

ASPECTOS GEOLOGICOS Y METEOROLOGICOS DE LOS DESLIZAMIENTOS EN RONDON (DEPARTAMENTO DE BOYACA, COLOMBIA), Y EN ESPECIAL DE LOS OCURRIDOS EN JUNIO-JULIO DE 1986

JAIRO MOJICA* & JESUS A. ESLAVA R.*

MOJICA, J. & ESLAVA, J. A., 1978: Aspectos geológicos y meteorológicos de los deslizamientos en Rondón (Departamento de Boyacá, Colombia), y en especial de los ocurridos en junio-julio de 1986. *Geología Colombiana* No. 16, pp. 65-79, 12 Figs. Bogotá.

RESUMEN

Se describen algunos movimientos en masa ocurridos en junio-julio de 1986 en el Municipio de Rondón (Boyacá), localizado en la parte centrooriental de la Cordillera Oriental Colombiana, a alturas entre 1.600 y 2.400 m.s.n.m. Se trata de diversos deslizamientos que afectan ante todo sectores con litologías lutítico-bituminosas ("black shales") y arcillolitas rojas del Cretácico superior (Grupo Churuvita, Fm. Conejo) y del Terciario inicial (Fm. Guaduas), respectivamente.

Las observaciones de campo permitieron establecer que dichos deslizamientos son consecuencia de la combinación de factores negativos para la estabilidad del terreno, como lo son la presencia de litologías poco resistentes, altas pendientes y, sobre todo, la existencia de un microclima de alta pluviosidad, que de acuerdo con los registros meteorológicos de los últimos 32 años, produce precipitación de máxima intensidad en mayo-junio. Sin embargo, según los testimonios de los moradores, los corrimientos no se manifiestan todos los años, sino con períodos de recurrencia, aún no bien establecidos, de varias decenas de años. De acuerdo con la información disponible, los deslizamientos se desencadenan o reactivan en aquellos períodos lluviosos con precipitación por encima de lo normal, pero en especial, cuando ocurren sucesivos aguaceros de alta intensidad.

ABSTRACT

Present paper aims to describe some landslides occurred during June-July, 1986 in the roundabouts of Rondón town (Boyacá Department) which is located in the central-eastern part of the Eastern Colombian Cordillera, at altitudes between 1600-2600 m.a.s.l.

The landslides (in this case deep-seated mass movements) occur in sectors with predominance of black shales or red claystones that respectively represent marine Upper Cretaceous (Churuvita Group, Conejo Fm.) and paralic lowest Tertiary (Guaduas Fm.) sediments. Field work allowed to conclude that the landslides are due to presence and combination of negative factors that lead to drastic reduction of slope stability, such as soft lithologies, high topography, faults and, mainly, the existence of a high precipitation microclima with maximal rainfalls during May-June, as deduced from data recorded since 1955. However the movements in the considered region are not triggered every year but in wet seasons of unusual above-normal precipitation and specially those with short intense rain storms. According to experience based information of some inhabitants the land slides may have a recurrence (not yet well established) of several tens of years.

* Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

INTRODUCCION

Durante los meses de junio y julio de 1986, se presentaron algunos deslizamientos en la población de Rondón y alrededores, causando alarma en los habitantes e inquietud en las autoridades municipales y departamentales, que solicitaron un estudio de los mencionados eventos a la Universidad Nacional, Departamento de Geociencias.

El Municipio de Rondón se encuentra a 26 km en línea recta al SE de la ciudad de Tunja (Fig. 1), y a 61 km por carretera no asfaltada, de la misma. El trayecto se cubre, en campero, en aproximadamente $2\frac{1}{2}$ horas.

La investigación del terreno, llevada a cabo del 29 al 30 de julio de 1986, permitió constatar que los deslizamientos mayores se presentan en un sector amplio de la cuenca hidrográfica de la Quebrada Barroso, que corre de NW a SE, a unos 900 m al sur de Rondón, en terrenos de las Veredas Centro y Nariño (Figs. 2 y 3). Movimientos activos, pero de mucha menor dimensión, ocurren también, por orden de importancia, en a) El km 2 de la vía a Tunja, costado occidental de la Q. Barroso, a unos 600 m del cauce de la misma; b) la parte baja de la Cuchilla Buenavista, Vereda Ricaurte; c) Vertiente SW de la Q. No Pases, a unos 150 m al NW de la Concentración Escolar La Vega y a unos 100 m al NE de la Estación Meteorológica del HIMAT; d) el sector N del casco urbano, en los predios de la Concentración Escolar Juan José Rondón. Deslizamientos múltiples y de grandes proporciones, iniciados en 1983, pero todavía activos, se encuentran al E de Rondón, en la vertiente oriental del río Mueche, en las veredas Bolívar y Sucre. Se trata de un área que ya ha sido evacuada totalmente por los moradores afectados. Los materiales de dichos deslizamientos han caído y caen al río Mueche, que, según versión de los vecinos, se represó parcialmente, a mediados de julio/86.

Otro movimiento importante se presenta en la vía a Tunja, en la vertiente oriental de la Cuchilla Bijagual, el cual ha bloqueado la vía en varias ocasiones.

Para la descripción e interpretación de los procesos observados en el área de estudio, se han tenido en cuenta los conceptos básicos sobre movimientos en masa, expuestos en la obras de Scheidegger (1975, 1984), Keller (1976) y Záruba & Mencl (1982). El término

