona Urbana	Total
Colapsadas	--	2*	--	--	--	1*	3*
Por colapsar	6*	4*	1*	4*	2*	6*	23*
Averiadas	4*	3*	6*	9*	3*	29*	54*
Otras	--	--	--	--	--	Hospital: Averiado Leve (Enchapes) Iglesia antigua: Colapsada Iglesia actual: Fisuras en la torre Colegio: En buen estado Alcaldía: Averiados los cimientos	--
Totales	10*	9*	7*	13*	5*	36*	80*

Unidad: *Casas

De los datos hasta ahora analizados, se tiene que:

Estado de las casas

■ Colapsadas ■ Por Colapsar ■ Averiadas



Elaborado por: Arq. Guillermo Aparicio Rodríguez

Figura 5.5: Informe Preliminar de la Gobernación del Meta en el municipio de El Calvario.

DEPARTAMENTO DEL META
MUNICIPIO EL CALVARIO - INSPECCIÓN DE POLICÍA DE SAN FRANCISCO
Informe Preliminar

	Vereda San Luis	Vereda San Antonio Bajo	Vereda San Antonio Alto	Vereda San Isidro	Total
Colapsadas	2	2	0	1	5
Por Colapsar	10	3	0	20	33
Averiadas	0	10	30	1	41
Totales	12	15	30	22	79

Nota: Casas censadas por la Gobernación del Meta. Informe Preliminar

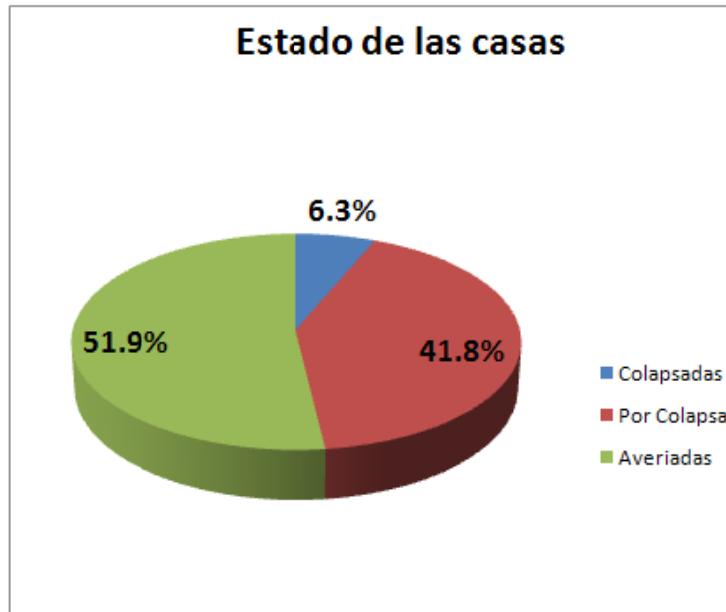


Figura 5.6: Informe Preliminar de la Gobernación del Meta en el municipio de El Calvario – Inspección de Policía de San Francisco.

5.4 MUNICIPIO SAN JUANITO

Durante la visita se comprobó que existe inestabilidad natural en todos los terrenos de las veredas donde se ubican las viviendas visitadas, ya que éstas fueron construidas sobre suelos coluviales blandos, incluso algunas viviendas del casco urbano de San Juanito, correspondiente a una explicación, se ubican sobre estos materiales. En general, la forma en que se construyen las viviendas, con adobe hecho artesanalmente, la falta de pegas entre los adobes y la falta de vigas o columnas de amarre, contribuyeron a generar

agrietamientos en las viviendas. Aunque ninguna colapsó, algunas ameritan ser demolidas por los daños que presentan. Se discutió con la comunidad sobre las posibles causas geológicas del problema y se dieron algunas recomendaciones para mitigar sus efectos.

El casco urbano del municipio de San Juanito se localiza al noroccidente del Departamento del Meta y hace parte de la cuenca alta del río Guatiquía. A la zona se llegó por la carretera de segundo orden que atraviesa el Parque Nacional Natural Chingaza, la cual se encontraba en relativo buen estado. Existen, además otros carreteables de acceso desde Fómeque y El Calvario, este último en pésimas condiciones, ya que presenta serias deficiencias en cuanto a su trazado y conformación. Las alturas varían desde los 1950 a 2000 m s.n.m. Las condiciones climáticas se caracterizan por precipitaciones en promedio de 3.000 mm/año; sin embargo, existen registros de precipitaciones que superan los 9.000 mm/año al este del Río Guatiquía. Localmente se presentan algunos aguaceros que han alcanzado más de 200 mm en 24 horas. La variación del clima, según Wladimir Köeppen ha sido catalogada como la de mayor humedad y la de mayor frecuencia de aguaceros fuertes en el mundo (EOT de San Juanito, 2004).

El área se caracteriza por presentar zonas de bosque primitivo en las partes altas y montañosas, pero hacia las zonas más bajas y de suave pendiente, la vegetación natural ha sido reemplazada por pastos para cría de ganado, arbustos y por cultivos principalmente de maíz, caña de azúcar y tomate de árbol, entre otros.

El patrón de drenaje se caracteriza por ser en general dendrítico a sub dendrítico, poco profundo en la mayoría de las laderas, pero se torna bastante profundo y en forma de V en el río Guatiquía.

Daños observados en construcciones

Para la evaluación de daños en las construcciones se partió del reporte encontrado en la Alcaldía de San Juanito, un listado tanto de la cabecera municipal como de las veredas aledañas. Dado el número de daños reportados, se optó por visitar las mayormente afectadas, contando con el acompañamiento de las autoridades del municipio.

De la inspección realizada se encontró que las viviendas, tanto en la zona urbana como en la rural, se encuentran construidas sobre depósitos coluviales susceptibles a sufrir agrietamientos cuando el terreno empieza a moverse lentamente, especialmente en épocas de lluvia. Adicionalmente, la mayoría de las viviendas fueron construidas en adobe artesanal, a partir de una mezcla de arcilla con cantos de lodolita y arenisca. Como característica general se apreció que las viviendas no tienen columnas ni vigas de amarre lo que hace que los muros se encuentren desconfinados y sean más susceptibles a fallar ante eventos de tipo telúrico.

