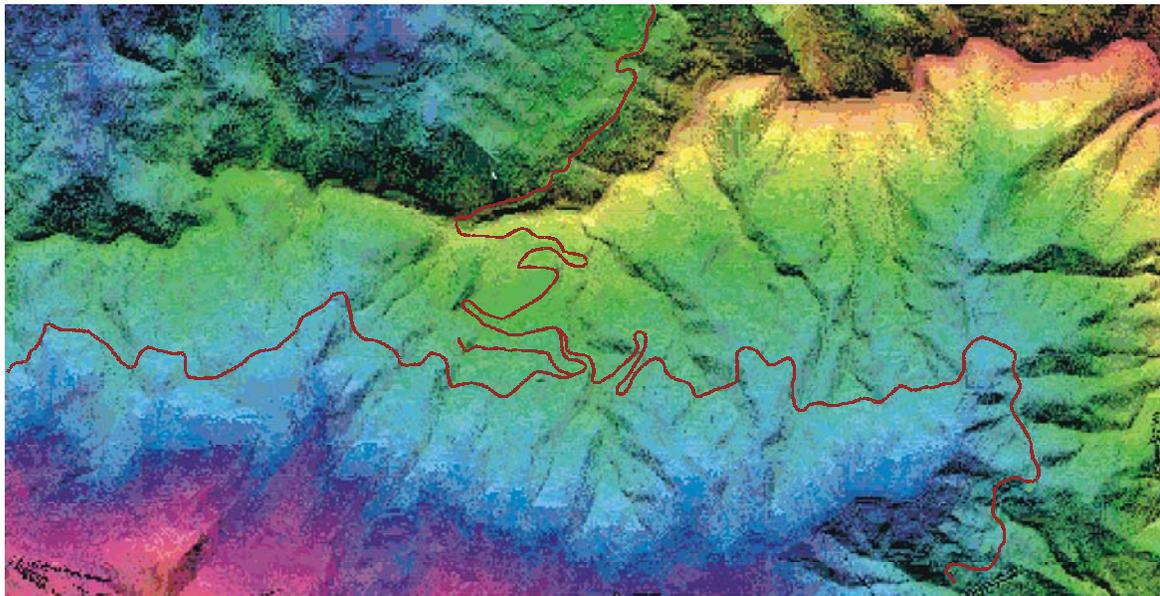




Estabilidad de laderas en la Cordillera Occidental, Cali. Estudio piloto, caso La Leonera.

Informe final



La Leonera y alrededores



**Observatorio Sismológico del SurOccidente - OSSO
Con el apoyo de Corporación OSSO.
Cali, junio 27 de 1998.**

Resumen ejecutivo.

En el marco de relaciones de cooperación entre el Municipio de Cali y el OSSO, éste realizó un diagnóstico de los deslizamientos y agrietamientos en el Corregimiento de La Leonera, cuyos resultados finales serán presentados el próximo jueves 2 de julio ante junta técnica del Municipio y ante los pobladores del Corregimiento.

El Estudio.

Con base en la adquisición e interpretación de información cartográfica, fotografías aéreas de 1961 y unas 500 horas de trabajo -con la participación y cooperación recorridos de campo recorridos de campo de estudiantes de la Universidad del Valle y de los líderes comunitarios de La Leonera- incluyendo el uso de información del Mapa Digital de Cali y el procesamiento de la información con sistemas de información geográfica, el OSSO preparó un modelo de interpretación de los fenómenos de inestabilidad en este corregimiento de Cali.

El diagnóstico de la situación puede resumirse en los siguientes puntos:

Salvo tres excepciones, todas las edificaciones agrietadas (en total 33, incluyendo 28 viviendas), se localizan sobre terrenos planos o de poca pendiente.

Estos terrenos, son el resultado de la evolución natural de la Cordillera, que en lapsos de tiempo muy largos, de miles de años, ha generado deslizamientos y sus consecuentes depósitos que se encuentran como planadas o terrazas en las laderas.

A raíz de los fuertes y persistentes aguaceros de abril y mayo, los depósitos sobre los cuales se localiza La Leonera se saturaron de agua. Adicionalmente, una de las quebradas que baja de la Cordillera, lo mismo que la Quebrada El Bosque, infiltraron parte de sus aguas a través de planos de contacto preexistentes, entre antiguos depósitos superpuestos.

La sobresaturación de los terrenos produjo que las capas superficiales de los depósitos, así como las coronas de antiguos deslizamientos, fueran empujados lentamente ladera abajo, resbalando sobre las antiguas superficies enterradas.

Las conclusiones y recomendaciones.

El estudio del OSSO concluyó que no hay evidencia suficiente para explicar los fenómenos como causados por la densidad de uso de los terrenos para vivienda. Identifica como problemas inmediatos a resolver el tratamiento de los cauces de las dos quebradas en un trayecto de 350 metros desde la Cancha de Fútbol hacia aguas arriba y señala la necesidad de dotar de obras de conducción y disposición

de aguas, las vías; la construcción de drenajes y la dotación de un sistema de alcantarillado para el Corregimiento.