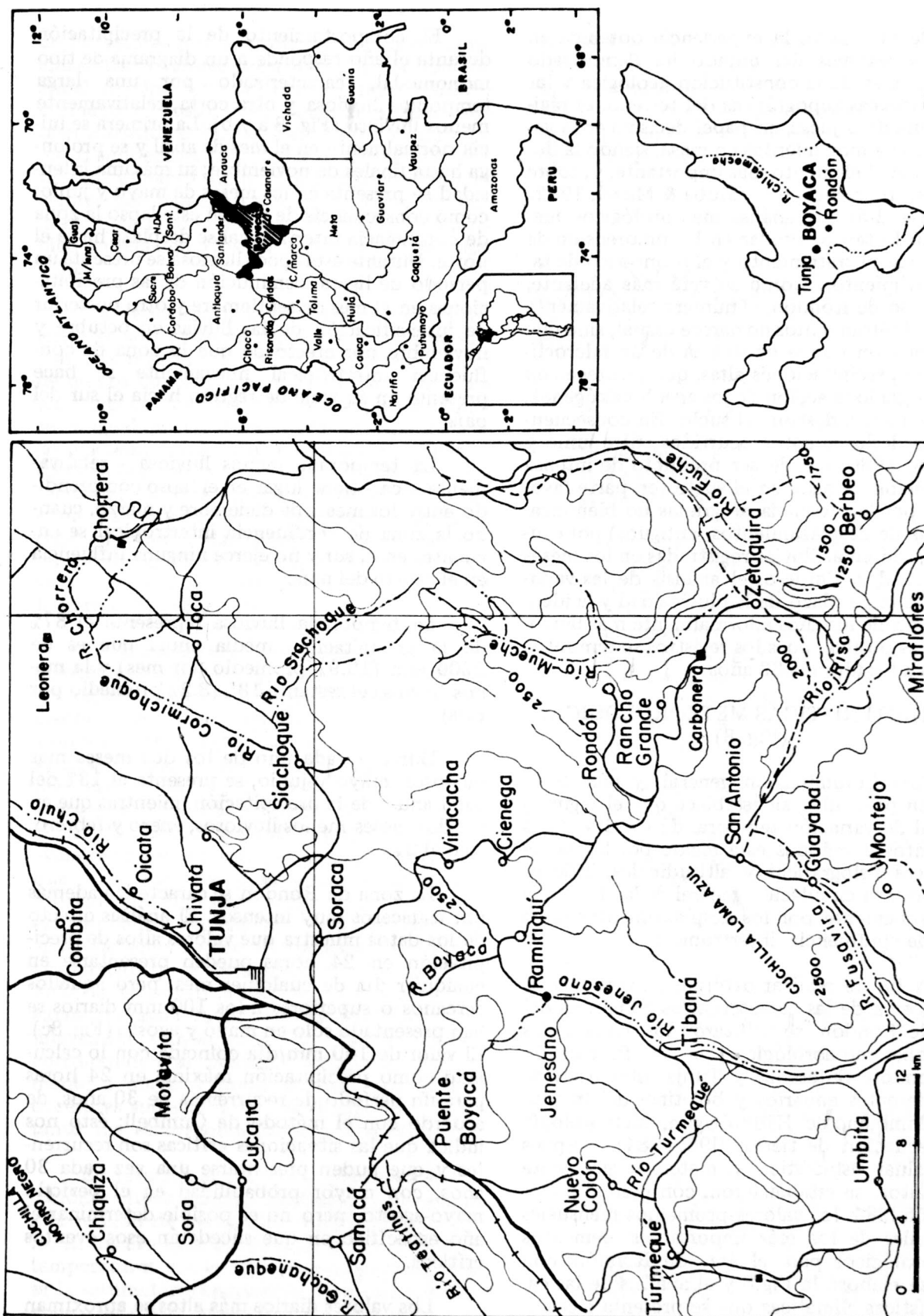
"deslizamientos" se usa aquí en sentido amplio (equivalente a "landslides"), para referirse a desplazamientos con tasa de translación relativamente lenta (superior a 5-10 cm/año), que excluyen los "reptamientos".

CONDICIONES TOPOGRAFICAS Y GEOLOGICAS (Figs. 4-5)

El Municipio de Rondón se encuentra situado en una región montañosa de la Cordillera Oriental y la topografía es, en general, escarpada. El Río Mueche, que corre aquí de norte a sur, y vierte sus aguas a los Llanos Orientales, constituye la corriente principal, a la cual confluyen de E a W y de W a E numerosas quebradas, entre las que se destacan las de Agua Blanca, Pabellona y el Rosal (al E), y Honda, Barroso, No Pases y Potrerona (al W).

En el sector investigado afloran rocas sedimentarias del Cretácico y del Terciario, que incluyen unidades con diferente resistencia a la meteorización y a la erosión, lo cual junto con la disposición estructural de las capas, determina diferentes grados de estabilidad de las pendientes. Entre las rocas resistentes o firmes se tienen areniscas, porcelanitas y calizas; las menos resistentes incluyen sedimentos de grano muy fino, en general arcillosos, de colores grises a negros, como arcillolitas, lutitas laminadas ("shales") y limolitas.

De acuerdo con el mapa geológico a escala 1:100.000 de Renzoni et al. (1983), se tienen los conjuntos rocosos señalados en la Fig. 6 y en los cortes geológicos preparados para este trabajo (Fig. 7) que comprenden, de más antiguo a más joven, la Formación Une (Kv2), el Grupo Churuvita (Ksch), la Formación Conejo (Kscn), el Grupo Guadalupe con las Formaciones Plaeners (Kg2) y Arenisca de Labor y Tierna (Kg1), la Formación Guaduas (KTg) y la Formación Socha Inferior (Tsi). La disposición estructural y las litologías generales se muestran en los cortes arriba mencionados. Como se verá más adelante, los movimientos de tierra que nos ocupan aparecen preferencialmente en áreas donde el subsuelo está constituido por las unidades más arcillosas, pero en especial donde sobre ellas se tienen rellenos cuaternarios (depósitos aluviales, derrubios de ladera) inconsolidados. Así mismo, la presencia de algunas fallas señaladas en el mapa de Renzoni et al. (op. cit.) reduce la estabilidad y propicia los movimientos del terreno.



De otro lado, la experiencia obtenida en diversas regiones del mundo ha demostrado que, además de la constitución geológica y las características topográficas del terreno, el régimen climático juega un papel decisivo en la generación de movimientos en masa, siendo la lluvia tal vez el elemento más importante, y, sobre todo, su frecuencia (cf. Záruba & Mencl, 1982: Figs. 2-4, 2-5). Los análisis meteorológicos pueden por lo tanto, ayudar en la comprensión de las causas, el tratamiento y el pronóstico de tales movimientos. Como se verá más adelante, en el caso de Rondón, el número relativamente alto de deslizamientos no parece casual, sino que tiene que ver con la existencia de un microclima, con precipitaciones altas, que favorecen en amplio grado la acción de los agentes exógenos, que tienden a destruir el suelo. En consecuencia, los deslizamientos ocurridos entre junio y julio de 1986 han de ser producto de intensa percolación de agua en el suelo (en parte favorecida por la presencia de grietas no bien cicatrizadas de desplazamientos antiguos) por causa de las intensas lluvias registradas en los meses mencionados. Empero, el análisis de las variaciones a largo plazo de la pluviosidad y la identificación de los años anormalmente más lluviosos no es posible, pues los registros se remontan apenas a los últimos 32 años.