Estos defectos constructivos sumados a las mejoras que tienen casi todas las viviendas visitadas, en ladrillo H-10, las cuales fueron hechas en diferentes épocas, han generado una serie de asentamientos diferenciales del terreno, reflejados a su vez en fisuras y despegues de las paredes nuevas con las viejas (juntas frías) y en despegues de los ladrillos en forma de zig-zag, a lo largo de los pegues del ladrillo con la mezcla cementante.

Los agrietamientos evidenciados no presentan ningún tipo de orientación preferencial que indique la dirección de propagación de las ondas sísmicas.

5.4.1 Casco urbano

Dentro de la cabecera municipal de San Juanito se evaluaron un total de nueve viviendas, incluyendo el puesto de salud, el edificio de la alcaldía, la estación de policía y la iglesia. La relación de las viviendas visitadas en el casco urbano se presenta en la **Tabla 5.2**.

Esta zona está situada principalmente por depósitos coluviales caracterizados por un perfil típico de suelo orgánico de unos 30 cm de espesor, seguido por un suelo residual de areniscas y limolitas y finalmente la presencia del depósito coluvial clastosoportado, como se aprecia en la **Fotografía 5.13**. Morfológicamente en la **Fotografía 5.14** se muestra la localización del municipio de San Juanito sobre la ladera de baja pendiente cubierta por depósitos coluviales.

De manera general, la mayoría de los daños se presentaron sobre las viviendas construidas en adobe. Debido a la poca cementación que este tipo de material presenta y las bajas especificaciones de la mezcla de pega empleada, muchas de las grietas evidenciadas se desarrollaron a través de los muros siguiendo el alineamiento de las juntas entre ladrillos.

Adicionalmente se observó una clara tendencia al desarrollo de grietas partiendo de las esquinas en puertas y ventanas. Este efecto es dado por dos razones: en primer lugar sobre las esquinas tiende a generarse una concentración de esfuerzos de corte dada la poca rigidez de las construcciones. En segundo lugar, debido a las precarias condiciones de cimentación se generaron asentamientos diferenciales producto del sismo que hacen que la estructura falle por la parte menos rígida.

Tabla 5.2: Construcciones inspeccionadas, cabecera municipal San Juanito

Propietario	Dirección	Descripción
Bernarda Ramos	Carrera 3 No. 4 - 09	Casa en adobe con fisuras en puertas y ventanas. Ausencia de vigas y columnas
Enrique Peña	Carrera 2 No. 8 - 33	Cocina en adobe con flexión del muro en forma de S. Se fracturaron las paredes transversales. Vvienda muy susceptible a colapsar
Ana Mireya Gutiérrez	Calle 7 No. 2 - 07	Pared posterior de la casa con múltiples fisuras. Pared hecha en adobe
José Rogelio Bejarano	Carrera 4 No. 6 - 49	Casa hecha en adobe con fisuras en marcos superiores de puertas y ventanas
Alicia Reina Hernández	Calle 7 No. 3 - 44	Pared limítrofe con casa vecina desprendida. Muro independiente del resto de la estructura
Puesto de Salud	Calle 9 No. 2 - 06	Fisuras ligeras en el piso
Estación de policía		Estructura en concreto reforzado. Desprendimiento ligero del pañete
Alcaldía municipal		Estructura en concreto reforzado. Desprendimiento ligero del pañete
Iglesia municipal		Estructura antigua de dos pisos en adobe. Grietas en marcos de puertas y ventanas



Fotografía 5.13: Perfil de suelo. Depósito coluvial, San Juanito



Fotografía 5.14: Panorámica de la población de San Juanito, ubicada sobre una ladera de baja pendiente cubierta parcialmente por depósitos coluviales. Obsérvese la deformación del terreno y las cicatrices de antiguos movimientos en masa.

En la **Fotografía 5.15** se aprecia la iglesia del municipio, donde se pudo constatar que la estructura presenta algunas fisuras concentradas principalmente alrededor de las ventanas. Esta edificación fue levantada igualmente en adobe. Si bien, no se encontraron evidencias de muros desconfinados que puedan ser susceptibles a colapso, y la estructura principal (columnas y vigas) se encuentra en buen estado, es recomendable considerar la reconstrucción de estos, dado que se desconoce su resistencia ante otro evento de magnitud similar.



Fotografía 5.15: Grietas típicas en marcos de puertas y ventanas, San Juanito

Otro de los daños típicos que se evidenciaron fue la presencia de grietas sobre los dinteles de las puertas. Esto es por ausencia de refuerzo en las edificaciones lo que ocasiona fallas de corte a 45° ante la imposibilidad del concreto (o adobe) de resistir esfuerzos de tracción, como se puede apreciar en la **Fotografía 5.16**. Este tipo de falla como ya se mencionó es debida a una alta concentración de esfuerzos en estos sectores tanto por el efecto de la fuerza sísmica, como por la ocurrencia de asentamientos diferenciales a causa del movimiento del terreno y las pobres condiciones de cimentación de las edificaciones.

Es importante en este punto concientizar a la comunidad sobre el riesgo que este tipo de falla puede implicar. Según lo conversado con los habitantes del sector existe el concepto erróneo acerca que el lugar más seguro para situarse a la hora de un evento sísmico es debajo de los marcos de las puertas. Para este caso, en el cual el sistema estructural no cuenta con el procedimiento ni los materiales adecuados es necesario informar a la comunidad acerca de los peligros de estas zonas.

Para este tipo de daños resulta prudente sugerir la construcción de vigas de amarre con refuerzo sobre la parte superior de los dinteles y la incorporación de los dinteles con los muros para de esta manera rigidizar las estructuras.



Fotografía 5.16: Fallas típicas por cortante en dinteles, San Juanito

Finalmente, otro tipo de falla típica en las construcciones corresponde al sistema constructivo empleado. En general las viviendas inspeccionadas no cuentan con columnas ni vigas de amarre que permitan confinar los muros. A su vez, los muros no presentan ningún tipo de entramado unos con otros, lo que hace que su independencia estructural sea motivo de desprendimiento de los mismos hacia las zonas esquineras como se puede apreciar en la **Fotografía 5.17**.