Adicionalmente, recomienda que en el Plan de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial del Corregimiento se empiecen a incorporar estrategias para una más adecuada relación entre las actividades humanas y el medio natural, considerando las oportunidades y amenazas que este ofrece. Ello implica estrategias de cambios en los usos del suelo y en las tecnologías constructivas.

La porción más crítica de La Leonera corresponde al sector comprendido entre la huerta del Hogar Juvenil Campesino y las viviendas de los Señores Neftalí Muñoz, Roberto Jiménez, Elsy Santofimio, Jesús Moncayo, Orlando Bermúdez y Justiniano Zúñiga. Allí se encuentran los terrenos más pendientes (principalmente entre la huerta y la carretera) con un talud de 20 metros de altura agrietado en la parte superior. Para este caso se recomienda el cambio de uso del terreno de la huerta, para impedir la infiltración de aguas de riego, y un monitoreo cotidiano por parte de los vecinos para anticipar variaciones drásticas en los agrietamientos del terreno, que pudieran preceder a un deslizamiento de varios miles de metros cúbicos de tierra. En esta zona es prioritario también recoger todas las aguas lluvias canalizándolas, por fuera de la zona de inestabilidad, hacia una de las quebradas vecinas.

Como caso aislado, también en una zona de altas pendientes, está el de las viviendas de la Señora Mariela Muñoz y de Jaime Rojas. Cualquier variación observada en los agrietamientos deberá ser tomada como seña para la evacuación de las viviendas.

Aún cuando la tendencia de los movimientos en la parte baja de La Leonera es a la estabilización, se recomienda que las medidas de mitigación más inmediatas (tratamiento de cauces de quebradas, canales y cunetas a lo largo de las vías, etc.) se inicien cuanto antes, para mitigar los efectos en el próximo periodo lluvioso. Por supuesto, las medidas de evacuación que se han tomado en los casos de mayores averías deben mantenerse.

No es recomendable hacer reparaciones inmediatas en viviendas agrietadas, hasta tanto, las medidas de mitigación mediante tratamiento de aguas se hayan adoptado y se disponga de un tiempo razonable que permita establecer si los acomodamientos del terreno han cesado. Transcurrido este tiempo de observación, que puede ser el de dos periodos lluviosos más, se recomienda que las reparaciones o reconstrucciones se hagan con técnicas y métodos diferentes a los de estructuras rígidas.

CONTENIDO

1. ANTECEDENTES.	5
2. METODOLOGÍA PROPUESTA Y ACTIVIDADES.	6
3. ALCANCES Y LIMITACIONES.	6
4. EVOLUCIÓN GENERAL DE LAS VERTIENTES DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL EN CALI.	7
4.1 Formas y distribución de las pendientes.	8
4.2 Agrietamientos y pendientes.	9
5. MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL DEL TERRENO.	10
5. GEOLOGÍA Y PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS.	10
6. INVENTARIO DE GRIETAS, VIVIENDAS Y DRENAJES SUPERFICIALES.	11
7. MODELO INTERPRETATIVO.	14
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	15
Figuras	
1. Localización	17
2. Panorámica de La Leonera desde la vía a Felidia	18
Anexo	19
Propuesta de aportes del OSSO para el entendimiento, manejo y recomendaciones sobre las vertientes rurales de la Cordillera Occidental en Cali. En carta al Dr. Rodrigo Velasco del 21 de mayo de 1998.	

1. Antecedentes.

A principios de mayo de 1998 pobladores de La Leonera, corregimiento de Cali sobre la Cordillera Occidental (ver Localización en la Figura 1), informaron sobre la aparición de grietas en viviendas, potreros, cultivos y de deslizamientos en estas áreas así como en zonas cubiertas de bosque. El Sr. Alcalde de Cali y el Subsecretario de Emergencias y Desastres de la Secretaría de Gobierno, Convivencia y Seguridad Ciudadana solicitaron al OSSO, lo mismo que dirigentes comunitarios de La Leonera, un diagnóstico de la situación y las recomendaciones pertinentes para el tratamiento de este caso de inestabilidades de terrenos.

Lenguaje y formas de representación de la información. Este documento está escrito en un lenguaje que pretende familiarizar a los usuarios no especializados con conceptos y vocabulario técnicos. Aún cuando se ha tratado de evitar el uso de este tipo de vocabulario, cuando se hace, se procura a continuación, explicar su significado. En el numeral 4 se presenta un intento de explicación del modelo evolutivo general de un paisaje de Cordillera, pensando en usuarios de la comunidad que pueden tener poco interés en un informe estrictamente técnico. También se ha hecho un esfuerzo en la representación gráfica de la información (figuras y mapas) con la expectativa de evaluar si esto facilita el acercamiento y entendimiento de lo expresado, entre los diversos potenciales usuarios.