CARACTERISTICAS METEOROLOGICAS (Fig. 8)

Para Colombia, en general, y para Rondón, en particular, se establece que el régimen normal de variación temporal de los diferentes elementos climáticos está regido por las características fisiográficas y altitudinales, influenciado por la circulación general de la atmósfera y especialmente por los desplazamientos de la zona de confluencia intertropical.

A fin de realizar determinaciones aceptables acerca de las características climáticas del área de Rondón, se utilizaron los datos de las estaciones meteorológicas que han funcionado en Rondón, Sutatenza y Tunja, obtenidos de los diferentes anuarios y boletines del Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de tierras (1955-1984). Después de evaluar estadística y meteorológicamente esos datos, se establecieron, con base al período 1955-1984, los valores promedios mensuales y anuales de los más importantes elementos meteorológicos para el área de Rondón; con ellos se elaboró la Fig. 8 y el análisis de las características climáticas que se presenta a continuación:

El comportamiento de la precipitación durante el año responde a un diagrama de tipo monomodal, caracterizado por una larga temporada lluviosa y otra corta, relativamente menos lluviosa (Fig. 8 a y b). La primera se inicia normalmente en el mes de abril y se prolonga hasta finales de noviembre; su máxima intensidad se presenta en los meses de mayo y junio, como consecuencia de que en este lapso la zona de confluencia intertropical se desplaza hacia el norte. Durante esta época lluviosa se presenta un período de ligera disminución de las precipitaciones en el mes de septiembre y otro posterior de intensificación de las lluvias en octubre y noviembre por efecto de que la zona de confluencia intertropical nuevamente se hace presente en su viaje de regreso hacia el sur del país.

La temporada menos lluviosa - relativamente seca - tiene lugar en el lapso comprendido entre los meses de diciembre y marzo, cuando la zona de confluencia intertropical se encuentra en el sur y no ejerce ninguna influencia en el centro del país.

La temporada lluviosa representa el 87% de la precipitación media anual que es de 2200 mm (10.9% promedio por mes) y la menos lluviosa el restante 13% (3.2% promedio por mes).

Durante cada uno de los dos meses más lluviosos, mayo y junio, se presenta el 13% del total anual de la precipitación, mientras que en los dos meses menos lluviosos, enero y febrero, sólo el 2%.

La zona de Rondón se caracteriza además por aguaceros muy intensos. El análisis directo de los datos muestra que valores altos de precipitación en 24 horas pueden presentarse en cualquier día de cualquier mes, pero aquellos cercanos o superiores a los 100 mm diarios se han presentado sólo en mayo y agosto (Fig. 8c). El valor de 100 mm/día coincide con lo calculado como precipitación máxima en 24 horas para un período de recurrencia de 30 años, de acuerdo con el método de Gumbell; ésto nos indica que las situaciones críticas son recurrentes y que pueden presentarse una vez cada 30 años, con mayor probabilidad en el período mayo-agosto, pero no es posible determinar el año específico en que sucederán esos eventos críticos.

Los valores diarios más altos se aproximan a los 110 mm, que está entre el doble y el triple

de los valores que se presentan en las zonas vecinas. Estos valores presentan una distribución anual de tipo bimodal con máximos relativos en mayo y agosto; eventualmente pueden también presentarse lluvias diarias altas en abril, junio o septiembre (Fig. 8c). Los meses de enero, febrero y marzo son los que han presentado los valores más bajos, no sólo en comparación con la máxima precipitación en 24 horas, sino también en relación a los otros valores de precipitación.

La variación de la temperatura media durante el año presenta un régimen monomodal con una máxima de 17.2° C en febrero (época de menos lluvias) y una mínima, de 14.8° C, en julio (época lluviosa), por lo que puede hablarse -al igual que en el caso de las precipitaciones- de dos temporadas: Una relativamente caliente, coincidente con la época menos lluviosa, y otra relativamente fría, correspondiente con la lluviosa. La humedad del aire también presenta un régimen monomodal, aunque es inverso al de la temperatura, ya que la máxima humedad relativa se presenta en junio (92%) y la mínima en febrero (80%) (Fig. 8e).

La comparación de los valores de los elementos climáticos de Rondón con los de áreas adyacentes permite constatar diferencias suficientes como para considerar que la zona de Rondón constituye un microclima; en efecto, se observa que se trata de una zona más fría y más húmeda de lo que le correspondería si conservara la tendencia climática de las áreas vecinas. El hecho anterior, ocasiona que la evaporación y la transpiración sean menores, lo que a su vez, da lugar a un mayor exceso hídrico en el suelo, originando un mayor escurrimiento superficial y subterráneo de agua. De acuerdo con los cálculos realizados, la evaporación y la transpiración sólo afectan el 35% de la precipitación, lo cual produce un exceso de agua lluvia del orden del 65% (1442 mm/año). Obviamente los meses críticos corresponden al período lluvioso y especialmente a mayo y junio, durante los cuales el exceso es superior a los 200 mm/mes y, por lo tanto los escurrimientos serán bastante altos.

En resumen se puede concluir que las condiciones climáticas son ampliamente favorables a la sección de los agentes destructores del suelo. El exceso hídrico natural, unido a las bajas temperaturas y a la alta humedad del aire, causa la saturación permanente del suelo y lo deja expuesto a ser arrastrado y dispersado, sobre todo cuando no existe ni drenaje ni cobertura

vegetal adecuada. Las lluvias muy intensas o persistentes, como las de mayo, junio y agosto, son especialmente favorables al desarrollo acelerado de deslizamientos y erosión por el escurrimiento superficial y subterráneo en suelos que permanecen húmedos.

RESULTADOS

A continuación se exponen los resultados obtenidos en los sitios visitados, dejando por fuera aquellos derrumbes o deslizamientos observados a la distancia.

a) *Deslizamientos en las veredas Centro y Nariño, cuenca de la Q. Barroso.-* De acuerdo con los datos de campo y las versiones del guía (Sr. Filemón Páez) y de varios habitantes del sector se derivan las siguientes conclusiones:

- Los corrimientos comenzaron a manifestarse entre finales de mayo y comienzos de junio de 1986, y continuaban activos a comienzos de agosto del mismo año. A pesar de que el área afectada es relativamente grande (unas 100 hectáreas) y de la natural y justificada inquietud de los moradores, es de anotar que se trata de un proceso lento, que en dos meses de actividad produjo avances de la masa en movimiento y hundimientos, por rupturas rotacionales, que oscilan entre decímetros y metros, además de persistentes agrietamientos transversales y longitudinales del terreno.
- Los movimientos del terreno caben en la categoría general de "deslizamientos", pero de manera más estricta son deslizamientos de tipo complejo, producidos a través de múltiples superficies de ruptura o "despeque". Desde el punto de vista de la evolución, a la fecha de la visita, los deslizamientos de la Q. Barroso se encontraban en un estado "inicial", pero fueron suficientes para causar cambios en la forma del terreno (ondulaciones, hundimientos) y agrietamiento general del suelo, que en conjunto averiaron parcial o totalmente las viviendas e instalaciones situadas dentro del área afectada (Figs. 9 al 12), y causaron daños en los cultivos (caña de azúcar, plátano, fique, maíz y guayaba, principalmente).

