



DESLIZAMIENTOS DE EL SALITRE Y
MESA ALTA - LA CHAPA

Presentado por:

ACERIAS PAZ DEL RIO S.A.

Bogotá, Marzo 1 de 1989.

DESLIZAMIENTOS DE EL SALITRE Y
MESA ALTA -- LA CHAPA

CONTENIDO

1. INTRODUCCION
2. SITUACION GEOLOGICA DE LA REGION
3. DESLIZAMIENTO DE EL SALITRE
4. DESLIZAMIENTO DE MESA ALTA - LA CHAPA
5. RECONOCIMIENTOS
6. BIBLIOGRAFIA

DESGLIZAMIENTOS DE EL SALITRE Y MESA ALTA - LA CHAPA

1 - INTRODUCCION

La cuenca del Río Chicamocha entre las poblaciones boyacenses de Belencito y Paz de Río presenta una variedad de problemas de índole geotécnica que van asociados con el tipo de materiales, el fallamiento geológico, el drenaje y las características climáticas de la región, entre otros factores.

La existencia de recursos minerales en esta zona ha motivado el desarrollo industrial. Las obras de infraestructura necesarias han sido afectadas por dichos problemas y esto ha llevado al estudio cada vez más en detalle de los fenómenos geotécnicos.

Acerías Paz del Río S.A., extrae el mineral de hierro y el carbón para su producción, de yacimientos situados en los alrededores de la población de Paz de Río, 35 km al norte de Belencito, sitio éste donde se construyó la Siderúrgica, que entró en operación hace 33 años. Para el transporte de los materiales se aprovechó un tramo de 12 km del ramal nordeste de los Ferrocarriles Nacionales entre las poblaciones de Belencito y Corrales, el cual fué prolongado hasta Paz de Río, por el fondo del cañón del Río Chicamocha (ver la Figura No.1). Desde un comienzo se reconocieron las desfavorables condiciones topográficas y geológicas del terreno, pero el estudio de otras posibles rutas llevó a descartarlas por ser impracticables o anti-económicas, de suerte que el trazado siguiendo el río quedó establecido como el único factible (Alvarado, 1981).

En 37 años de existencia del ferrocarril han ocurrido numerosos problemas de inestabilidad en ambas márgenes del río, y de socavación de su cauce, algunos de ellos muy graves por su magnitud y consecuencias. Cabe mencionar aquí, los deslizamientos de Carichana - El Limo, Costa Rica, Chicana, Hormezaque y Huerta Chiquita, entre los más importantes. El primero de ellos, al reactivarse en 1979, represó el Río Chicamocha destruyendo un tramo de la vía férrea. La reconstrucción del ferrocarril y apertura del canal del río tomaron un año.

Entre los problemas de deslizamientos más recientes se tienen los casos de El Salitre y de Mesa Alta - La Chapa, que aunque no afectan directamente a la línea del ferrocarril, constituyen una seria amenaza para los habitantes de la región y para algunas de las minas que explota La Empresa. Acerías Paz del Río, desde que se comenzaron a presentar los fenómenos a fines de 1986, como la principal damnificada, y consciente de la responsabilidad que le incumbe en la titánica y fructífera labor de desarrollar la industria pesada en beneficio del país, del Departamento y de la comunidad, no ha ahorrado esfuerzos para atacar y solucionar los problemas hasta donde es humanamente posible. Su personal técnico, de indiscutible idoneidad y consagración ha estado continuamente frente a las emergencias. Ambas zonas han sido estudiadas por Ingeominas, cuyas recomendaciones han sido acogidas por la Empresa.

La bibliografía adjunta ilustra también sobre los informes que se han producido acerca de los movimientos de El Salitre y La Chapa. Copia de éstos informes están en poder la Oficina Nacional para Atención a Emergencias de la Presidencia de la República (ONAE), lo cual nos permite abreviar las descripciones técnicas.

El objetivo de este informe es hacer un resumen de las condiciones, las características y las medidas correctivas aplicadas a los fenómenos de El Salitre y de Mesa Alta - La Chapa, con el fin de mantener informados a la ONAE y a la Gobernación de Boyacá sobre la evolución de los problemas.

En los párrafos siguientes se describen las obras realizadas para mitigar la amenaza creada por los deslizamientos. Estas labores y otras de ayuda a la comunidad han sido desarrolladas tanto por Acerías Paz del Río S.A., como por entidades tales como:

- Gobernación de Boyacá.
- Secretaría de Obras Públicas de Boyacá.
- INGEOMINAS.
- HIMAT, Regional Boyacá.
- MOPT, Distrito de Conservación No.4 (Duitama).
- Defensa Civil, Seccional Boyacá.
- Cruz Roja Colombiana, Regional Boyacá.
- Instituto de Crédito Territorial, Seccional Boyacá.
- INDERENA, Regional Boyacá.
- IDEMA Seccional Boyacá.
- I.C.B.F., Regional Boyacá.
- Alcaldías de los Municipios de Paz de Río, Tasco y Socha.
- Instituto de Desarrollo de Boyacá.
- Primera Brigada del Ejército Nacional.
- Departamento de Policía de Boyacá.
- Cuerpo de Bomberos de Paz de Río.

2. SITUACION GEOLOGICA DE LA REGION

Las condiciones de estabilidad de los taludes en la región están íntimamente relacionadas con las características geológicas presentes. En primer lugar, los principales deslizamientos se localizan en los afloramientos de las formaciones blandas, constituidas esencialmente de lutitas fisibles, o también de arcillolitas plásticas; en segundo lugar, la distribución de las fallas juega un papel importante en la delimitación de las áreas inestables.

La región entre Belencito y Paz de Río está constituida por dos distintas provincias geológicas, separadas por la gran falla de Soapaga, de rumbo SW-NE (Figura No. 1). Al occidente de la falla se levanta el Macizo de Floresta, un área compleja formada por rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias del Paleozoico, sobre las cuales yacen en discordancia depósitos continentales del Jurásico y estratos marinos del Cretáceo inferior. Al oriente de la falla se extienden los terrenos plegados de la serie neocretácico-terciaria, constituidos principalmente de formaciones lutíticas, de origen marino en la parte inferior y continentales en la mitad superior de la columna estratigráfica.

La falla de Soapaga, que es la principal dislocación de la región, se localiza de 2 a 6 km al occidente del curso del río Chicamocha. La influencia de esta falla en la evolución geomorfológica ha sido definitiva, ya que ha actuado como control de la dirección SW-NE del río, cuyo curso subsecuente recorre largos trayectos en los afloramientos de las formaciones blandas, presentando así baja estabilidad de las laderas.

Dentro de las formaciones terciarias en el área de interés, predominan las areniscas a veces conglomeráticas y las lutitas; es frecuente en el paisaje de la región encontrar plataformas y repisas, o escarpes cuasi verticales de gran altura, formados por las primeras, que emergen en las laderas más suaves dejadas por las lutitas. El conjunto aparece casi siempre con intensa fracturación y el proceso dominante es la erosión.