Información disponible y adquirida. El Municipio suministró cartografía a escala 1:5,000 en papel y en formato digital, del Plano Digital de Cali, correspondiente a las Planchas Z-18 y Z-19 (Catastro Municipal, 1995), con curvas de nivel cada 5 metros e información sobre drenajes, vías y viviendas, entre otros. El OSSO dispuso de fotografías aéreas a escala aproximada 1:40,000 de 1961, realizó trabajo de campo con la cooperación de líderes comunitarios y de 30 estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad del Valle, a los cuales les imparte cursos de geología.

Inspecciones técnicas. Previo al trabajo del OSSO el Departamento Administrativo de Planeación Municipal de Cali realizó una visita de inspección técnica (mayo 18 de 1998) cuyas conclusiones incluyen la recomendación de un estudio geológico y geomorfológico más detallado, el control y cambios en los usos del suelo y el tratamiento de aguas superficiales y de aguas servidas, incluyendo dotar al Corregimiento de un sistema de alcantarillado. Por otra parte el 29 de mayo la Corporación Autónoma Regional del Cauca, CVC, preparó el Concepto Técnico No. SGA-GI-007-98, en el cual se indica que las precipitaciones totales en abril y mayo fueron de 276 mm y 269 mm, respectivamente, mayores a las precipitaciones medias y cercanas a las máximas registradas en cada mes, en la Estación Brasilia, en la vía La Leonera – Pichindé; también indica que las lluvias máximas en 24 horas en mayo (93 mm) fueron casi el doble de las medias (42 mm) y cercanas al máximo registrado (90 mm) y que durante abril se presentaron mayores precipitaciones diarias a lo largo de todo el mes. Este Concepto identifica

como causas del problema la densificación de viviendas, la ausencia de sistemas de alcantarillado y, en general, el manejo de aguas; las recomendaciones incluyen restricciones a la densificación de viviendas, manejo y disposición de aguas servidas (alcantarillado), aguas superficiales y acueducto, la reglamentación de los usos del suelo y la realización de estudios de amenazas.

2. Metodología propuesta y actividades.

Teniendo en cuenta que éste es uno más de los casos de inestabilidad que se presentan en las áreas rurales en la Cordillera, el OSSO le propuso a la Administración Municipal realizar un Estudio Piloto en La Leonera, en la perspectiva de dotar al Municipio de un programa de investigaciones aplicadas a la mitigación de riesgos por deslizamientos. Como modelo general y herramientas para el diagnóstico se incluyeron en esta propuesta tratamiento y análisis de la información cartográfica digital disponible, generación de modelos del terreno, cartografía de formaciones geológicas superficiales (la distribución de rocas y diferentes tipos de depósitos en un área del territorio), investigaciones de campo y análisis de fotografías aéreas, todo ello incorporado en un sistema de información (ver Anexo).

De manera secuencial las actividades realizadas fueron:

- Visita de inspección y reconocimiento preliminar.
- Copia y ampliación, mediante uso de computador, de los mapas de la zona.
- Recorridos de campo, con instrucciones previas a líderes comunitarios, para el censo de viviendas agrietadas y a estudiantes, para la cartografía de grietas del terreno, taludes, deslizamientos, drenajes, cunetas, humedades del terreno y prediagnóstico colectivo de la información acopiada.
- Revisión de fotografías aéreas antiguas (1961).
- Dos recorridos adicionales de campo, para identificación de formaciones geológicas superficiales y monitoreo de agrietamientos.
- Preparación de la cartografía digital y su incorporación a un sistema de información; integración en el sistema de información de los censos y datos de campo.
- Elaboración de modelos digitales del terreno.
- Formulación de un modelo interpretativo e informe final.

3. Alcances y limitaciones.

Este Estudio integra y evalúa el estado actual de la información, con base en un modelo general de evolución del paisaje en la zona de interés. Se fundamenta en observaciones de campo y en el tratamiento digital de información cartográfica, pero no incluye información detallada de fotografías aéreas, registros del subsuelo ni análisis de información hidrometeorológica; razones por las cuales las

conclusiones y recomendaciones a las cuales se llega, pueden estar sujetas a precisiones en función de nuevos datos.

El Estudio tiene en cuenta y ratifica varias de las conclusiones y recomendaciones de los conceptos emitidos por Planeación Municipal y la CVC. Sin embargo, por su naturaleza diferente (disponer de observaciones de campo durante varias visitas, identificar y cartografiar formaciones geológicas superficiales, producir y analizar modelos digitales del terreno), se pudo llegar a conclusiones adicionales, que sin invalidar las recomendaciones de los informes citados, conducen a identificar causas potenciales, adicionales, y por lo tanto, a proponer prioridades en las actividades de prevención y mitigación.

4. Evolución general de las vertientes de la Cordillera Occidental en Cali.

La evolución de los paisajes montañosos tropicales no está plenamente entendida según la literatura científica, en cuanto a los procesos que conducen a una ladera, desde condiciones de quietud hasta condiciones de inestabilidad y movimientos.

Para que ocurra un deslizamiento se necesitan, básicamente, tres factores: una pendiente desde donde el terreno pueda rodar halado por la fuerza de la gravedad, un material susceptible de deslizarse y un factor disparador o iniciador del movimiento.