Asimismo, debido a los hundimientos en la parte central del valle, se formaron pequeños lagos, habiéndose inclinado los árboles, en parte, hacia el oeste, es decir en dirección aguas arriba.

sor máximo de dicho relleno no pudo ser determinado, pero en la parte central del valle es superior a por lo menos 5 m. Por debajo, como sustrato, se tienen lutitas oscuras y bituminosas ("shales"), en su mayor parte con inclinación de 30° a 45° hacia el NW, es decir en sentido opuesto al de la pendiente.

Según se muestra en los cortes, se interpreta que los corrimientos involucran principalmente al relleno cuaternario, pero en los bordes de la masa en movimiento alcanzan a interesar las rocas antiguas del sustrato (Formación Conejo y Grupo Churuvita). En el sector al norte de la Q. Barroso (Vereda El Centro) el límite superior de los deslizamientos coincide con el trazo de una falla de dirección NNW-SSE, que pasa por el costado oriental de Rondón y se prolonga hasta la Q. Barroso; sin embargo, en la vertiente sur de dicha quebrada los movimientos sobrepasan claramente el trazo de la falla. Por el momento, ante la falta de estudios más detallados, no se conoce el alcance vertical de las superficies de ruptura, ni la profundidad de la "superficie de deslizamiento", que por razones prácticas, en los cortes se ha dibujado arbitrariamente.

- Los movimientos del suelo afectaron 19 viviendas, pero en caso de eventos futuros, es posible que los agrietamientos y despegues avancen lateralmente, involucrando casas y predios, por el momento fuera de peligro. Por esa razón, sería prudente establecer un margen de seguridad de unos 100 m más allá del límite de la zona afectada en junio - julio de 1986.

- La causa de los corrimientos tiene que ver, sin duda, con la pérdida de estabilidad del suelo (disminución de la resistencia al corte y tendencia al flujo) causada por las intensas lluvias registradas en la Cordillera Oriental, en lo que va corrido de 1986, en especial durante el segundo trimestre, a lo cual se suma que de por sí la región de Rondón, según datos de Eslava et al. (en prensa) cuenta con un alto promedio de precipitación anual: 2.200 mm (promedio de 30 años); en comparación, Bogotá tiene un promedio de 986 mm, Tunja de 727 mm y Sutatenza de 1160 mm.

- Según los vecinos de mayor edad, por lo menos en los últimos 40 años no habían ocurrido procesos similares a los arriba descritos, aunque, en las épocas lluviosas fuertes, se habían notado movimientos locales del suelo. Empero, el Sr. Rudecindo López, de 70 años, sostiene que unos 60 años atrás se presentaron deslizamientos semejantes a los actuales, pero de intensidad y proporciones mayores, llegando los agrietamientos "un poco más cerca del pueblo". De ser así se deriva que la recurrencia de estos deslizamientos tiene que ver con épocas lluviosas inusualmente fuertes, y que una vez amainan las lluvias, los corrimientos tienden a estabilizarse.

- La cuenca de la Q. Barroso, en el sector abarcado por los movimientos, contiene un relleno cuaternario, inconsolidado, que incluye detritos de rocas arcillosas oscuras, fragmentos silíceos, y clastos y bloques de areniscas; el espe-

b) *Deslizamientos en la vertiente nor-occidental de la Q. No Pases.*- Como ya se mencionó, se trata de un corrimiento pequeño (unos 50 m de ancho por unos 80 m de largo) que afecta el valle de una corriente estacional, afluente de la Q. No Pases en las proximidades de la Estación Meteorológica del HIMAT y la Concentración Escolar La Vega. En las superficies de ruptura de los costados se ven hundimiento de 60 a 80 cm, en tanto que en la cabeza del deslizamiento, aquellos llegan a 1,6 m. No hay casas o construcciones en peligro inmediato, pero en caso de que los movimientos prosigan, podrían dañar la vivienda del sr. Alfonso Arias (Fig. 5), localizada a unos 40 m del límite del sector afectado.

c) *Corrimientos en el casco urbano de Rondón.*- En el borde oriental de la cancha de juegos de la Concentración Juan José Rondón, y en un talud de unos 5 m de altura, se observa un deslizamiento pequeño que amenaza la casa de la sra. Zenaida



FIG. 2: Vista panorámica de la población de Rondón (en el centro) y a la cuenca de la Q. Barroso (extremo inferior derecho). Foto tomada hacia el NE.

Plazas de Soler, secretaria de la Alcaldía. El empuje de la masa desprendida ha producido grietas y abombamientos en dicha construcción. Al frente, al otro lado de la calle, se encuentran también agrietamientos y hundimientos que amenazan destruir 2 casas más, una de ellas ya abandonada.

d) *Deslizamientos en la vía a Tunja.-*

- En el km 2 se ven agrietamientos y hundimientos menores que si avanzan, pueden llegar a interesar un tramo de unos 100 m de la carretera. Al parecer los movimientos afectan un relleno cuaternario, con bloques flotantes de arena.
- En el km 6,5 en el sitio Los Laureles, en la cuenca de una corriente afluente de la quebrada del mismo nombre, se tiene un deslizamiento, que a decir de los vecinos, ocurre periódicamente, dañando la banca de la vía, en especial el puente (de madera). La morfología del terreno en este sector es bastante ondulosa, seguramente debido a la recurrencia de los movimientos.
- En el Alto de Bijagual, en el costado W de la carretera ocurrió un derrumbe de rocas oscuras (lutitas bituminosas del

Grupo Churuvita), inclinadas hacia el NW. El tramo afectado de la vía (unos 200 m) se encuentra en mala condición debido al exceso de agua apozada y a la falta de drenaje adecuado.