De gran importancia para los estudios de estabilidad son los depósitos cuaternarios, que consisten en rellenos aluviales, terrenos glaciales y acumulaciones coluviales. Los coluviones cubren la mayoría de las laderas de los valles de ríos y quebradas, formando los respectivos taludes. En muchos casos son terrenos mixtos, coluviales con morrénicos o con aluviales, por causa de sucesivos deslizamientos de masas. De cierto nivel hacia abajo el grado de mixtura es mayor debido a la frecuencia de los desprendimientos.

Los depósitos coluviales abundan en la región. Algunos abarcan decenas de hectáreas y corresponden a deslizamientos antiguos masivos y profundos como es el caso en las zonas de Costa Rica - Puente Bolívar, Huerta Chiquita, Carichana y Paz de Río (Figura No.1). En varios sectores se encuentran depósitos superpuestos de flujos de lodo separados por horizontes orgánicos sepultados; en otros, hay depósitos fluvio-glaciales y aluviales cubiertos por coluviones más recientes.

3. DESLIZAMIENTO DE EL SALITRE

El 6 de Diciembre de 1.987 comenzó a evidenciarse un deslizamiento de tierras en las cabeceras de la Quebrada El Salitre, a unos 4,5 km al noreste de la Población de Paz de Río. Su localización general se muestra en la Figura No.2. La inestabilidad del terreno evolucionó a una tasa alarmante desde su iniciación, adquiriendo el carácter de deslizamiento complejo, en el cual tuvieron lugar diversos tipos de movimientos de falla, algunos de ellos múltiples y retrogresivos, agravando las condiciones del conjunto. El área abarcada tiene una longitud de 2,6 km y ancho variable; el volumen deslizado se estima en 3,5 millones de metros cúbicos.

El deslizamiento afectó 58 hectáreas, cortó tramos del sistema vial de la región, integrado por las carreteras que unen a Paz de Río con Belén, Sátiva Sur y Paz Vieja, y los carreteables de acceso a los distintos frentes de explotación minera de Acerías Paz del Río S.A.. Destruyó varios centenares de metros de la conducción del acueducto de Paz de Río y un valioso bosque de eucaliptos de propiedad de Acerías con cerca de 80.000 árboles de 6 a 14 años de edad; desaparecieron 13 viviendas campesinas y los terrenos agrícolas que las circundaban. El avance de la masa inferior

del deslizamiento sobre el cauce del Río Soapaga, impuso una situación de alto riesgo para la población de Paz de Río y para instalaciones esenciales de Acerías; se interrumpió la explotación de mineral de hierro en cantidad que asciende a un 30% de las necesidades anuales de la Siderúrgica.

Importantes recursos humanos y materiales de Acerías, secundados por los provenientes de entidades nacionales, departamentales y municipales, fueron comprometidos en la atención del caso. Desde el 7 de Diciembre se acometió un programa de obras correctivas centrado en el drenaje y el movimiento de tierras, el cual se ha venido ajustando a las diferentes facetas que ha mostrado el problema. Para comprender mejor el fenómeno se dividió el área inestable en tres zonas (ver la Figura No. 2):

Zona 1: Ocupa la parte superior del terreno afectado, inmediata al flanco norte del Filo de Sibaria, en la base de la estratificación en la cual se halla la Mina de Hierro de Coloradales. El problema comenzó como un hundimiento sucesivo y el flujo de tierras posterior, abarcando un área de 500 m de longitud y 110 m de ancho promedio, desde la cota 2950 (Figura No 3), cerca de áreas de disposición de estériles de la mina, hasta un sector entre las cotas 2775 y 2825, donde se produjo una gran acumulación de suelo arcillo-arenoso y bloques de arenisca y mineral de hierro, éste procedente de montones que se derrumbaron a manera de deslizamientos satélites, al perder apoyo en el flanco oriental del flujo.

Zona 2: La acumulación de los detritos desplazados de la Zona 1 se produjo en la parte superior de una gran cubeta o plataforma del terreno de 900 m de longitud por 350 m de ancho promedio. Dicha cubeta falló a su vez, como consecuencia de la sobrecarga impuesta por el derrumbe anterior. La masa se deformó y rompió en forma compleja, con hundimientos múltiples, desplazamiento de bloques, levantamiento de varios sectores, volcamiento de bloques de suelo y roca, y flujos de detritos localizados en especial en el flanco norte. En general, predominó la traslación, y el frente avanzó incontenible hacia el estrechamiento de La Batea, destruyendo vías de acceso a los diversos afloramientos de mineral de hierro, así como la carretera a Sátiva Sur y a La Paz Vieja.

Zona 3: A partir del sitio de La Batea (cota 2645) se presenta una garganta empinada por la cual fluyeron con rapidez los materiales deslizados de más arriba, de manera que la lengüeta de escombros descendió de la cota 2645 a la 2450 entre el 7 y el 9 de Diciembre, sobre un valle de pendiente suave en cuya parte inferior estaban la carretera Paz de Río - Belén, la conducción del Acueducto de esta población y al fondo el Río Soapaga. El valle debía su origen a deslizamientos antiguos, del mismo tipo pero de magnitud mucho mayor que el actual. Este comenzó a fallar ante los inmensos empujes que se acrecentaban por nuevos flujos de tierra en la garganta, manifestándose varios sistemas de grietas longitudinales y transversales, zonas levantadas, otras hundidas, pero aguantando las presiones de la sobrecarga, hasta que el 15 de diciembre se produjo su rotura definitiva, la cual fue generalizándose en los días siguientes.

En el curso del estudio del deslizamiento se analizaron sus causas mas probables, anotando que algunas han obrado en carácter de contribuyentes y otras como disparadoras del proceso de inestabilidad. En la primera categoría se pueden incluir las siguientes:

- a. La zona está intensamente fracturada. Desde un comienzo se reconoció por los geólogos, la existencia de las fallas geológicas de Sibaria y el Salitre, alineadas casi coincidiendo con los flancos del deslizamiento. Como es bien sabido, a lo largo de las trazas de las fallas geológicas se constituyen zonas de debilidad por la alteración que sufren las rocas presentes, y se favorece la infiltración del agua y su suministro a otras áreas.
- b. En las formaciones de la región predominan rocas inherentemente débiles como las arcillolitas, limolitas y areniscas no cementadas. Todas pertenecen a la clase de "rocas blandas" que se estudia en la moderna Mecánica de Rocas, refiriéndose a materiales degradables y de baja durabilidad, sobre todo ante la influencia de los agentes climáticos.
- c. La estructura geológica es también desfavorable; los estratos rocosos están inclinados hacia el norte y el noroeste, es decir, en dirección al valle de la Quebrada El Salitre. Por consiguiente las aguas y los productos de la meteorización, o los depósitos superficiales, fluyen con facilidad hacia la zona inestable y existen superficies de deslizamiento naturales para que las rocas y suelos se inestabilicen por cualquier motivo.
- d. La región entera, obedeciendo a factores como los anotados en (a) y (b), tiene una larga historia de deslizamientos. La misma cuenca de la Quebrada El Salitre ha sido afectada por hundimientos y flujos de tierra en años recientes, como lo muestra el estudio de fotos aéreas de 1953, 1956 y 1967.
- e. La inexistencia de una buena cobertura vegetal en las laderas aferentes a la Quebrada El Salitre. Con excepción del bosque de la Empresa.