Las vertientes de la Cordillera Occidental en Cali están constituidas, principalmente, por rocas muy antiguas formadas en el fondo del mar; los basaltos y diabasas o “roca azul” que puede observarse en las canteras. Estas rocas, sometidas durante los últimos miles de años a la acción de las lluvias, de la temperatura ambiente, de las plantas, sus raíces y demás organismos vivos y, ocasionalmente, a vibraciones de terremotos fuertes, se han transformado de diversas maneras. La acción meteórica del agua convierte los minerales de las diabasas en arcillas generando lo que los ingenieros denominan “suelos rojos” y “roca muerta”, que en geología denominamos saprolito (que quiere decir roca descompuesta), son materiales más propensos a deslizarse que la “roca azul”. Otra característica común de estos lugares, es que los cultivos y los lugares de habitación se localizan sobre los terrenos menos arduos de laborar, menos pendientes. Casi todos ellos son depósitos de vertiente, es decir, la acumulación de materiales de antiguos deslizamientos; en los últimos años casi todos los deslizamientos han sido removilizaciones de estos antiguos depósitos, a raíz de la saturación de agua de los suelos en épocas de lluvias intensas y prolongadas.

Pero el modelo simplificado “pendientes – material – factor disparador” debe ser construido en sus elementos e interrelaciones. Necesitamos el concurso de diversos saberes para comprender y modelar, de la manera más acertada posible, la evolución de las laderas. Parámetros como la forma y distribución de las pendientes, las propiedades mecánicas de los suelos, las lluvias, las aguas de

infiltración, la vegetación y los usos del suelo; concurren con mayor o menor influencia en la generación o reactivación de un deslizamiento. Sólo en la medida en que se apliquen recursos para la investigación y aplicación de conocimientos, en las condiciones de los ecosistemas tropicales de montaña, estaremos en capacidad de incorporar en los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial las mejores pautas y normas para el óptimo uso del territorio.

El caso de La Leonera corresponde a antiguos depósitos de deslizamientos, cuyas características más relevantes, a simple vista, son las formas del paisaje: áreas cóncavas en forma de media luna con altas pendientes, donde se generaron y, áreas más planas y menos pendientes en donde se acumularon las tierra y rocas derrumbadas.

Entre las ventajas y oportunidades que estos depósitos presentan para las actividades humanas están:

- Por ser menos pendientes y menos duros, en ellos se facilita la acumulación de nutrientes en la capa superficial o agrícola de los suelos.
- Por la misma razón son los más aptos para labores agrícolas y por ende los más fáciles de trabajar.

Entre sus desventajas están:

- Todos estos depósitos tienen debajo una antigua superficie sobre la cual se acumularon. Es común, incluso, que sean varias superficies, llamadas planos de deslizamiento, correspondientes a varios depósitos superpuestos. A través de estos planos o superficies las aguas pueden infiltrarse fácilmente.
- En periodos de continuas y abundantes lluvias, las aguas saturan los suelos y una parte de ella fluye a través de las superficies enterradas; de tal manera que éstas se vuelven menos capaces para resistir los empujes de las capas superiores, es decir, para sostener los terrenos que están asentados sobre ellas.

Con este modelo general para explicar porque ocurren los deslizamientos, y con la información obtenida y analizada, es posible proponer un modelo específico para el caso que nos ocupa. En los numerales siguientes se describirán las componentes de este modelo.

4.1 Formas y distribución de las pendientes.

Las formas de las pendientes de los terrenos en La Leonera son variadas: formas cóncavas como media lunas, que en general corresponden a coronas de antiguos deslizamientos; superficies alargadas y lisas, de altas pendientes, que corresponden a terrenos donde la roca está a pocos metros bajo los suelos rojizos y que no presentan huellas de deslizamientos ni formas escalonadas, como

terrazas planas de poca inclinación, correspondientes a depósitos de antiguos movimientos de masa. Estas formas, se pueden observar en la Figura 2, una vista panorámica de La Leonera desde la vía a Felidida.

La distribución de las pendientes en La Leonera y alrededores, se representa en el Mapa No. 1 en el cual también se incluyen los taludes o cortes de carretera. Las zonas de mayores pendientes (colores rojo y violeta) corresponden, en su mayoría, a terrenos en los cuales las rocas están muy cerca de la superficie. Las zonas de menor pendiente (blanco y azul) corresponden, casi en su totalidad a depósitos. Entre éstas últimas destacan, por su tamaño, las ocupadas por la cabecera de La Leonera y el sector El Porvenir.

El mapa fue confeccionado a partir de curvas de nivel espaciadas cada 5 metros, utilizando programas de computador para calcular las pendientes. Los rangos de pendientes se expresan en porcentaje. Una pendiente del 100% es igual a una pendiente de 45 grados con respecto a la horizontal, lo que significa que al avanzar sobre un plano horizontal una distancia cualquiera, se habra recorrido esa misma distancia en altura.