5.4.2 Zona Rural, Veredas San José, La Candelaria, El Carmen y Rural Centro

Similar a como se hizo con la cabecera municipal, se procedió a hacer una inspección visual de las construcciones más afectadas sobre la región rural en los alrededores del municipio de San Juanito. Para tal fin se visitaron 22 construcciones localizadas dentro de cuatro veredas. En la **Tabla 5.3** se presenta el resumen de las construcciones visitadas. A diferencia del casco urbano, por carecer éstas de dirección, se tomaron datos de localización geográfica de las mismas. El plano de localización de las viviendas visitadas se presenta en la **Figura 5.7**.

Tabla 5.3: Construcciones inspeccionadas, información veredal

Vereda	Propietario	Coordenadas		Descripción
		X (m)	Y (m)	
San José	Iglesia	978655	1041964	30 años de antigüedad. Caída del pañete y paredes deformadas. Ausencia de columnas. Desplazamientos hacia el sur. Paredes no confinadas. Ausencia de vigas de amarre superiores. Posible desplome de la pieza trasera
	Wenseslao Velasquez			Casa en ladrillo de adobe en arcilla de 20 cm de ancho. Techo en tablas de madera y zinc. 40 años de antigüedad
	Betty Machado			Casa en adobe. No hay columnas ni vigas. Despegue de ladrillos de hasta 1 cm
	Adán Guevara			Casa con fisuras de 3cm transversales y verticales en adobe de arcillolitas y limolitas rojas y grises. Tiene vigas pero sin columnas
	Efraín Alférez			Casa en adobe en arcilla y alcoba en ladrillo H-7. Despuegues en juntas de adobe con ladrillo. Ausencia de cimientos
	Bernardo Velasquez			Casa con muro desplomado hacia afuera. Peligro de caída
	Carmen Rosa Rodríguez			Casa en adobe con paredes en ladrillo H-10 sin entrabes ni columnas ni vigas. Hay despegue en adobes
La Candelaria	Matías Aya - Finca El Carmelo - Jovita	979790	1041749	Casa en adobe sobre un depósito de coluvión matriz soportado con cantos alargados de arcillolita y limolitas negras. en baja pendiente con alta humedad. 60 años de antigüedad. Presenta fisuras transversales en parte antigua de la casa. Relativo buen estado
	Finca Buenavista	979754	1041863	Casa en adobe. Paredes despegadas bastante inestable
	Pablo de Jesús Rodríguez - Finca Santa Teresa	979805	1041827	Casa antigua con fisuras en pared del patio trasero. Algunos despegues en adobe
	Crisanto Aya - Finca Siberia	980065	1041820	Casa con despegues en escleras en los pegues de los adobes. Fisura en el terreno de 5cm de abertura y 6m de longitud
	Víctor María Machado Matías	980101	1042122	Casa en adobe con fisuras en marcos de puertas y ventanas
	Centro educativo distrital Divino Niño. Sede La Candelaria			Estructura en concreto reforzado con algunas fisuras menores en la pared central
	Restaurante escolar			Construido en ladrillo, vigas y columnas. Grietas transversales en paredes interiores y en bordes de ventanas. Peligro de desplome de muros y dinteles
El Carmen	Iglesia Veredal			Estructura en adobe con fisuras en pared posterior por despegue de esquinas y en pared posterior detrás del atril, cerca de la puerta
	Luis Guevara	980059	1042167	Casa con fisuras en pared, verticales de 1 cm de ancho en adobe. Otras fisuras verticales menores en esquinas por despegue de muros
	Magdalena Ramos - Finca El Chircal	982089	1044279	Casa en adobe con fisuras en varias paredes
	Evangelina Muñoz - Finca Piedras Blancas	982203	1044167	Fisuras verticales en juntas de paredes
	Centro educativo distrital Divino Niño. Sede El Carmen	982377	1044169	Fisuras en muros de mampostería con separación de juntas en paredes y pisos y grietas en las esquinas de puertas y ventanas. El sistema estructural está en buen estado. En la casa de la profesora se despegaron paredes y pisos por lo cual sería recomendable aislar la habitación dado que el muro ligeramente desconfinado se encuentra al lado de la cama
Rural Centro	Juan Jiménez - Finca Mistela	983185	1044376	Despegues en cocina y paredes en adobe. Cimentada sobre suelo residual. Existen algunas fisuras por desplazamiento del techo
	Paola Rodríguez - Finca Santa Rita	983722	1044929	Casa en adobe con desprendimiento de algunas ventanas exteriores y dinteles. Fisuras de 2cm de ancho. 17 años de construida. No hay vigas ni columnas. Pared externa inestable susceptible a caerse
	Elina Peña - Finca Santa Rosa	984124	1043677	Vivienda localizada en zona de falla en quiebre de pendiente con algunas fisuras en muros y dinteles