La principal causa disparadora fue la acción de las lluvias intensas en Septiembre-October - Noviembre de 1987.

Obras Correctivas y preventivas:

Se centraron en el drenaje y la conformación del terreno, se atendió a la necesidad imperiosa de reducir las presiones hidrostáticas, impedir en lo posible la entrada de nuevos volúmenes de agua a la masa inestable, controlar el flujo de la que ya circulaba dentro o debajo del cuerpo en estado de falla y evitar la saturación de los materiales derrumbados o desplazados y su ablandamiento consiguiente.

La conformación del terreno, además de buscar una redistribución de esfuerzos inducidos por los grandes volúmenes ya deslizados, se concibió con el propósito fundamental de prevenir el desplazamiento de masas adicionales entre las Zonas 1 y 2 que componen la parte superior del desliza-

miento general, y de aquellas hacia el depósito inferior que se mueve sobre el cauce del río. También, al escalonar o uniformizar la superficie del terreno afectado, se contribuye a la eficacia del drenaje.

Se pensó en la importancia de construir alguna estructura de contención en el sitio de la Batea, con el propósito de impedir hasta donde fuera posible el flujo de materiales de derrumbe desde la Zona II a la garganta de la parte superior de la Zona III, y al mismo tiempo sostener la banca de la carretera a Paz Vieja y Sátiva Sur, importante también para actividades mineras. La imposibilidad práctica de construir estructuras de ingeniería tales como muros, pilotajes, pantallas ancladas, llevó a establecer un sistema por el cual un gran bloque de material del extremo de la Zona II, sobre la Batea, se puso a actuar como una gran masa de contención, a manera de tapón, capaz de resistir en alto grado los posibles empujes debidos a desplazamiento posterior en las Zonas I y II. Para lograr esta acción, se procedió a canalizar el flujo superficial hacia un zanjón de drenaje desviado hacia el noreste arriba de la Batea, que entrega sus aguas a una quebrada que circunda un cerro del extremo oriental de La Batea y entrega a la Quebrada El Salitre abajo de la garganta. Luego se acometió un terraceo del bloque de terreno y un programa de drenaje intenso captando aguas de todos los nacimientos que fueron localizados mediante inspección cuidadosa por los geólogos de la Empresa. El sistema ha trabajado bien hasta la actualidad. Se mejorará la consistencia del bloque por medio de la perforación de drenes horizontales desde la banca de la carretera a Sátiva Sur, localizados en los flancos del estrechamiento por donde antes fluyeron los materiales hacia la garganta.

Se construyeron zanjas y canales de coronación, para interceptar aguas de escorrentía en las Zonas I y II; se construyó un sistema de drenaje profundo en la Zona III por medio de drenes practicados desde túneles en desuso, que consistieron en dos perforaciones con 44 y 38, de inclinación y de 105 y 150 m de longitud respectivamente. Al comienzo de las perforaciones se observó el gran caudal que extraían, el cual ha ido variando con los períodos de pluviosidad y de sequía de la región.

Por otra parte, se ha llevado a cabo desde los primeros días, un programa de mediciones topográficas del movimiento del terreno en diversas secciones transversales seleccionadas en las tres zonas. A partir de Mayo de 1988 los movimientos registrados han sido tan pequeños que se reduce la probabilidad de futuros desplazamientos que dieran lugar a eventos catastróficos, y que resaltan la bondad de las medidas correctivas.

Se ha presentado asesoría a Empoboyacá y al Municipio de Paz de Río en la definición del corredor para el nuevo acueducto sobre la margen derecha del Río Soapaga.

A continuación se presenta un balance de las cantidades de obra realizada hasta el 31 de Diciembre de 1988, por parte de Acerías.

CUADRO No.1 - LABORES PDR

<u>Obra</u>	<u>Actividad</u>	<u>Cantidad ejecutada</u>
1.	Configuración del terreno	400.000 m
2.	Conformación de terrazas	200.000 m
3.	Canales de captación de aguas	3.500 m
4.	Reapertura del cauce y quebrada	400 m
5.	Reconstrucción y estabilización de la carretera Paz de Río-Sátiva	20.500 m
6	9 perforaciones verticales con instalación de piezómetros.	813 m
	2 perforaciones bajo tierra	255 m
7.	Construcción de canales superficiales y sellado de grietas.	7.000 m

A la misma fecha entre la Gobernación de Boyacá, MOPT, HIMAT y FNCV han ejecutado durante el mismo período las obras incluidas en el Cuadro No.2.

CUADRO No.2 - LABORES OTRAS ENTIDADES

<u>Obra</u>	<u>Actividad</u>	<u>Cantidad ejecutada</u>
1.	Configuración del terreno	156.000 m
2.	Conformación de terrazas	105.000 m
3.	Reapertura del cauce de la quebrada El Salitre y construcción de canales tributarios	20.000 m
4.	Construcción de obras de paso sobre la vía provisional Belen - Paz de Río	Las necesarias
5.	Ampliación del cauce en el río Soapaga	8.000 m
6.	Dragado y ampliación del río Chicamocha	600 m

Durante el año 1988 Acerías Paz del Río, por concepto de alquiler de maquinaria, personal contratado, combustibles, lubricantes y materiales varios invirtió la suma de \$ 132.000.000= únicamente en las zonas que le fueron asignadas.

En la actualidad como resultado de todos estos trabajos la masa deslizada está estable, con un funcionamiento eficiente del sistema de drenaje; sin embargo, ha presentado algunos movimientos parciales y daños en terrazas y captación de aguas, debido a la intensidad del pasado invierno, por lo cual Acerías ha elaborado el siguiente programa para el año de 1989, que tiene un costo aproximado de \$ 35.000.000=.

- Perforación de tres nuevos pozos para la extracción de agua.
- Recuperación de 130 m de madera.
- Continuar con el mantenimiento de canales, acequias y terraplenes.

Las entidades oficiales deberán terminar las obras 1 y 2 del Cuadro 2, así como los trabajos necesarios para la vía Belén-Paz de Río, pues las labores desarrolladas hasta la fecha han tenido un carácter provisional.

4. DESLIZAMIENTO DE MESA ALTA - LA CHAPA.

A principios de Noviembre de 1986 ocurrió un deslizamiento de terreno en las cabeceras de la quebrada La Chapa, 4 km al sureste de la población de Paz de Río (Figura No. 4).