RECOMENDACIONES

Con el objeto de disminuir los riesgos y prevenir más daños causados por deslizamientos arriba descritos, se hacen las siguientes recomendaciones:

- Continuar la evacuación de las viviendas afectadas por los corrimientos en las Veredas Centro y Nariño, en la cuenca de la Q. Barroso, ya que se trata de un área que no ofrece garantías, a corto y a largo plazo, para las construcciones y la seguridad de quienes allí habitan.
- En lo posible, en todos los casos, tratar de estabilizar los deslizamientos rellenando o taponando las grietas y drenando los lagos formados recientemente. Así mismo, sería prudente evitar verter aguas adicionales (por ejemplo desagües) hacia la Q. Barroso. La aplicación de otro tipo de tratamientos correctivos exige la realización de estudios de mayor detalle. Dichos tratamientos resultan por lo general notablemente más costosos que los arriba indicados.

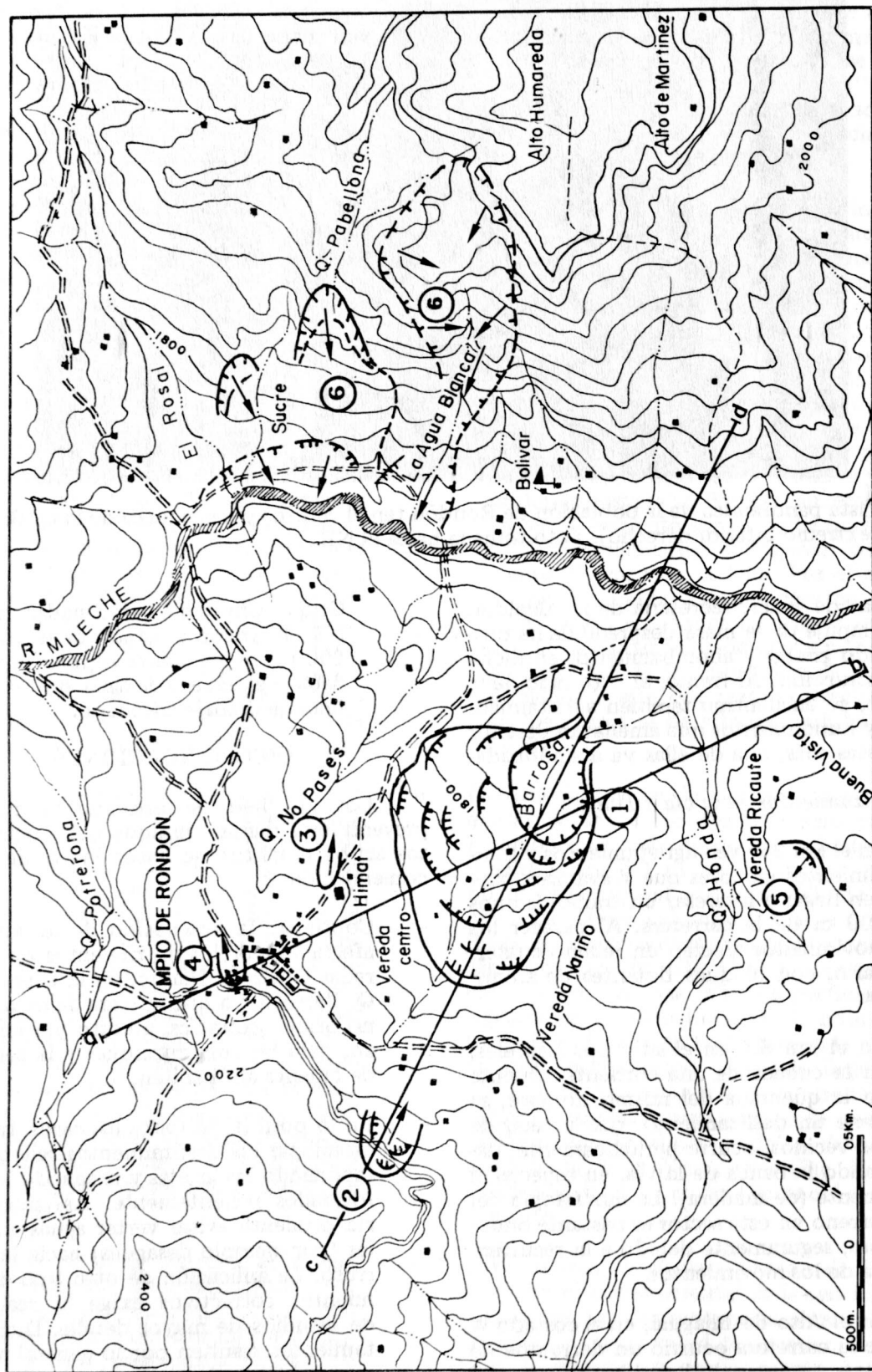


Fig. 3: Localización de los deslizamientos activos en jurisdicción de Rondón. 1 a 4: sitios visitados; 5 y 6, derrumbes observados a distancia. Detalles en el texto. a-b y c-d, cortes geológicos mostrados en la Fig. 7.

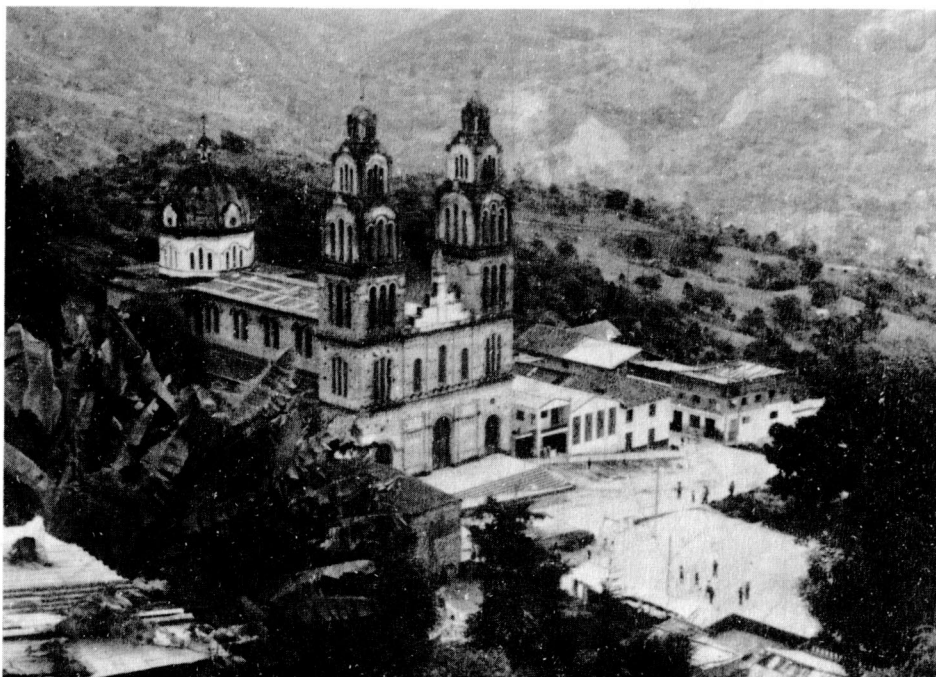


FIG. 4: Vista del centro de Rondón. Al fondo, en tonos claros, los deslizamientos de las Veredas Bolívar y Sucre. Foto tomada hacia el oriente.