Además de su aplicación para entender los fenómenos de inestabilidad, mapas de este tipo pueden ser utilizados para que planificadores y comunidades orienten o refuercen los usos recomendables del suelo en los planes de ordenamiento territorial. Así, por ejemplo, en las zonas de mayor pendiente se deben fortalecer prácticas de reforestación, como ha ocurrido en las últimas tres o cuatro décadas: las fotografías de hace 37 años (julio de 1961) muestran que el área cubierta de bosque se limitaba a las cercanías de las quebradas y que toda la región de La Leonera eran potreros. Este cambio de uso del suelo ha sido progresivo y creciente, si se tiene en cuenta que el Concepto de la CVC señala que hoy en día hay más bosque que en 1974, según fotografías aéreas de ese año.

Por lo anterior y porque los deslizamientos recientes ocurrieron en terrenos con diversos usos -zonas urbanizadas, potreros, cultivos y áreas boscosas- argumentaciones tales como “los deslizamientos son producidos por la deforestación” son demasiado simples y no concuerdan con las observaciones. Otro tipo de fenómenos peligrosos como las crecientes súbitas o avenidas torrenciales de los ríos, sí tienen relación directa con la deforestación, porque el agua lluvia, se escurre más rápidamente y se concentra en los cauces, generándolas.

4.2 Agrietamientos y pendientes.

Salvo dos o tres excepciones las viviendas agrietadas se localizan sobre las áreas de menor pendiente (ver el Mapa 1). Esta observación es importante y será tomada en cuenta en el modelo de interpretación, en combinación con las demás observaciones y cartografía de este Estudio.

5. Modelo de elevación digital del terreno.

Corresponde a las curvas de nivel, tratadas por computador, para obtener imágenes de la superficie terrestre que resalten a la vista las características del relieve. La imagen de la Carátula corresponde a uno de estos modelos sobre el cual se han superpuesto el curso del río Cali y las vías que conducen a Felidia, a la vereda El Porvenir y a Pichindé. Con base en este modelo se produjeron y analizaron los alrededores de La Leonera, para identificar rasgos sobresalientes del paisaje, tales como escalones planos en las laderas y coronas de deslizamientos. La imagen inferior de la Figura 1 es una vista en tres dimensiones de La Leonera, como si fuera vista desde la margen izquierda del río Cali. Un modelo digital del terreno también se utilizó para representar la región de estudio, entre La Leonera y El Porvenir en el Mapa 2, superponiéndole las curvas de nivel, los ríos y quebradas, información geológica y las viviendas y vías.

En este mapa se utilizó una ayuda por computador consistente en iluminar el territorio en estudio desde la izquierda, es decir, desde el Occidente, simulando que el sol se encuentra a treinta grados de inclinación sobre el horizonte, como si fueran las 5 de la tarde. De esta manera, las sombras en las montañas realzan el relieve y facilitan una visión del territorio en tres dimensiones.

5. Geología y procesos geomorfológicos.

La distribución de las rocas y depósitos de la Cordillera se ilustran como manchas de colores superpuestas al modelo anterior. Estas unidades se identificaron mediante recorridos de campo observando los cortes de carretera, concentrando las observaciones en el sector de La Leonera.

Las unidades geológicas representadas en el mapa son:

- **Qfl. Flujos de lodo, terrenos arcillosos.** Un flujo de lodo es un depósito generado por deslizamientos de tierra con poca cantidad de fragmentos de roca. En el mapa corresponde a la zona plana poco inclinada que ocupa la cabecera de La Leonera.
- **Qfl?. Posibles flujos de lodo.** Se cartografiaron con base en las formas del paisaje que semejan depósitos de esta naturaleza, pero no se verificaron mediante observaciones de campo.

Sobre estas dos unidades (Qfl y Qfl?) ocurre el mayor número de edificaciones agrietadas.

- **Qfe. Flujos de escombros, bloques de roca.** Son depósitos originados por movimientos de masa en los cuales predominan fragmentos de roca con respecto a la cantidad de arcillas o tierra que los acompaña. En este caso

incluyen depósitos generados por crecientes de las quebradas que arrastran bloques de rocas, los cuales se denominan como torrenciales.

- **Q/Kv. Roca meteorizada.** Son los “suelos rojos” que no han sido transportados por movimientos de masa, sino que corresponden a la descomposición de la roca por acción del clima a lo largo de miles de años. Sólo dos de las viviendas agrietadas se localizan sobre esta unidad geológica.
- **Kv. Diabasas, rocas.** Aún cuando en el área que cubre el mapa esta unidad geológica se encuentra en diversos lugares, sólo la representamos en inmediaciones de la cabecera del Corregimiento.

Los procesos geomorfológicos son aquellos que a través del tiempo le dan la forma característica a cada paisaje. En ellos intervienen los movimientos de masa, la meteorización o descomposición de las rocas, la forma original de las montañas, el agua como agente erosivo, los terremotos cuando originan cambios en la superficie del terreno y el grado de fracturamiento de las rocas, entre otros.

Antiguos deslizamientos. Se representan las coronas en forma de media luna que corresponden a la zona superior o de desgarre de antiguos movimientos de masa o deslizamientos. La mayoría de los depósitos identificados muestran en su parte superior las coronas de los movimientos de masa que los originaron.