El fenómeno tuvo lugar en el Páramo de Mesa Alta, ubicado aproximadamente a 2.000 metros de distancia y a una diferencia de nivel de 700 metros de las instalaciones de minería de carbón de La Chapa, de Acerías Paz del Río. Se presentaron deslizamientos de un depósito glacial, ocasionando fuertes avalanchas de detritos y rocas que descendieron por la quebrada La Chapa, depositándose en parte en el patio de la mina y amenazando las casas que quedan en inmediaciones de la quebrada, la Inspección de Policía de Santa Teresa, ubicada en la desembocadura de dicha quebrada al río Chicamocha, y el represamiento del mismo río.

El área afectada se puede dividir en tres zonas, en cada una de las cuales ocurre una fase del fenómeno y puede aplicarse un determinado conjunto de medidas correctivas.

A. Zona de suministro o fuente de los materiales

Corresponde al deslizamiento de Mesa Alta localizado de la cota 3300 hacia arriba (Figura No. 9), en terreno con pendiente promedio cercana a los 15, Se trata de una masa constituida por depósitos glaciales, con enormes bloques de arenisca contenidos en una matriz de arcilla arenosa, completamente saturada por efecto de abundantes corrientes de agua subterránea.

El desplazamiento se produce sobre el contacto con los estratos rocosos subyacentes (areniscas y arcillolitas). Las areniscas forman escarpes y plataformas o repisas. El macizo rocoso se halla afectado por dos fallas cuya intersección se produce en la vecindad del extremo inferior del deslizamiento; se asigna a estas fallas un papel importante entre los factores previos que han llevado a que el deslizamiento ocurra en ese sitio, por inducir mayor fracturación de las rocas e influir en el patrón de drenaje superficial y subterráneo. El INGEOMINAS (1987) llevó a cabo un estudio geofísico mediante el cual se establecieron profundidades de la masa de 8 a 30 m.

La longitud del deslizamiento es de 470 m, con un ancho de 170 m hasta unos 50 m antes del pie, ya que aquí se estrangula por el obstáculo del afloramiento de areniscas masivas. El material del frente, cuando sobrepasa la barrera, cae y se acumula al pie del escarpe, quedando apoyado en la intrincada vegetación presente.

B. Zona de flujo canalizado.

Se localiza esta zona entre las cotas 3200 y 2690. La quebrada se encañona entre paredes verticales de areniscas con intercalaciones de arcillolita, desciende en escalones, con trechos intermedios de pendiente variable entre 24 y 47, y escarpes desde los 70 a 90. Esta zona se caracteriza por la incorporación de nuevos materiales, por arrastre de rocas, suelos y vegetación, la acumulación temporal en repisas ó por represamientos (lo que representa mayor peligro potencial de avalanchas menores pero de todas maneras destructivas), y el aumento parcial de la eficiencia hidráulica del cauce (traducido en mayor velocidad en el descenso de las avalanchas).

C. Zona de sedimentación

La constituye el área de menor pendiente en la base de la zona escarpada. Por debajo de la cota 2690 la pendiente general es del orden de 5 a 8. La tendencia a sedimentar en esta área se aumenta por existir sectores planos correspondientes a patios, carreteras de acceso y edificaciones.

Existe un cierto riesgo para casas ribereñas en la Vereda de La Chapa y alguna posibilidad de que los detritos que lleguen al río ocasionen un taponamiento cuya magnitud y duración son muy difíciles de prever. La ocurrencia de estos fenómenos aguas abajo de la mina depende de la magnitud de la avalancha, de la cantidad de agua que se le incorpore, de la existencia de obras de protección y otros factores; se comprende que el control ya sea total o parcial, de varios factores, puede exceder los alcances corrientes de la Ingeniería. La puesta en práctica de medidas preventivas y correctivas del deslizamiento y de protección contra avalanchas, sumada a la preparación de la comunidad amenazada que ya han adelantado las entidades correspondientes permite reducir las condiciones de riesgo. El INGEOMINAS (1987), elaboró el mapa de riesgos correspondiente.

Medidas correctivas y preventivas:

De acuerdo con los mecanismos de falla descritos y con los análisis de las condiciones de las avalanchas, se han realizado diversas obras que comprenden:

Zona A: Zanjas de drenaje, canales de intersección, captación y desague, filtros poco profundos, desvío de corrientes de agua, tratamiento de cauces mediante limpieza, rectificación y ampliación, colocación de trinchos, sellado de grietas, filtros profundos, drenes horizontales y terraje local.

Zona B: Eliminación o descarga gradual de depósitos en repisas o recodos del cauce, excavación de canales laterales de alivio, intercepción de afluentes para conducirlos a otras vertientes, construcción de diques transversales o trinchos.

Zona C: Obras de contención para resistir presiones e impacto y obras de desvío y conducción, muros, barreras o pilotajes, rellenos o terraplenes y canales.

Durante el año de 1988 se realizaron los siguientes trabajos por parte de Acerías Paz del Río.

CUADRO No.3 LABORES PDR

<u>Obra</u>	<u>Actividad</u>	<u>Cantidad ejecutada</u>
1.	Revestimiento canal con piedra pegada	370 m
2.	Construcción muro en piedra pegada para conservación de canales	42 m
3.	Sellado de grietas	Trabajo permanente con una cuadrilla de obreros
4.	Explanación y configuración terrazas	406 horas de bulldozer.
5.	Construcción de trinchos de gaviones en el deslizamiento y cauce de la Quebrada La Chapa	898 m
6.	Control topográfico	2 controles/mes.

Obras realizadas por entidades oficiales:

CUADRO No.4 - OTRAS ENTIDADES

<u>Obra</u>	<u>Actividad</u>	<u>Cantidad ejecutada</u>
1.	Mantenimiento vías de acceso y canalización.	1 cuadrilla de obreros durante seis meses.
2.	Explanación y conformación terrazas.	Nada

Durante el segundo semestre de 1988, debido a diferentes factores, tales como las lluvias, falta de operadores y daño de la maquinaria de las entidades oficiales, solo fué posible hacer un terraceo cercano a la corona de deslizamiento, no contemplado en el programa inicial.

Se construyeron por parte de Acerías Paz del Río, S.A., varios muros de gaviones a manera de diques transversales o trinchos, con los cuales se buscaba aminorar la energía de los flujos de lodo, sedimentar parte de los materiales que acarrear y retener los de mayor tamaño, a sabiendas de que en el proceso podían ser destruidos los muros, como en efecto pasó, pero favoreciendo a la población que habita las zonas de exposición al riesgo. En todos estos trabajos Acerías gastó la suma de \$30.000.000=.