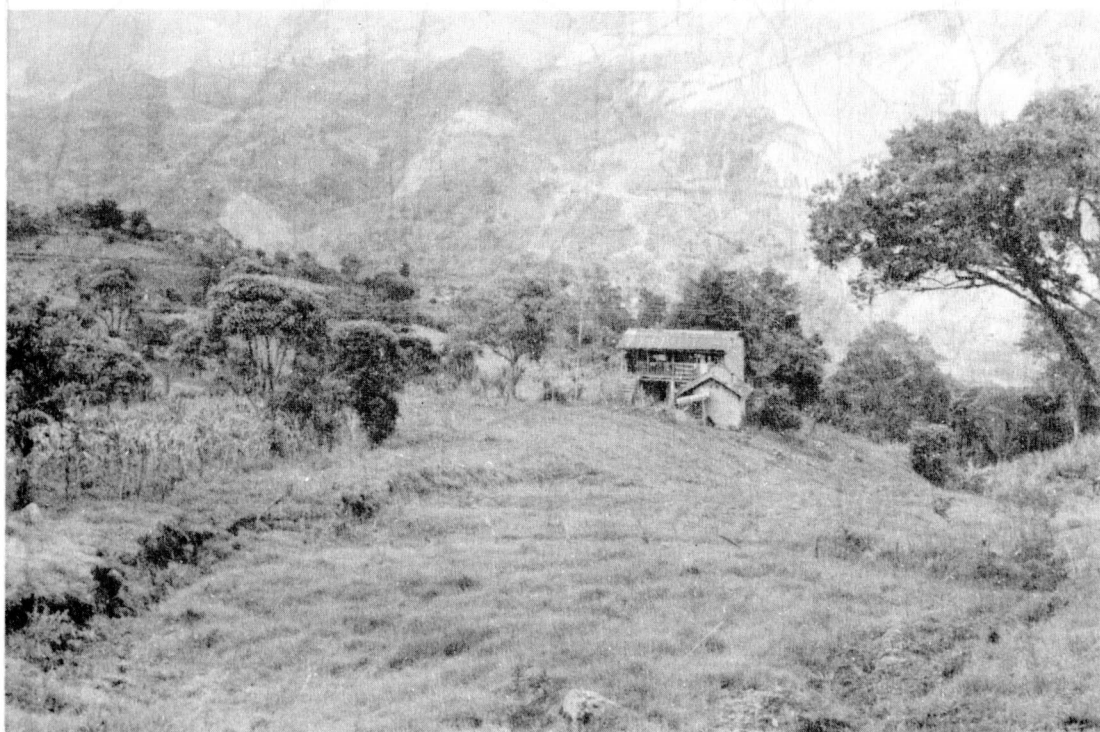


FIG. 5: Vista del deslizamiento No. 3 de la Fig. 3. En el centro la casa del Sr. Alfonso Arias, a unos 40 m más allá del límite del área afectada. Al fondo, en color claro, los deslizamientos de las Veredas Bolívar y Sucre.