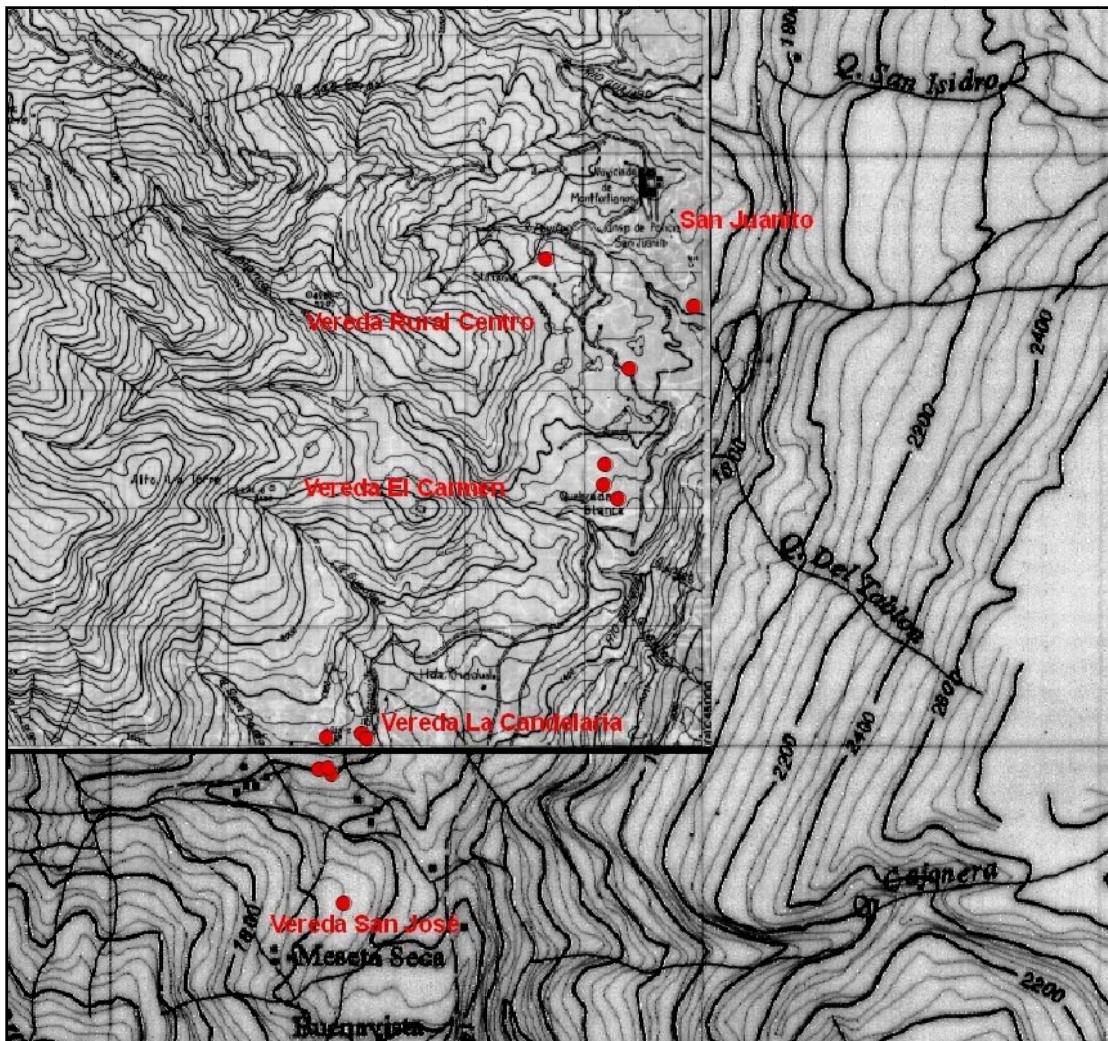
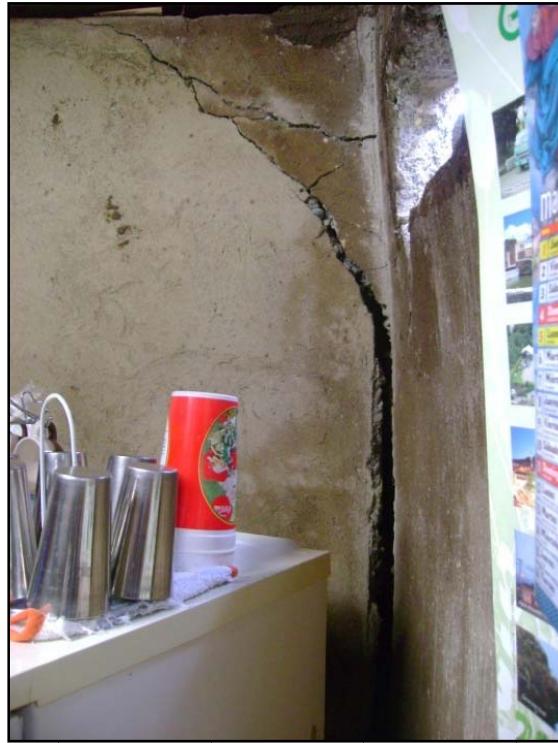


Figura 5.7: Localización de principales construcciones afectadas por daños



Fotografía 5.17: Desprendimiento de muros en zonas esquineras

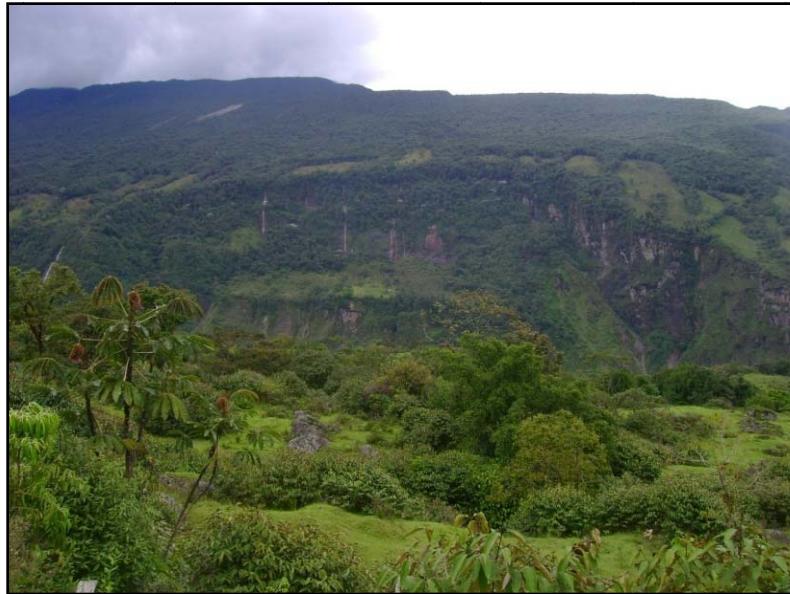
Las zonas veredales visitadas se localizan principalmente sobre terrazas estructurales cubiertas por depósitos coluviales. Sobre estas regiones hay evidencia de la ocurrencia de grandes deslizamientos antiguos, lo cual muestra la susceptibilidad de los materiales a deslizarse **Fotografía 5.18**.

Los problemas identificados en las veredas visitadas corresponden de manera general a los identificados dentro del casco urbano. Se aprecian procedimientos constructivos bastante precarios que van desde pésimas condiciones de cimentación lo que da lugar a la generación de asentamientos diferenciales **Fotografía 5.19**, hasta la construcción de muros empleando mezcla cementante de bajas especificaciones que da lugar a la falla de éstos a través de las juntas de pega como se aprecia en la **Fotografía 5.20**.