El hecho de que no se hayan ejecutado todas las obras correctivas y preventivas, sobre todo desaprovechando los periodos de verano, lleva a que continúe la amenaza de nuevas avalanchas y que sean muy fundados los temores que han expresado los voceros de las comunidades que pueden ser afectadas.

Para 1989 es imprescindible ejecutar el programa del Cuadro No. 5, puesto que se quiere controlar el riesgo. Las obras por realizar por parte de Acerías Paz del Río tienen presupuesto de \$10.000.000=.

CUADRO No 5 - OBRAS PDR

1. Conservación de canales mediante revestimiento	100 m
2. Sellado de grietas.	Cuadrilla permanente de obreros.
3. Explanación y configuración terrazas	1200 horas de bulldozer
4. Construcción de gaviones en el deslizamiento y cauce, quebrada La Chapa	200 m
5. Control topográfico	2 controles/mes
6. Perforación de drenaje	
6.1 Explanación y accesos con bulldozer	250 m
6.2 Perforación principal	200 m
6.3 Perforaciones poco profundas	300 m

Obras por realizar por parte de entidades oficiales:

CUADRO No. 6 - OBRAS OTRAS ENTIDADES

1. Mantenimiento de las vías de acceso y canales de desagüe.	1 cuadrilla de obreros por seis meses.
2. Explanación y conformación terrazas	1200 horas de bulldozer 1200 horas de retroexcavadora.

Como se aprecia, se ha adicionado una nueva actividad, que es la de perforación para drenaje, con la cual se piensa controlar aguas subterráneas (Figura No. 5). Sin embargo, el conjunto de medidas no garantiza una completa estabilización de la zona, debido a que persisten las siguientes condiciones adversas:

- a. La escarpada topografía para evitar avalanchas que se desprendan por sí solas y que induce altas velocidades del material que no permite un sistema de alarma inmediato, ya que se ha calculado que el tiempo entre el desprendimiento de material y su arribo al patio de la mina sería de apenas 3 a 5 minutos.
- b. La limitada eficacia que tienen los sistemas de drenaje superficial debido al gran espesor de la masa en movimiento.

- c. La captación del agua subterránea mediante la perforación horizontal es fundamental. No obstante, las condiciones hidrológicas severas presentes en la masa exigen contemplar una alternativa de mayor eficiencia como podría ser la construcción de una galería de drenaje. Hay que anotar que su costo puede sobrepasar los presupuestos de las Entidades comprometidas.
- d. Las obras de control en el cauce de la quebrada La Chapa, como son los trinchos de gaviones, tienen un carácter temporal ya que en forma cíclica se construyen para que reciban el impacto de la masa y son destruidas en esta acción. Durante la fase de reconstrucción se mantiene el nivel de alto riesgo en las zonas aledañas a la quebrada.

5 - RECONOCIMIENTOS

En la elaboración del presente informe participaron:

Ingeniero Arturo Rangel Duque, Vicepresidente de Operaciones

Ingeniero Ricardo Gallo, Director de la División de Minas

Geólogo Italo Reyes, Director de la Subdivisión de Geología

Geólogo Benjamín Alvarado, Asesor de la Empresa

Ingenieros Manuel García López y Juan Manuel Martínez R, Ingeniería y Geotecnia Ltda., Asesores de la Empresa.

Bogotá, Marzo de 1989.

6 - BIBLIOGRAFIA

- Alvarado Benjamín, García L. Manuel, Reyes Italo y Jiménez M. Gonzalo (1987), "Control Geotécnico del Ferrocarril de Paz del Río", VIII Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones, SIMSIF-Sociedad Colombiana de Geotecnia, Cartagena.
- Alvarado Benjamín, (1986), "Avalanchas en las cabeceras de la Quebrada La Chapa". Correspondencia interna, al Dr. Francisco Triana, Vicepresidente Ejecutivo, ACERIAS PAZ DEL RIO S.A., Bogotá, Diciembre.
- Alvarado Benjamín, (1981), "Informe sobre la estabilidad de la línea del ferrocarril Belencito-Paz de Río", ACERIAS PAZ DEL RIO S.A., Bogotá, julio.
- Alvarado Benjamín, Suárez-Hoyos V., (1948), "Informe geológico - Trazado del ferrocarril Corrales-Paz de Río", ACERIAS PAZ DEL RIO S.A., Bogotá, septiembre.
- Brown A., Rippere K., (1984), "Stability of the Paz de Río - Belencito Railway", Report to ACERIAS PAZ DEL RIO S.A., GOLDR ASSOCIATES, Denver, Colorado.
- EPAM LTDA (1988), "Estudio geomorfológico y geotécnico del deslizamiento de coloradales El Salitre y mapa geomorfodinámico del área de influencia de Paz de Río", Bogotá.
- García-López Manuel, Martínez R. Juan M., (1988), "Problemas Geotécnicos en Región Belencito - Paz de Río, Informe a la Junta Directiva de ACERIAS PAZ DEL RIO S.A., Trabajo No.222-12 de INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA., Bogotá. Enero.
- García-López Manuel, Martínez R. Juan M., (1987), "Análisis de riesgo por avalanchas", INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA, Bogotá, Julio.
- García-López Manuel, (1986), "Consideraciones geotécnicas sobre las avalanchas de detritos en la Quebrada La Chapa", INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA, Bogotá, Diciembre.
- García-López Manuel, (1984), "Consideraciones sobre la estabilidad del terreno en varios sitios críticos del ferrocarril Belencito Paz de Río: Chicana, Costa Rica, Hormezaque, Chinchilla y Colacote", Informe de INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA. a ACERIAS PAZ DEL RIO S.A., Bogotá, noviembre.
- García-López Manuel, (1981), "Problemas Geotécnicos en el Cañón del Río Chicamocha - Ferrocarril Belencito - Paz de Río, Programa de Asesoría", INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA., Bogotá.
- Gobernación de Boyacá, (1988), "Plan de obras para los Municipios de Paz de Río, Soacha, Tasco - Deslizamientos de la Chapa y El Salitre", Tunja.

- Housel W.S., (1952), "Report on Inspection and Suggested Treatment of Earth Slides on Belencito to Paz de Rio Railroad", Empresa Siderúrgica Nacional de Paz de Río S.A., Belencito, Junio.
- INGEOMINAS, (1987), " Estudio Geológico y mapa de riesgos, Quebrada La Chapa, área de los municipios de Socha, Tasco y Paz del Río, Depto. de Boyacá", Bogotá.
- INGEOMINAS, (1988), "Análisis geológico del deslizamiento de El Salitre, Municipio de Paz de Río y elaboración del mapa potencial por avalancha de detritos e inundaciones", Bogotá.
- Martínez R. Juan M., (1987), "Estado actual de la zona inestable de Mesa Alta - La Chapa", INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA, Bogotá, Mayo.
- Reyes Italo, (1986), "Deslizamiento de La Chapa", Informe de la Subdivisión de Geología al Superintendente de Minas, ACERIAS PAZ DEL RIO S.A., Belencito.
- Reyes Italo, (1984), "Geología de la Región de Duitama-Sogamoso-Paz de Río". UPTC, Sogamoso.
- Reyes Italo (1989), "Los movimientos del terreno en la región de Cámeza-Socha, Departamento de Boyacá - Colombia", ponencia presentada para el V Congreso Colombiano de Geología, Bucaramanga.
- Sarmiento Gustavo, (1986), "Análisis Geológico del Deslizamiento de la Quebrada La Chapa, Municipio de Socha - Tasco (Boyacá)", INGEOMINAS, Bogotá, Noviembre.
- Valdiri Jorge, (1987), "Comentarios sobre el fenómeno de inestabilidad en La Chapa, Municipio de Tasco, Departamento de Boyacá", AGUNAL, Bogotá.