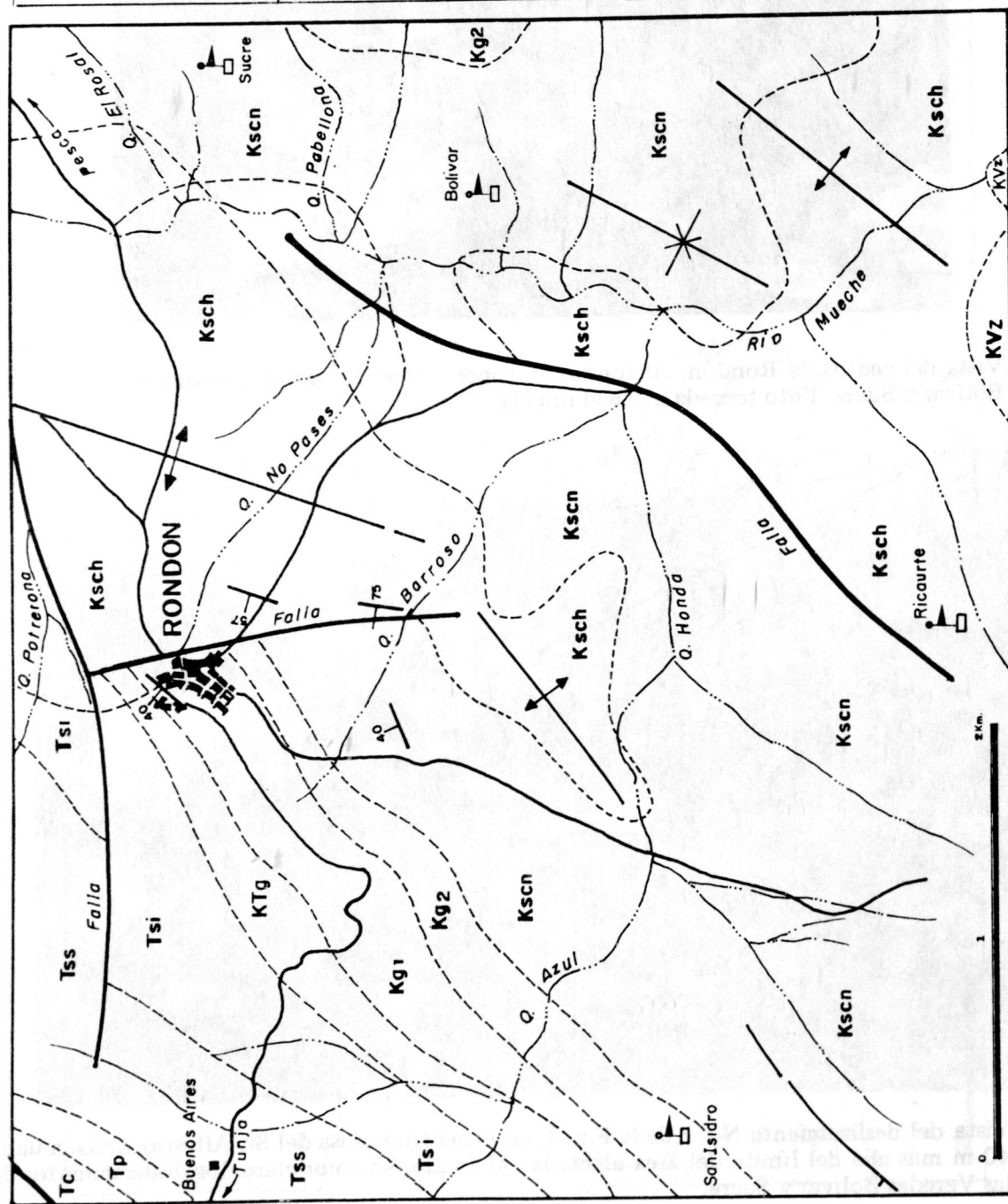


FIG. 6: Mapa geológico y columna estratigráfica generalizada del área de Rondón. Modificado de Renzoni et al 1983.

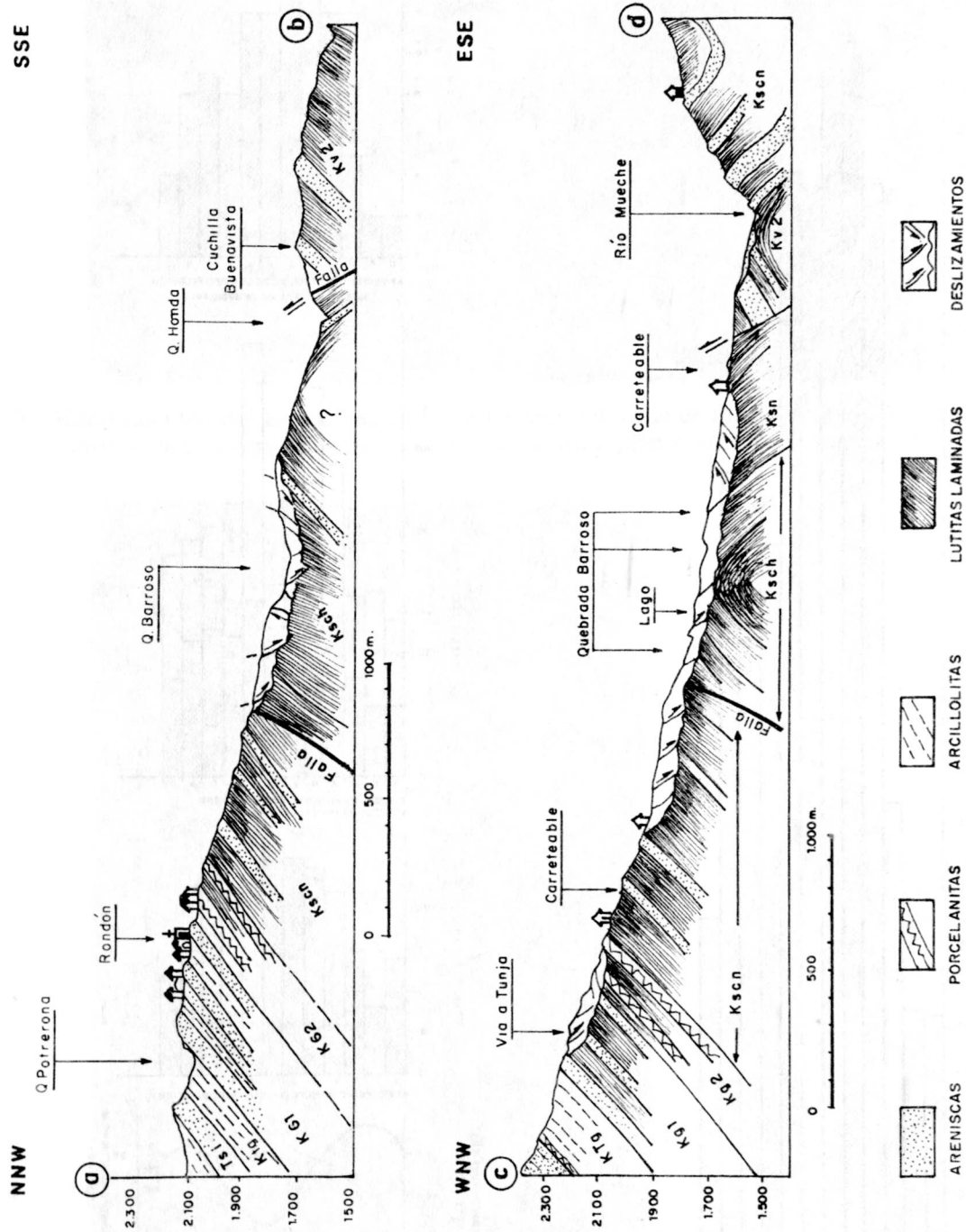


FIG. 7: Cortes geológicos, con inclinación de los sectores afectados por los deslizamientos en la Q. Barroso. Localización de los cortes ver Fig. 3; para abreviaturas de las Unidades litológicas. Ver texto y Fig. 6.