Lineamientos. Son tramos rectilíneos de ríos que pueden indicar las zonas de las rocas donde éstas están más fracturadas o débiles y que son aprovechadas por los cursos de agua para descender de la cordillera. En la zona predominan los lineamientos oblicuos, en dirección hacia el nororiente, coincidiendo con la dirección general de la Cordillera Occidental.

6. Inventario de grietas, viviendas y drenajes superficiales.

Estos inventarios se ilustran en el Mapa No. 2.

Grietas. En este Estudio no se tuvo información sobre la profundidad, forma y número de superficies enterradas, para lo cual hubiera sido necesario realizar investigaciones de campo con métodos como perforaciones exploratorias del subsuelo. En cambio, las evidencias sobre el terreno si se pudieron observar. Las grietas recientes tienen una distribución en la que predominan las formas de media luna amplia, siguiendo las curvas de nivel. En la zona central de La Leonera, en inmediaciones de la Quebrada El Bosque esta distribución no es tan clara y las grietas individuales podrían corresponder a acomodamientos de capas de depósitos separadas por superficies de diferente extensión y geometría.

En inmediaciones del Hogar Juvenil Campesino las grietas se concentran, a manera de coronas, en el borde superior de un talud de unos 20 metros de alto. Éstas no son nuevas pues hace algunos años fueron descubiertas

accidentalmente en la huerta del Hogar quizás asociadas (?) a una zona arqueológica, pues según los testigos se trataba de un hueco vertical que a unos dos metros de profundidad se convertía en un tunel horizontal. Aún cuando esto es muy especulativo, la forma en terrazas de los diferentes planos de la región ya indicadas en el numeral 4, también pudieron ser habitadas en épocas precolombinas. Atendiendo a que sectores de la comunidad están interesados en proyectos alternativos y complementarios de usos del suelo y de actividades como el ecoturismo, parece recomendable hacer una exploración preliminar sobre el potencial de patrimonio arqueológico en la zona.

Drenajes superficiales. Las obras de drenaje son prácticamente inexistentes en las vías. En el Mapa No. 2 se muestran las líneas de escurrimiento superficial, según observaciones de campo realizadas varios días después de ausencia de lluvias. Esta agua proviene en parte de filtraciones en las partes bajas de los taludes de las vías y, en la zona plana de La Leonera de niveles freáticos superficiales, que afloraron durante el mes de mayo, como en el caso de la cancha de fútbol.

Nótese en el mapa que la quebrada (sin nombre) inmediatamente al Oriente (a la derecha en el mapa) de la Q. El Bosque está interrumpida antes de llegar a la cancha de fútbol. Parte de las aguas de esta quebrada se infiltraban a través de una de las grietas en la zona, de la misma manera que la Q. El Bosque se infiltra, en parte, a través de grietas en inmediaciones de la batea de la carretera cerca al costado occidental de la cancha.

Por otra parte, en el Hogar Juvenil Campesino un nacimiento de agua con un flujo de una pulgada (aprox. 0.3 litros por segundo) y del cual se nutre el acueducto del Hogar, se secó durante el lapso de desplazamientos de las grietas y volvió a manar 15 días después y en la Vereda El Porvenir, en el sector de viviendas afectadas ocurrió que un manantial se secó brotando el agua unos 100 metros ladera abajo, acompañado de pequeños movimientos de masa.

Viviendas. El censo de viviendas se presenta en la Tabla 1 y cada uno de los números de identificación de las 155 censadas se muestra en el Mapa No. 2. La distribución de los agrietamientos no presenta un patrón correlacionable con la densidad de vivienda y tampoco se observa una correlación directa con la presencia o cercanía a los drenajes superficiales. En el trabajo de campo sí se encontró que las viviendas Nos. 67, 68, 71, 74, 75, 76, 77 y 78 están afectadas por un agrietamiento que corre paralelo al contacto entre la diabasa (Kv en las convenciones) y que se prolongaría hasta coincidir con la corona de deslizamiento en el sector del Hogar Juvenil Campesino.

Otro aspecto a resaltar es que viviendas de similar tipología, cercanas entre sí pueden o no estar agrietadas.

*Estabilidad de laderas en la Cordillera Occidental, Cali. Estudio Piloto, caso La Leonera.
OSSO para CLE, junio 27 de 1998.*