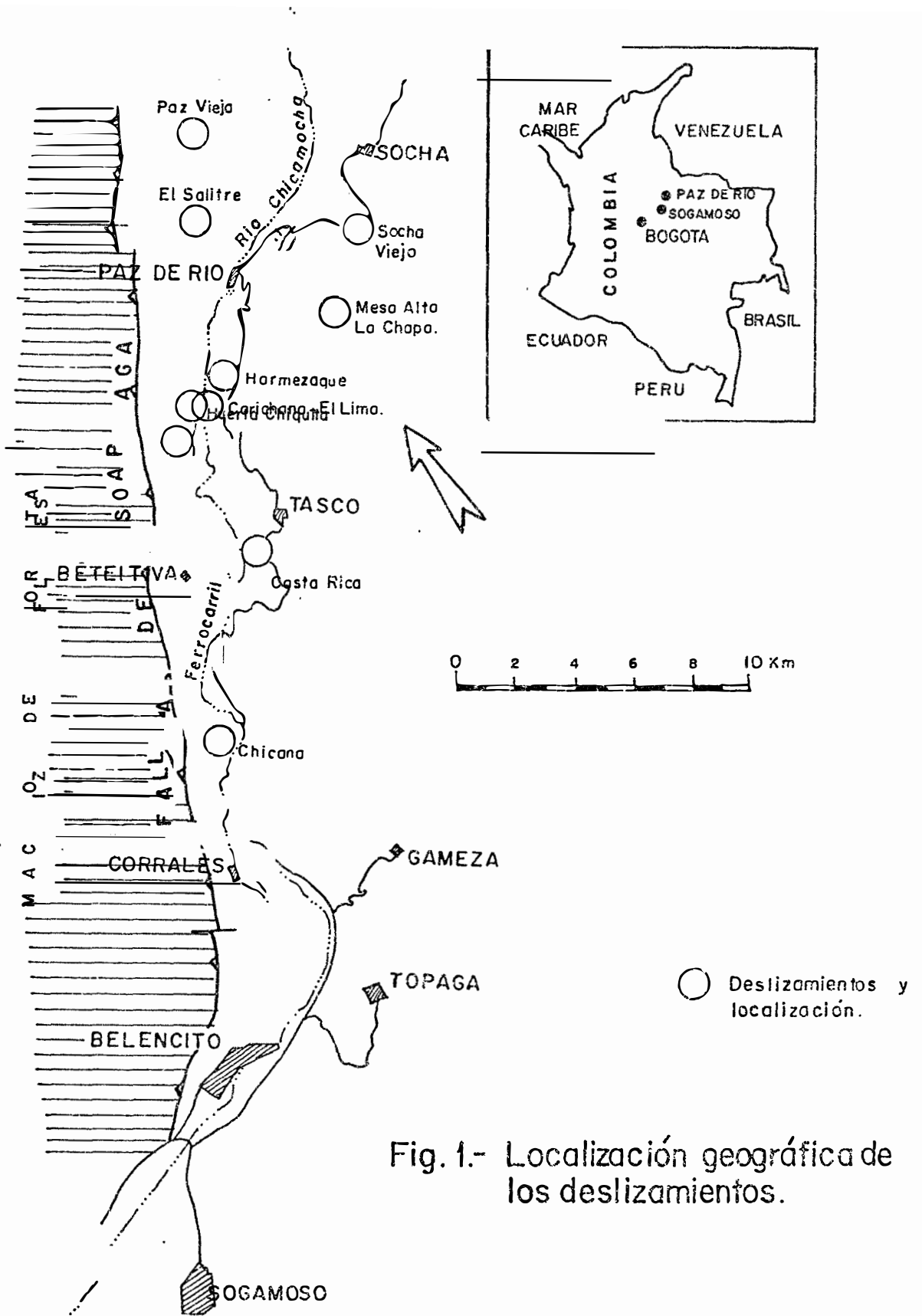


Fig. 1.- Localización geográfica de los deslizamientos.