La cimentación en las zonas veredales se caracteriza principalmente por la nivelación del terreno mediante el arrume de piedras o rocas que son dispuestas intentando lograr un entrabamiento adecuado, pero que resultan en el desarrollo de asentamientos diferenciales acentuados por la presencia de la fuerza sísmica

En cuanto al material de pega, muchas veces la cantidad empleada resulta apenas suficiente para mantener unidos los ladrillos, pero que en el momento de una pequeña tendencia a la flexión en los muros como ocurre durante un sismo, la adherencia se pierde por completo.

Dentro de las construcciones afectadas a nivel veredal se encuentran principalmente dos que vale la pena considerar dado el carácter de importancia que éstas representan para la comunidad.



Fotografía 5.18: Deslizamiento rotacional de roca, tipo Hundimiento (slump), de grandes proporciones en la cuenca del río Guatiquía. Sobre el escarpe principal se han desarrollado cascadas de más de 50 metros de altura.



Fotografía 5.19: Deficiencias en cimentación de viviendas, vereda San José

En primer lugar la iglesia de la Vereda San José, la cual se encuentra bastante deteriorada a causa del sismo. Además de presentar los daños típicos mencionados, en la parte posterior se encuentra una habitación donde se hospeda el cura ocasionalmente. Esta construcción tiene aproximadamente 30 años. Como se aprecia en la **Fotografía 5.21**, la habitación se encuentra bastante deteriorada y susceptible a colapsar dado el nulo sistema estructural. Nótese la ausencia de vigas de amarre sobre la parte alta y baja de los muros. Es recomendable aislar o demoler este sector de la construcción.

En segundo lugar, en la vereda La Candelaria, frente al colegio de la vereda se encuentra el comedor de los niños. La edificación está hecha en ladrillo y cuenta con sus respectivas vigas y columnas. Esta estructura si bien no presenta daños estructurales que puedan indicar su posible colapso, al interior, los muros divisorios se encuentran bastante averiados a causa de la ocurrencia de asentamientos diferenciales como se puede observar en la

Fotografía 5.22. Sería recomendable demoler y reconstruir los muros al interior de esta estructura dada la presencia constante de niños al interior de la construcción.



Fotografía 5.20: Deficiencias en materiales empleados, vereda El Carmen



Fotografía 5.21: Daños en Iglesia, vereda San José



Fotografía 5.22: Daños en comedor escolar, vereda La Candelaria

5.4.3 Conclusiones y Recomendaciones

La comunidad debe concientizarse que el área que habitan es de alta inestabilidad y que deben construir sus viviendas adecuadamente. No existen técnicas para frenar los movimientos del terreno en áreas tan extensas como las visitadas. Solamente en algunas situaciones puntuales (protección de casas, recuperar daños en los cortes de las carreteras), existe la posibilidad de construir obras que actúen contra la inestabilidad.

- Es importante que el municipio de San Juanito, dentro del Plan de Ordenamiento Territorial, cuente con un estudio geológico y geotécnico detallado que muestre como pueden comportarse los diferentes materiales del subsuelo, y que sirva además para determinar los diferentes usos, junto con las restricciones que de allí se deriven.
- La amenaza por colapso de las viviendas agrietadas, en el momento no es inminente, debido a que la mayoría de los agrietamientos se encuentran cerrados o la abertura de estos no supera los 4 cm. Estas viviendas pueden recuperarse siempre y cuando se refuercen sus cimientos para de esta manera evitar posterior aparición de fisuras debido a asentamientos diferenciales del terreno y se mejoren las técnicas constructivas, en aquéllas que no cuentan con columnas ni vigas de amarre. Se exceptúa de esta recomendación la casa ubicada en la Carrera 2 No. 8-33 del señor Enrique Peña en la cabecera municipal de San Juanito, cuyas paredes de la zona de la cocina presentan flexuras en forma de S y agrietamientos horizontales, que hacen inminente caída. Se recomienda la demolición de esta área, debido al alto grado de riesgo que representa para las personas que habitan dicha vivienda. Igualmente ocurre para los muros interiores del comedor estudiantil en la vereda La Candelaria y la habitación del cura en la iglesia de la vereda San José.
- Se pueden instalar refuerzos en la mayoría de las paredes agrietadas mediante el uso de ganchos de acero en forma de U, a lado y lado de las grietas, para entrabar las paredes y evitar que se sigan separando. De esta manera se da mayor rigidez a la estructura y se hace que esta trabaje monolíticamente en el momento de la acción de una fuerza sísmica y no como unidades estructurales independientes.
- De acuerdo con las encuestas realizadas, se pudo constatar que las vibraciones del terreno se sintieron en forma intensa con duración de aproximadamente 1 minuto, causando pánico en la población. Los objetos ubicados sobre estanterías y mesas, cayeron al piso, incluso aparatos pesados como impresoras o licuadoras. Tal vez existen efectos de amplificación de las ondas sísmicas por efecto de la composición de los materiales.
- Es importante que en todos los sectores visitados se realicen programas de reforestación, donde se siembren árboles de raíces que sostengan el suelo y eviten

los desplazamientos del terreno. Este programa puede realizarse con el apoyo de las corporaciones regionales que tienen influencia en el área.

- Vale la pena mencionar que en general no es tan malo el material empleado como el proceso constructivo en sí. En algunas viviendas muy antiguas se pudo constatar el empleo de ladrillo de adobe pero con doble muro, lo cual mostraba un mejor comportamiento sísmico.
- Para las estructuras en las cuales se presenta falla en los dinteles es necesario reconsiderar la demolición de los mismos y la reconstrucción empleando vigas de amarre que permitan unir los dinteles con los muros.

5.5 PUENTE QUETAME

En el sector urbano se observaron daños severos en elementos no estructurales de las viviendas, principalmente agrietamientos, caída de muros, colapso de techos y caída de fachadas (**Fotografías 5.23 y 5.24**).



Fotografía 5.23. Daños severos en muros de vivienda localizada en Pte. Quetame. Obsérvese la geometría triangular de la edificación, lo cual la hace aún más vulnerable.



Fotografía 5.24. Caída de fachadas y fisuras en locales afectados en Puente Quetame.