Tabla 1. Inventario de casas, propietarios y casas agrietadas. (Para localización ver Mapa 2)								
#	G	Propietario	#	G	Propietario	#	G	Propietario
		La Leonera	53		Fredy Erazo	106		Aura Lopez
1		Eliceo Ordoñez	54		Amelia de Ospina	107		Jose Tamayo
2		Alba Arcos	55	10	Miriam Muñoz	108		Hernan Gaviria
3			56		Oliva Lopez	109		Jova Gaviria
4		Luis	57	11	Antonio Millán	110		Luis Gaviria
5	1	Livia Martínez	58		Felix Paez	111		Licelly Barragán
6		Nilson Benavidez	59		Henry	112		Carmen Barragán
7		Alfredo Ospina	60	12	Jorge Rojas	113	28(3)	Hogar Juvenil
8		Ramada	61	13	Gerardo	114		Rosa Grijalba
9		Samuel Muñoz	62		Daniel	115		Fany Figueroa
10		Yury Marín	63		Ermeliza Bermúdez	116		Jaime Rojas
11		Jersey Muñoz	64	14	Oswaldo Rojas	117	29	Mariela Muñoz
12		Jersey Muñoz	65		Jorge Benavidez	118		Fernando Enao
13		Consuelo Peña	66	15	Fernando Ramírez	119		Antonio Muñoz
14		Gildardo Figueroa	67	16	Justiniano Zuniga	120		
15		Gildardo Figueroa	68	17	Orlando Bermúdez	121		Nereo Ortega
16		Laurea Benavidez	69		Mauro Mejia	122	30	Plinio Ortega
17		Alfredo Valencia	70		Jesus Moncayo	123		Maria Teresa
18	2	Rafael Delgado	71	18	Jesus Moncayo	124		Antonio Millán
19	3	Jairo Viveros	72	19	Javier Moncayo	125		Alvaro Prieto
20		Jairo Viveros	73		Aurelio Gaviria	126		Elvira Ortega
21		Francisco Cabezas	74	20	Elsy Santofimio	127		Elvira Ordonez
22		Lorenzo Vinna	75	21	Neftaly Muñoz	128		Leticia Nanez
23		Armando Muñoz	76	22	Roberto Jimenez	129		Maria Gaviria
24		Raimundo Plaza	77	23	Manuel Bolaños	130		Uvaldina Grolonez
25		Hernan Herrera	78	24	Maria Luligo	131		Edelmira Muñoz
26		Policarpo Erazo	79			132		Martin Llamille
27		Mariela Erazo	80		Migel A. Campos	133		Aldemar Mu z
28		Fernando Ramírez	81		Salvador Gomez	134		Martha Triana
29		Olga Amaya	82	25	Juan Marquez	135		Olga Hernandez
30		Rigoberto	83		Gerardo Millán	136		
31			84		Smit Rivera	137		Jorge Muñoz
32		Arturo Cabezas	85		Clara E. Reyes	138		Israel Ortega
33		Jose D.Rojas	86		Francisco Rivera	139		Ramada
34		Gabriel Fernández	87		Roberto Toro	140		Joel Mu z
35		Socorro Muñoz	88		Amparo Teeran	141		Armando Molina
36		Jairo Orozco	89		Peregri Bermúdez	142		Neftario Muñoz
37		Omar Muñoz	90		Emilio Valbín	143		Aldemar Muñoz
38		Mariela Erazo	91		Juan M.Tello	144		Jildardo Muñoz
39		Benilda Jucid	92		Bernardo Guzmán	145		Propiedad Municipio
40	4	Argemiro Muñoz	93		Oscar Zuluaga	146		Maria Gaviria
41	5	Salvador Gomez	94		Henry	147		Lisma Fernández
42		Puesto de Salud	95		Ángel Ortega	148		Luis Fernández
43		Inspección de Policía	96		Reboeato Custillo	149		Juan Fernández
44		Hector Molina	97		Rafael Ortega	150		Alberto Mosquera
45		Antonio Molina	98		Ana López	151		Ramiro Delgado
46		Agustín Martínez	99		Cesar Ortega	152		Enrique Rodríguez
47		Ramiro Muñoz	100		Omar Galindo	El Porvenir		
48	6	Ernesto Lopez	101		Luis Rojas	153	31	Flor María Muñoz
49		Nidia Vera	102		Alicia Florez	154	32	Alvaro Muñoz
50	7	Jorge Escobar	103		Luz Mery Calle	155	33	Alejandrina Muñoz
51	8	Lida Pantoja	104		Edier Serna	#: Inventario de casas		
52	9	Bernardo García	105		Segundo Benavidez	G: Inventario de casas agrietadas		

Como ya fue indicado en el Concepto de CVC, las viviendas en materiales rígidos (ladrillo, hormigón) han sido más afectadas que aquellas construidas en bahareque sobre cimientos superficiales, aún si éstas evidentemente están en una zona con grietas y evidencias de desplazamientos del suelo. Esto es evidente tanto en La Leonera como en las tres viviendas en El Porvenir en cuyo caso la única que permanece habitada y con muy pocos daños es también aquella construida con materiales livianos, flexibles y con cimientos superficiales.

7. Modelo interpretativo.

Con base en el conjunto de datos y observaciones señalados y que pueden resumirse en los siguientes principales:

- agrietamientos de viviendas con amplio predominio de aquellas localizadas sobre depósitos y en áreas planas con poca pendiente;
- ausencia de correlación obvia entre agrietamientos y densidad de vivienda o cercanía de drenajes superficiales;
- agrietamientos iniciados al final de un periodo de lluvias intensas y prologadas;
- ocurrencia de agrietamientos y movimientos en áreas urbanizadas, cultivos, potreros y en bosque;
- filtración de aguas a través de pozos de disposición de excretas;
- filtración de aguas de quebradas y manantiales naturales a través de grietas;

los factores comunes son: a) unidades geológicas de depósitos de antiguos movimientos de masa b) abundantes lluvias previas y c) infiltración de aguas a través de superficies de deslizamientos y agrietamientos.