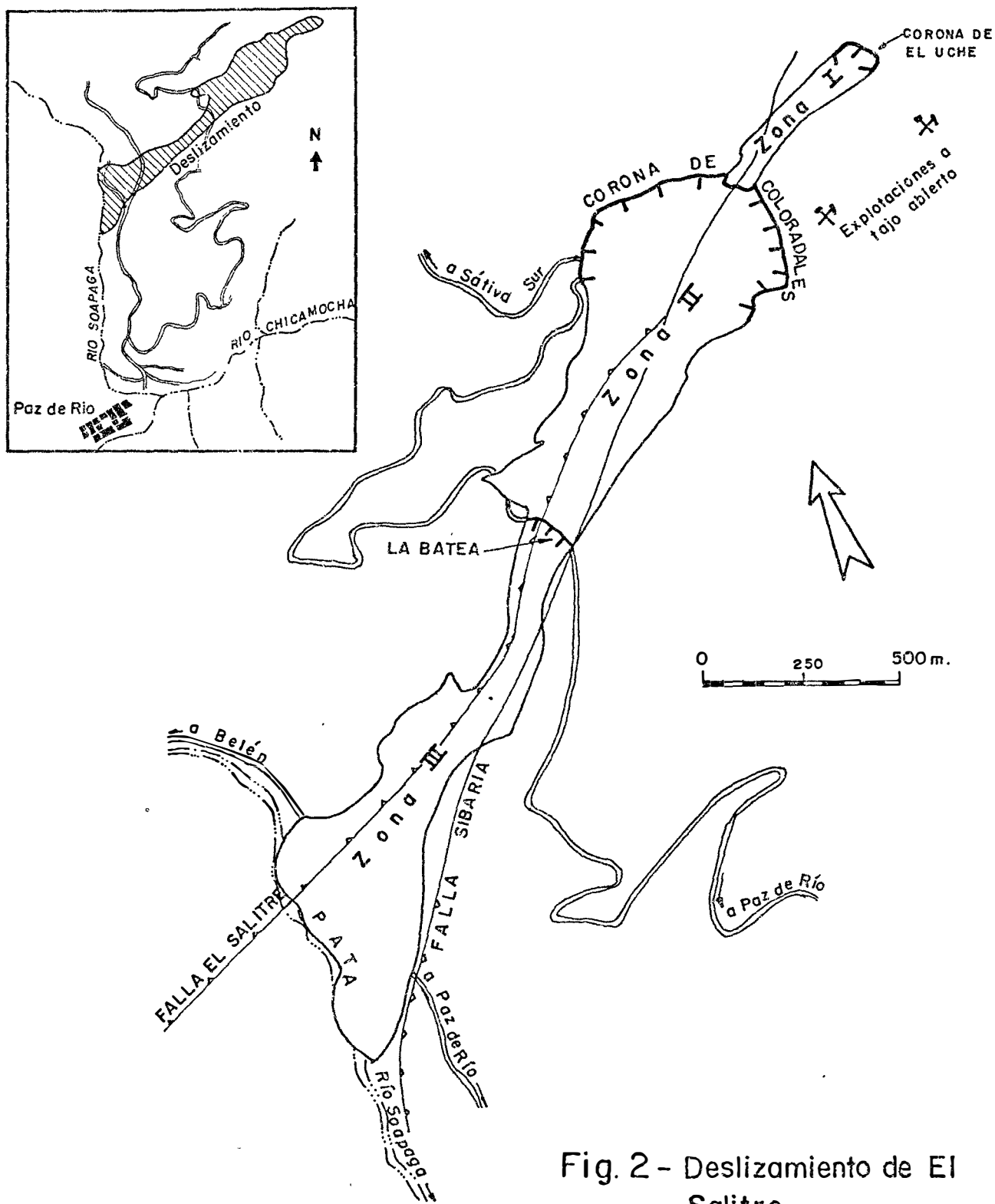


Fig. 2 - Deslizamiento de El Salitre.

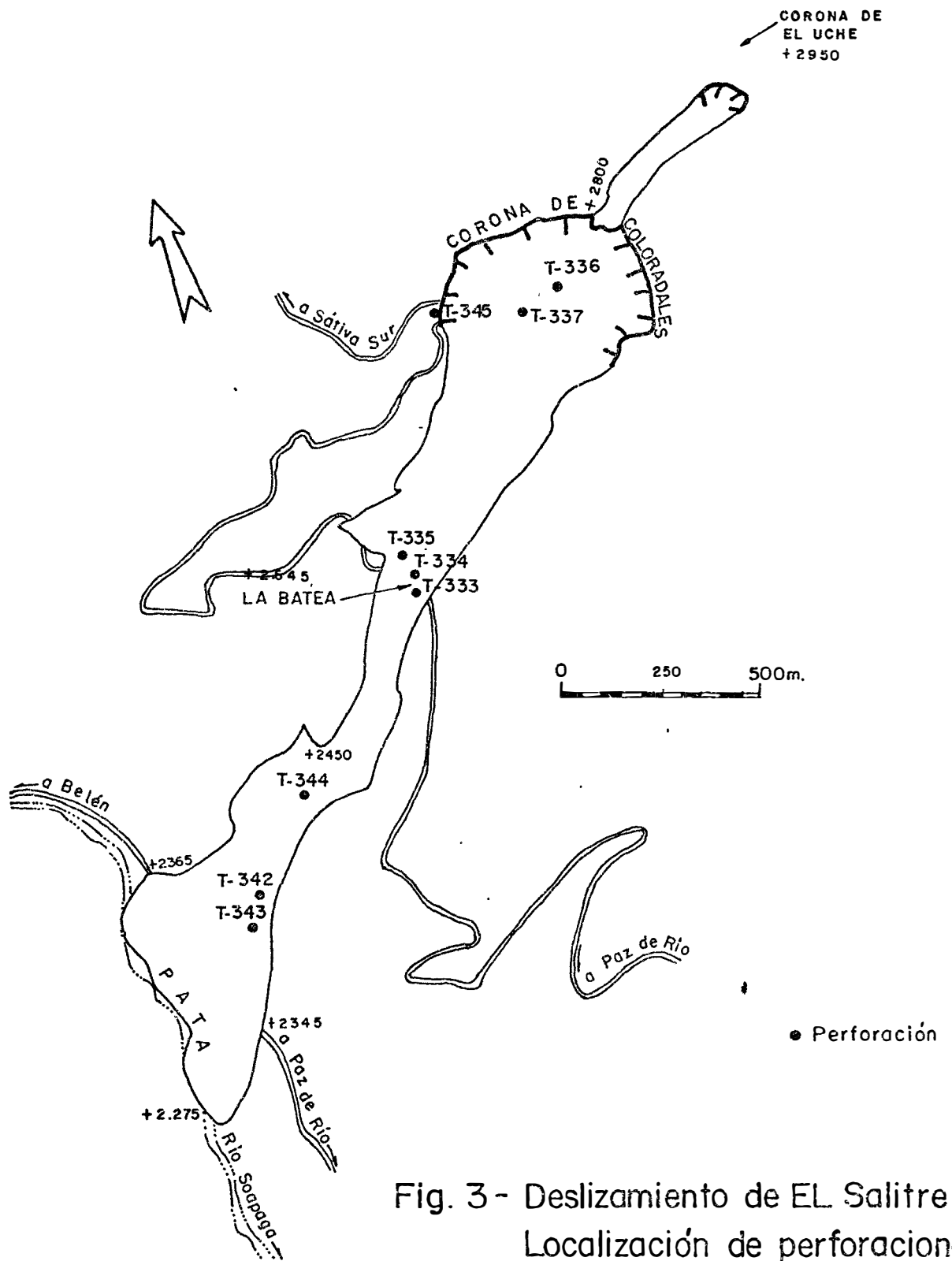


Fig. 3- Deslizamiento de EL Salitre
Localización de perforaciones.