Es evidente que los deficientes sistemas constructivos mayoraron aún más los efectos generados por el sismo, observándose sobrealturas y materiales pesados tipo mampostería sin ningún amarre de tipo estructural (**Fotografía 5.25**). Además se presentaron graves daños en elementos estructurales tipo columnas, llevando a varias edificaciones a ser inmediatamente evacuadas y altamente susceptibles a colapsar, aún siendo éstas construcciones más modernas (**Fotografía 5.26**).



Fotografía 5.25. Colapso parcial de edificaciones en Pte. Quetame. Obsérvese las deficiencias de los sistemas constructivos.



Fotografía 5.26. Daños severos en elementos estructurales. Obsérvese la falla en las columnetas del último piso.

También se presentaron agrietamientos en el terreno y taponamiento de la vía en la salida hacia Quetame sobre la margen izquierda del Río Negro, inmediatamente después del puente, debido a la ocurrencia de un movimiento tipo caída de rocas en forma planar y cuñas, sobre un afloramiento de areniscas muy fracturado, sin embargo las viviendas aledañas no presentaron daños significativos (**Fotografía 5.27**).



Fotografía 5.27. Caída de rocas a la salida de Pte. Quetame hacia Quetame.

Cabe resaltar que sobre la margen derecha del Río Negro se observan localizadas viviendas y edificios hasta de cinco pisos, que se catalogan como de alto riesgo no solamente por su alta vulnerabilidad estructural y ubicación en sectores de ladera susceptibles a presentar efectos topográficos, sino por encontrarse sobre terrenos de deficiente comportamiento geomecánico potenciales a ser inundados y socavados por el río. Las anteriores condiciones deberán ser juiciosamente evaluadas a corto plazo (**Fotografía 5.28**).



Fotografía 5.28. Zona de alto riesgo localizada sobre la margen derecha del Río Negro. Vista hacia aguas arriba.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El deficiente estilo constructivo de las viviendas influyó de una manera importante en los efectos del sismo. Construcciones en adobe, sin estructuras aporticadas, generalmente con techos pesados y en muchas ocasiones con cimentaciones deficientes, así como la mezcla de materiales, favorecieron el desplome de las viviendas. Estas construcciones presentan poca o ninguna resistencia a los esfuerzos de corte generados por el sismo.
- El llamado ‘efecto topográfico’ también influyó en forma importante en la amplificación de las ondas sísmicas. Este fenómeno fue especialmente evidente para zonas cercanas al epicentro del sismo, como fue el caso de la cabecera municipal de Quetame. Esto implica que las viviendas en cercanías de taludes, durante un sismo, pueden sufrir debido a las grandes amplificaciones a las que se ve sometido el terreno, las cuales son transmitidas a las estructuras, adicionalmente se puede originar la falla del talud y de esa forma desestabilizar las edificaciones.
- La ocurrencia de movimientos en masa, fue un efecto cosísmico que también afectó considerablemente la zona. El sismo agravó aún más, la situación presentada por la ola invernal reinante en la región desde hacía varias semanas.
- Hay zonas donde además de una alta vulnerabilidad estructural de las edificaciones y de estar ubicación en sectores de ladera susceptibles a presentar efectos topográficos, las edificaciones están ubicadas sobre terrenos de deficiente comportamiento geomecánico, potenciales a ser inundados y socavados por el río, situaciones que deberán ser evaluadas en detalle a corto plazo.
- Las construcciones deben realizarse con muros confinados y cumpliendo las normas de construcción sismoresistente NSR-98.
- El desencadenamiento de movimientos en masa por la ocurrencia de un evento sísmico, debe ser un aspecto significativo a considerar en los análisis geotécnicos de estabilidad y respuesta sísmica que se realicen para fines de reconstrucción y reforzamiento que se emprendan en la zona epicentral.
- Según el Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia (AIS, INGEOMINAS, UNIANDES, 1996), el área afectada localiza en zona de amenaza sísmica alta, correspondiéndole una aceleración máxima horizontal (a nivel de roca) de 0.25g a 0.30g por lo tanto, el desarrollo urbano y la implantación de infraestructura deberá seguir estrictamente las normas sismo resistentes que rigen a nivel nacional (NSR98).

- Finalmente, un estudio de detalle para analizar zonas aptas para futuros desarrollos urbanísticos implica adelantar las siguientes actividades:
 - Levantamiento topográfico de la zona de estudio escala 1:2000.
 - Geología estructural del entorno.
 - Geología y Geomorfología de detalle, escala 1:2000
 - Análisis del régimen hidrológico e hidrogeológico de la zona.
 - Exploración del subsuelo mediante perforaciones mecánicas.
 - Ensayos de laboratorio para la caracterización del terreno.
 - Zonificación geotécnica donde se definan zonas aptas para el desarrollo urbanístico de la zona.
 - Recomendaciones constructivas.

7 BIBLIOGRAFIA

AIS, INGEOMINAS, UNIANDES, 1996. Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia. 252 p.

Cortés R. & De la Espriella, R. 1990 Apuntes sobre la Tectónica de valle del Río Negro al oriente de Cundinamarca. Geología Colombiana No. 17, pp. 133-142, Bogotá.

De la Espriella, R. & Cortés R., 1985 Observaciones sobre el Cuaternario en el valle del río Negro-Guayuriba y Piedemonte llanero al oriente de Bogotá. Geología Colombiana No. 14, pp. 39-47, Bogotá.

Rossello, E.A.; Nevistic, V.A.; Araque, L.; Bettinni, F.; Bordarampé, C.; Castro, E.; Colo, C. *et al.*, 2006 La sintaxis tectónica neógena de las Cordilleras Oriental y Santander: Aportes de modelos analógicos y controles regionales sobre los sistemas petroleros. Tercera Conferencia técnica de la ACGGP.

Mora, A. & Kammer, A, 1999. Comparación de los Estilos Estructurales en la Sección entre Bogotá y los Farallones de Medina, Cordillera Oriental de Colombia. Geología Colombiana No. 24, pp. 55-82, Bogotá.

Mora, A.; Parra, M.; Strecker, M.R.; Kammer, A. Dimaté, C. & Rodríguez F. 2006 Cenozoic contractional reactivation of Mesozoic extensional structures in the Eastern Cordillera of Colombia. Tectonics, Vol. 25, TC2010, 19 p.