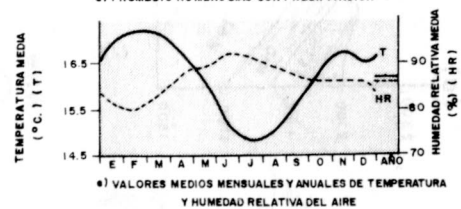
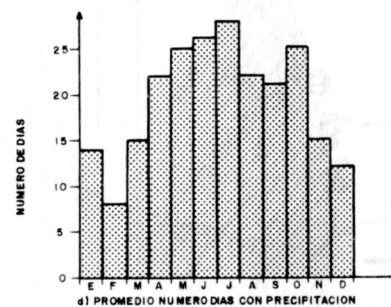
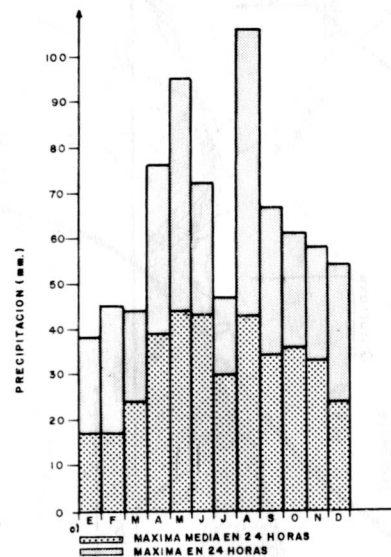
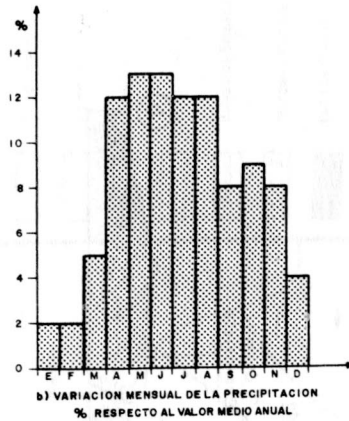
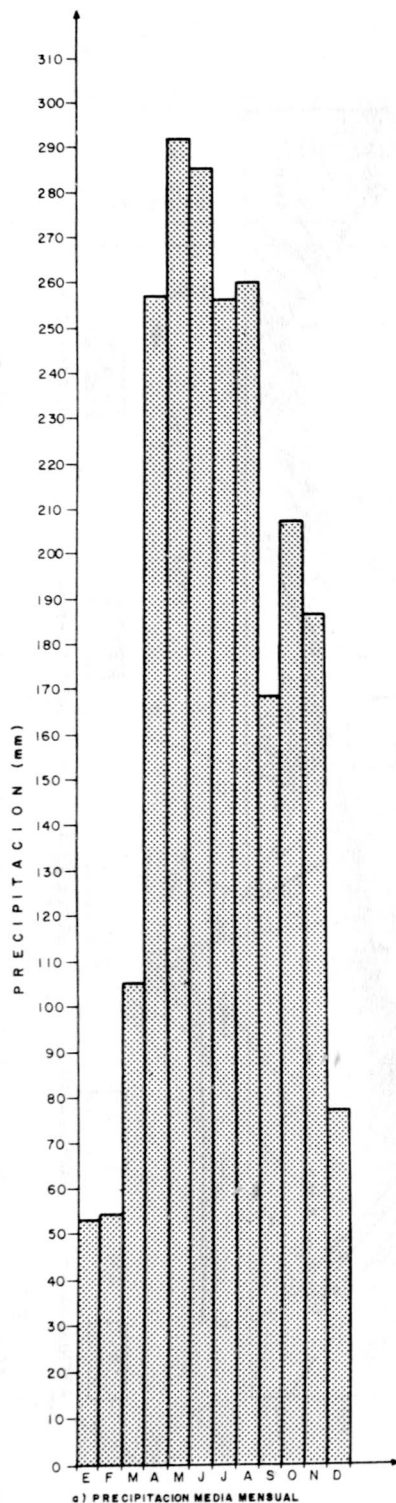


FIG. 8: Valores medios mensuales de los principales elementos climáticos en Rondón - Boyacá (Período 1955 - 1984).



FIG. 9: Hundimientos del terreno en la parte central del Valle de la Q. Barroso. Detrás del observador se ve una superficie de ruptura, con desplazamiento vertical de varios decímetros.



FIG. 10: Grietas transversales con abertura cercana a 30 cm. Sector Central del Valle de la Q. Barroso.



FIG. 11: Casa averiada, inclinada pendiente abajo, en el sector SW del área afectada en el valle de la Q. Barroso.



FIG. 12: Hundimiento del terreno en la margen izquierda de la Q. Barroso. La superficie de ruptura deja al descubierto unos 3 m del relleno cuaternario del valle.

- Procurar que las tierras de las áreas afectadas por los deslizamientos sean usadas únicamente para la agricultura y la ganadería, pero de ninguna manera para vivienda.
- En el caso de los deslizamientos en las proximidades de la Estación del HIMAT, éstos se podrían detener mejorando el drenaje, y construyendo algún muro de contención.
- Para el corrimiento en el casco urbano, que amenaza la casa de la señora de Soler, sería conveniente remover, hasta donde sea posible, la parte superior del mismo (sin eliminar el pasto que recubre el suelo), sellar las grietas y construir drenajes (canales, tubería) que protejan el área afectada de infiltraciones excesivas.

Si se desea obtener información más precisa que la consignada en este informe, es indispensable adelantar un estudio pormenorizado de la estructura geológica, las condiciones hidrogeológicas, el espesor de los rellenos cuaternarios y el fracturamiento de las rocas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su reconocimiento al colega Carlos. Villarroel (Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Bogotá) por su invaluable colaboración en los trabajos de campo y la discusión de los temas aquí tratados. Al Alcalde de Rondón, Sr. José R. Puentes por el apoyo para la inspección del terreno.

REFERENCIAS

ESLAVA, J., LOPEZ, V. & OLAYA, G. (en prensa): Contribución al conocimiento del régimen térmico y pluviométrico de Colombia. Colombia Geográfica, XII, 2, IGAC, Bogotá.

INSTITUTO COLOMBIANO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ADECUACION DE TIERRAS (HIMAT) (1955-1984): Anuarios meteorológicos, Boletines climatológicos e información disponible en la Sección de Archivo Técnico HIMAT. Bogotá.

KELLER, E. A., 1976: Environmental Geology. -2^d Ed., 547 pp., Charles E. Merrill Publ. Company, Columbus, Toronto, London.

RENZONI, G., ROSAS, H., & ETAYO, F., 1983: Mapa geológico de la plancha 171, Duitama, Esc. 1:100.000. Ingeominas. Bogotá.

SCHEIDEGGER, A. E., 1975: Physical aspects of natural catastrophes. 289 pp., Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam, Oxford, New York.

SCHEIDEGGER, A. E., 1984: A review of recent work on Mass Movements on Slopes and on Rock Falls. Earth Sci. Review. 21, 225-249, Amsterdam.

ZARUBA, Q. & MENCL, V., 1982: Landslides and their control. Develop. Geotech. Engineering 31. 2^d Ed. 323 pp., Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam, Oxford, New York.

Manuscrito recibido en septiembre de 1987
Dirección de los autores:
Departamento de Geociencias, Universidad
Nacional de Colombia.
Apartado 14490
Bogotá, Colombia.