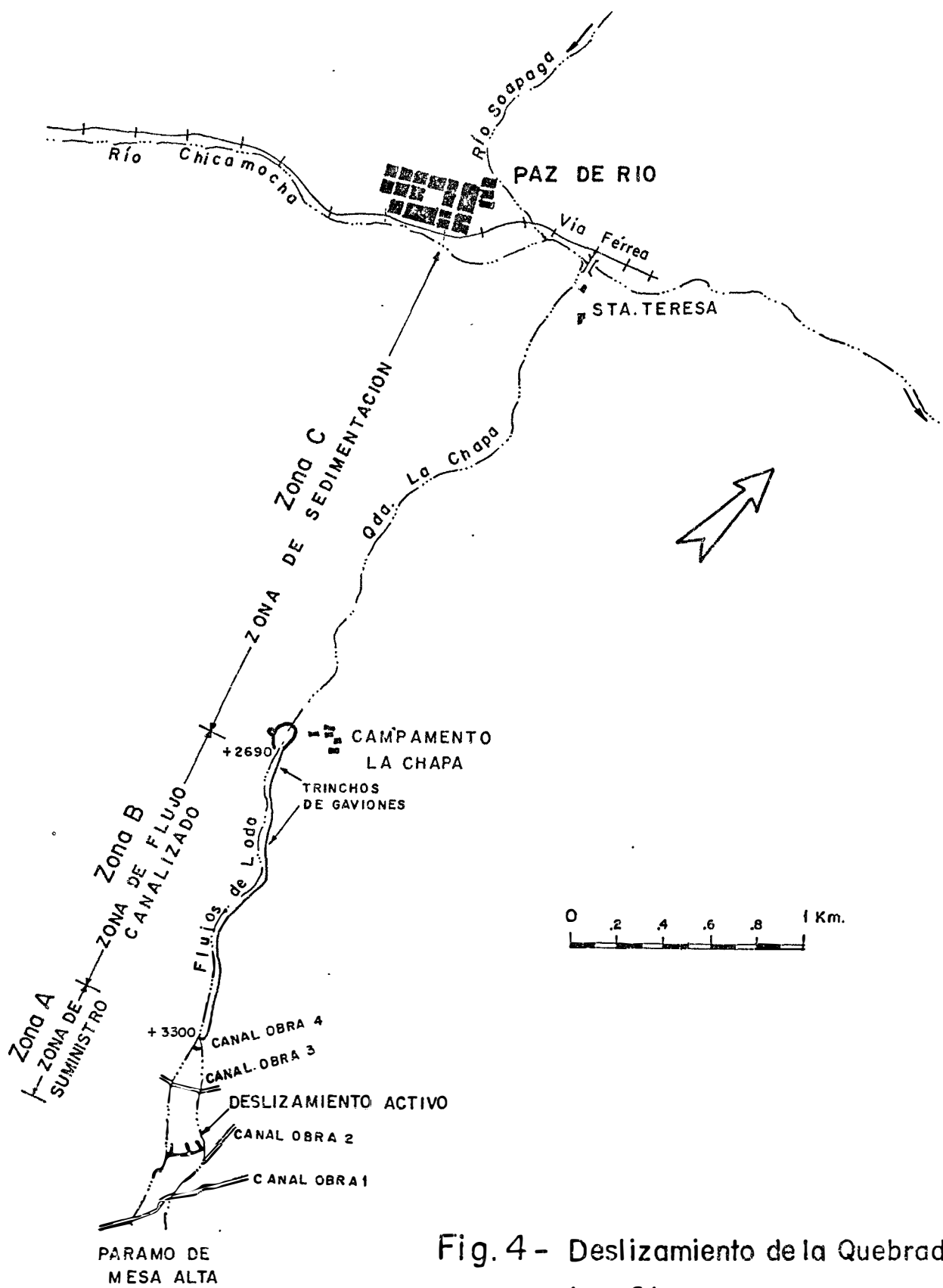


Fig. 4 - Deslizamiento de la Quebrada La Chapa.

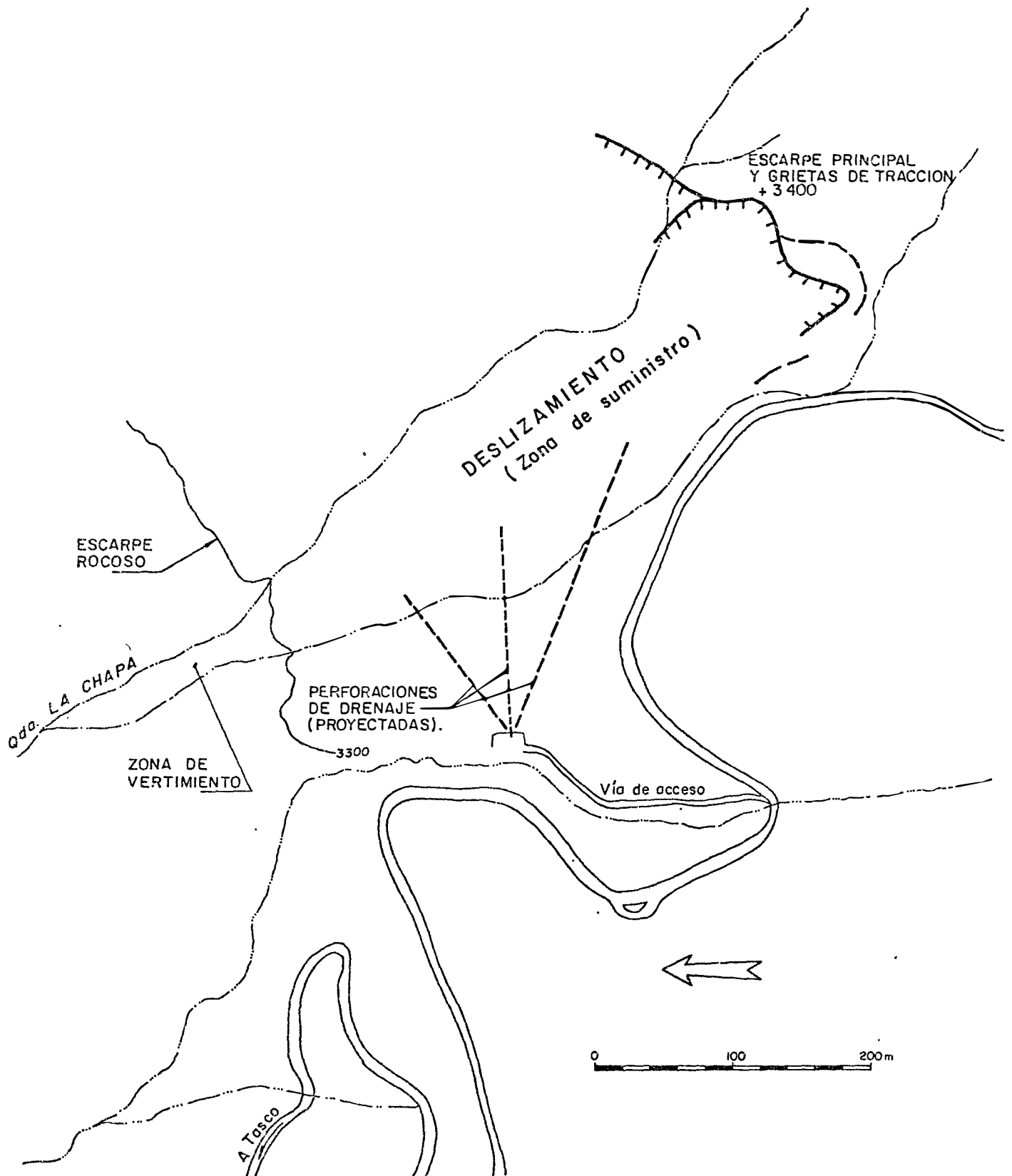


Fig. 5 - Deslizamiento de Mesa Alta - La Chapa. Zona de suministro.