Un modelo consecuente con estos factores comunes, para explicar los agrietamientos que predominantemente ocurren en áreas planas de poca pendiente, debe considerar que las condiciones del subsuelo en cada vivienda agrietada tiene particularidades tales como cercanía a uno o más planos enterrados de capas de depósitos que se desplazaron, casi horizontalmente y lubricados por el agua, hasta encontrar condiciones de fricción interna que detuvieron los movimientos.

Los agrietamientos y deslizamientos en el área identificada como más crítica, la huerta del Hogar Juvenil Campesino y la curva cerrada de la carretera al Occidente de la cancha de fútbol (a la izquierda en el mapa), pueden explicarse por la saturación de los terrenos por acción de las lluvias, la altura y lo escarpado del talud y, posiblemente, por la existencia de agrietamientos previos en el sector de la huerta.

8. Conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones.

Los agrietamientos y deslizamientos de mayo de 1998 en el Corregimiento La Leonera son debidos, principalmente, a la composición y origen de los terrenos, saturados de agua a raíz del periodo lluvioso de abril y mayo.

Las aguas de escorrentía y de quebradas infiltradas a través de grietas y planos de antiguos deslizamientos se concentró en la parte baja y plana de La Leonera, a tal punto que los terrenos se encharcaron. Esta sobresaturación indujo acomodamientos de las capas superficiales de antiguos depósitos de movimientos de masa, los cuales se manifestaron mediante grietas y desplazamientos lentos que en algunos casos alcanzaron 50 centímetros de ancho o de desnivel en la superficie.

No hay evidencia suficiente para explicar los fenómenos como causados por la densidad de uso de los terrenos para vivienda. No obstante, el sistema de disposición de aguas servidas mediante pozos, tiene que haber contribuido a la más rápida saturación de los terrenos. Tampoco puede sustentarse, con la información disponible, que la localización de viviendas en cercanías de las quebradas sea la causante de los agrietamientos, lo que de ninguna manera justifica que se construya en estos lugares.

Como la porción más crítica, por el potencial de ocurrencia de un deslizamiento de varios miles de metros cúbicos, se identificó el sector comprendido entre la huerta del Hogar Juvenil Campesino y las viviendas de los Señores Nefalí Muñoz, Roberto Jiménez, Elsy Santofimio, Jesús Moncayo, Orlando Bermúdez y Justiniano Zúñiga (ver Tabla 1 y Mapa No.2). Allí se encuentran los terrenos más pendientes (principalmente entre la huerta y la carretera) con un talud de 20 metros de altura agrietado en la parte superior.

Recomendaciones:

Para este caso con mayor potencial de deslizamiento se recomiendan a). el cambio de uso del terreno de la huerta, para impedir la infiltración de aguas de riego, y b). un monitoreo cotidiano por parte de los vecinos para anticipar variaciones drásticas en los agrietamientos del terreno, que pudieran preceder a un deslizamiento de varios miles de metros cúbicos de tierra. En esta zona es prioritario también recoger todas las aguas lluvias canalizándolas, por fuera de la zona de inestabilidad, hacia una de las quebradas vecinas.

Como caso aislado, también en una zona de altas pendientes, está el de las viviendas de la Señora Mariela Muñoz y de Jaime Rojas. Cualquier variación observada en los agrietamientos deberá ser tomada como señal para la evacuación de las viviendas.

Anticipándose al siguiente periodo de lluvias (generalmente de octubre a diciembre), se recomienda:

- el tratamiento de los cauces de las dos quebradas (El Bosque y sin nombre), empezando en un trayecto de unos 350 metros, desde cercanías de la Cancha de Fútbol hacia aguas arriba, de tal manera que se evite al máximo la infiltración de sus aguas;
- dotar de canales de conducción y de obras de disposición de aguas a las vías.

La práctica de pozos individuales para la disposición de aguas servidas debe ser cambiado por un sistema de alcantarillado diseñado y construido teniendo en cuenta la naturaleza y propiedades de las diversas unidades geológicas de La Leonera. Esta recomendación se refuerza si se estima que con la actual densidad de viviendas el volumen total de agua infiltrado a lo largo del tiempo, digamos 10 años, puede ser superior a medio millón de metros cúbicos.

El adecuado diseño y construcción de un sistema de alcantarillado es una medida que, con toda seguridad, contribuirá a la mitigación de riesgos por agrietamientos; en el diseño de este sistema se podrá considerar también que actúe como un sistema de abatimiento (aumento de la profundidad) del nivel freático, por ejemplo colocando las tuberías sobre lechos de roca y grava.

Adicionalmente, se recomienda que en el Plan de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial del Corregimiento se empiecen a incorporar estrategias para una más adecuada relación entre las actividades humanas y el medio natural, considerando las oportunidades y amenazas que este ofrece. Ello implica estrategias de cambios en los usos del suelo y en las tecnologías constructivas.