Rossello, E.A.; Nevistic, V.A.; Araque, L.; Bettinni, F.; Bordarampé, C.; Castro, E.; Colo, C. *et al.*, 2006 La sintaxis tectónica neógena de las Cordilleras Oriental y Santander: Aportes de modelos analógicos y controles regionales sobre los sistemas petroleros. Tercera Conferencia técnica de la ACGGP.

Sarmiento, L.F., 2001 Mesozoic rifting and Cenozoic basin inversion history of the Eastern Cordillera Colombian Andes. Inferences from tectonic models. Vrije Universiteit Ámsterdam. PhD Thesis, 297 p.

Ujueta, G.; Macia, C. & Romero, F., 1990 Cuerpo Riodacítico del Terciario Superior en la región de Quetame, Cundinamarca. Geología Colombiana No. 17, pp. 143-150, Bogotá.

ANEXOS 3.1

Anexo 3.1. Parámetros de los sismos precursores al sismo de Quetame registradas por la Red Sismológica Nacional de Colombia – INGEOMINAS, el 24 de Mayo de 2008. La hora está dada en hora UT, para obtener la hora local es necesario restar 5 horas.

No.	Fecha	Hora (UT)	Latitud (°)	Longitud (°)	Profundidad (km)	Magnitud Local	No. De Fases	RMS
1	24/05/2008	17:0:58.1	4.453	-73.830	0	2.8	7	0.8
2	24/05/2008	17:8:15	4.435	-73.828	4	4.1	9	0.6
3	24/05/2008	17:12:9.7	4.174	-73.405	0	2.5	5	0.9

Anexo 3.2. Parámetros de las réplicas del sismo de Quetame registradas por la Red Sismológica Nacional de Colombia – INGEOMINAS, hasta el 26 de Mayo de 2008. La hora está dada en hora UT, para obtener la hora local es necesario restar 5 horas.

No.	Fecha	Hora (UT)	Latitud (°)	Longitud (°)	Profundidad (km)	Magnitud Local	No. De Fases	RMS
1	24/05/2008	19:23:4.1	4.422	-73.83	6.3	4.5	8	0.7
2	24/05/2008	19:27:1.9	4.391	-73.813	4	3.4	6	0.7
3	24/05/2008	19:28:34.6	4.409	-73.806	4.1	2.6	5	0.8
4	24/05/2008	19:34:5.1	4.395	-73.82	4	3.6	6	0.7
5	24/05/2008	19:37:54.1	4.445	-73.737	14	2.8	4	0.7
6	24/05/2008	19:42:41.8	4.469	-73.767	0	1.5	4	0.5
7	24/05/2008	19:49:25.2	4.431	-73.797	4	2.3	6	0.6
8	24/05/2008	19:52:23.5	4.454	-73.766	11.9	2	6	0.7
9	24/05/2008	20:1:8.5	4.315	-73.771	8.4	2.6	5	1
10	24/05/2008	20:8:2.3	4.417	-73.764	14	4.4	9	0.7
11	24/05/2008	20:18:40.6	4.431	-73.701	22.1	2.3	4	0.5
12	24/05/2008	20:21:31.3	4.378	-73.728	9.7	4	9	0.6
13	24/05/2008	20:21:32	4.437	-73.768	16	4.2	8	0.7
14	24/05/2008	20:32:46.2	4.339	-73.641	3.9	3.1	5	0.5

15	24/05/2008	20:36:6.9	4.356	-73.779	3.9	4.1	8	0.7
16	24/05/2008	21:4:8.2	4.409	-73.762	2.9	3.4	8	0.6
17	24/05/2008	21:8:23.7	4.378	-73.689	4	2.8	5	0.6
18	24/05/2008	21:21:16.5	4.718	-73.613	19.4	1.9	5	0.6
19	24/05/2008	21:25:20.5	4.526	-73.795	17.7	2.5	5	0.5
20	24/05/2008	21:30:3.1	4.512	-73.657	22.8	2.5	4	0.6
21	24/05/2008	21:30:44.8	4.525	-73.702	21.8	2.9	4	0.5
22	24/05/2008	21:55:19.6	4.461	-73.799	4	2.8	9	0.6
23	24/05/2008	21:55:19	4.452	-73.766	0	2.9	9	0.6
24	24/05/2008	22:26:16.3	4.451	-73.711	0	2	6	0.5
25	24/05/2008	22:34:7.7	4.461	-73.78	11.8	2.8	9	0.6
26	24/05/2008	22:37:36.3	4.374	-73.741	6	2.3	6	0.5
27	24/05/2008	23:8:3.6	4.434	-73.799	4	3.4	9	0.7
28	24/05/2008	23:53:19.5	4.482	-73.812	0	1.9	5	0.6
29	24/05/2008	23:58:5.6	4.58	-73.726	17.6	2.4	6	0.5
30	25/05/2008	0:32:40.1	4.451	-73.81	4.1	2.3	4	0.5
31	25/05/2008	0:35:16.8	4.483	-73.825	0	2.9	7	0.7
32	25/05/2008	1:1:18.4	4.372	-73.801	8	2.2	6	0.7
33	25/05/2008	1:36:2.6	4.431	-73.749	0	2.4	5	0.7
34	25/05/2008	1:49:41.9	4.468	-73.742	0	1.9	4	0.7
35	25/05/2008	2:23:47.7	4.391	-73.705	0	2.5	7	0.5
36	25/05/2008	2:37:1.8	4.388	-73.785	7.4	2.4	6	0.7
37	25/05/2008	3:25:24.7	4.49	-73.817	0	1.8	4	0.7
38	25/05/2008	4:43:19.4	4.465	-73.768	8	2.7	8	0.6
39	25/05/2008	5:3:30.4	4.372	-73.7	6	1.9	5	0.7
40	25/05/2008	6:30:50	4.453	-73.73	9.9	1.7	5	0.5
41	25/05/2008	6:45:51	4.439	-73.76	10.8	2.2	5	0.7
42	25/05/2008	9:39:53.2	4.393	-73.809	4	4.3	11	0.7
43	25/05/2008	10:45:56.5	4.435	-73.769	8	1.7	7	0.7
44	25/05/2008	11:35:22.8	4.451	-73.8	11.8	2.8	10	0.7
45	25/05/2008	11:36:5	4.336	-73.819	1.6	2.6	7	0.6
46	25/05/2008	12:33:49.7	4.403	-73.75	10	1.8	4	0.6
47	25/05/2008	12:44:6.5	4.478	-73.772	21.4	1.8	4	0.5
48	25/05/2008	13:47:41	4.501	-73.699	19.4	1.6	4	0.3
49	25/05/2008	14:41:27.8	4.449	-73.758	17.4	2.8	7	0.7
50	25/05/2008	17:1:49.7	4.423	-73.809	11.4	2.9	6	0.8
51	25/05/2008	17:28:5	4.475	-73.729	15.9	2.6	8	0.7
52	25/05/2008	20:58:17.3	4.352	-73.72	15	2.4	6	0.7
53	25/05/2008	21:22:47	4.387	-73.672	4	2.6	8	0.6

54	26/05/2008	1:16:28.6	4.461	-73.775	3.4	2.3	8	0.7
55	26/05/2008	1:35:27.2	4.46	-73.779	6.3	2.2	8	0.6
56	26/05/2008	5:53:32.7	4.475	-73.742	12.5	2.6	8	0.6
57	26/05/2008	6:9:1.2	4.437	-73.787	5.3	1.7	4	0.4
58	26/05/2008	6:17:35.1	4.43	-73.804	11.7	2.7	8	0.7
59	26/05/2008	7:36:7.8	4.435	-73.765	16	2.2	6	0.4
60	26/05/2008	7:46:7.5	4.41	-73.704	7.8	2.1	5	0.5
61	26/05/2008	9:17:42.3	4.432	-73.769	4	2.1	8	0.7
62	26/05/2008	9:54:37	4.522	-73.859	0	1.5	5	0.6
63	26/05/2008	17:20:10.9	4.788	-73.574	24.5	1.7	4	0.5
64	26/05/2008	19:27:36.7	4.405	-73.862	4	3.5	7	0.7
65	26/05/2008	22:55:20.5	4.364	-73.748	12	1.8	6	0.6
66	26-may-08	19:27:36.6	4.41	-73.85	Sup	3,5	7	0.6
67	26-may-08	22:55:20.6	4.36	-73.75	12	1,8	6	0.6
68	27-may-08	4:14:42.5	4.38	-73.80	8	1,5	5	0.9
69	27-may-08	5:23:24.6	4.36	-73.71	Sup	1,6	4	0.7
70	27-may-08	5:56:04.8	4.43	-73.77	10	1,5	4	0.7
71	27-may-08	7:17:20.8	4.47	-73.79	10	1,6	5	0.9
72	27-may-08	9:46:26.1	4.47	-73.81	8	2,6	8	0.5
73	27-may-08	12:55:14.6	4.48	-73.75	21	1,9	4	0.4
74	27-may-08	20:36:45.5	4.45	-73.79	Sup	2,8	8	0.6
75	27-may-08	20:52:01.6	4.49	-73.79	12	2,1	7	0.7
76	28-may-08	1:40:29.6	4.40	-73.72	16	2,7	6	0.5
77	28-may-08	2:39:02.4	4.53	-73.68	24	2,5	6	0.3
78	28-may-08	2:45:31.9	4.49	-73.82	Sup	1,7	5	0.7
79	28-may-08	3:12:06.9	4.38	-73.83	Sup	4,0	7	0.7
80	28-may-08	3:51:48.2	4.37	-73.71	6	1,5	4	0.8
81	28-may-08	7:34:25.6	4.44	-73.85	Sup	1,7	6	0.7
82	28-may-08	8:40:04.9	4.45	-73.78	Sup	2,8	8	0.6
83	28-may-08	12:29:48.7	4.34	-73.96	Sup	2,1	5	0.6
84	28-may-08	12:31:39.0	4.43	-73.75	19	1,6	4	0.5
85	28-may-08	14:52:17.3	4.41	-73.75	18	2,1	6	0.5
86	28-may-08	22:58:49.2	4.54	-73.69	22	1,9	6	0.6
87	28-may-08	23:02:42.9	4.39	-73.78	10	2,1	7	0.7
88	29-may-08	5:28:14.9	4.40	-73.73	Sup	2,2	5	0.3
89	30-may-08	4:01:30.0	4.42	-73.84	Sup	1,7	4	0.3
90	30-may-08	19:42:04.0	4.44	-73.77	Sup	2,3	7	0.7
91	31-may-08	4:23:33.0	4.43	-73.71	Sup	1,9	4	0.6
92	31-may-08	5:51:18.2	4.43	-73.76	Sup	2,9	8	0.8

93	01-jun-08	0:38:00.9	4.45	-73.77	Sup	2,5	9	0.8
94	01-jun-08	0:49:27.2	4.46	-73.86	Sup	2,2	7	0.9
95	01-jun-08	11:31:52.9	4.57	-73.84	Sup	1,8	4	0.9
96	02-jun-08	23:50:25.4	4.45	-73.76	Sup	3,9	11	0.8
97	03-jun-08	2:48:35.1	4.45	-73.76	12	3,4	6	0.7
98	03-jun-08	21:26:12.1	4.31	-73.74	Sup	2,2	5	0.8
99	04-jun-08	5:28:36.8	4.41	-73.83	Sup	2,6	7	0.8
100	04-jun-08	21:50:30.6	4.47	-73.67	20	1,8	4	0.3
101	07-jun-08	3:50:08.8	4.39	-73.82	Sup	3,7	9	0.5
102	07-jun-08	3:53:49.2	4.53	-73.72	22	1,9	4	0.6
103	07-jun-08	4:04:18.5	4.47	-73.87	Sup	1,9	6	0.6
104	07-jun-08	4:15:59.9	4.49	-73.87	Sup	1,6	4	0.8
105	07-jun-08	11:16:28.0	4.52	-73.87	Sup	1,5	3	0.8
106	07-jun-08	13:34:13.1	4.36	-73.82	Sup	3,7	6	0.9
107	07-jun-08	16:01:36.5	4.46	-73.87	Sup	1,8	4	0.8
108	07-jun-08	20:30:31.5	4.43	-73.83	Sup	2,6	8	0.7
109	08-jun-08	8:48:39.2	4.35	-73.89	Sup	2,9	7	1.0