

ANEXO B (*)

GEOLOGIA DE LA CUENCA SUPERIOR DEL RIO REVENTADO

(*) Redactado por el Geólogo Gregorio Escalante W. de la Oficina de Defensa Civil.

Editado por la Oficina de Control de Ríos del Instituto Costarricense de Electricidad.

A N E X O B.

GEOLOGIA DE LA CUENCA SUPERIOR DEL RIO REVENTADO

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1.- <u>INTRODUCCION</u>	170
2.- <u>GEOLOGIA REGIONAL</u>	171
3.- <u>ESTRATIGRAFIA</u>	172
4.- <u>ESTRUCTURA</u>	175
4.1 Plegamientos	175
4.2 Fallas	175
4.3 Diaclasado	176
5.- <u>INGENIERIA GEOLOGICA</u>	176
5.1 Rocas del Grupo 1	177
5.2 Rocas del Grupo 2	178
5.3 Rocas del Grupo 3	178
6.- <u>GEOLOGIA DE LOS DESLIZAMIENTOS</u>	179
6.1 Origen y Localización de los Terrenos Inestables	179
6.2 Origen de la Reactivación de los Deslizamientos	180
6.3 Mediciones Periódicas en los Deslizamientos Activos	182
6.4 Deslizamiento de Llano Grande	183
6.5 Deslizamiento de Prusia	186
6.6 Deslizamiento de Retes	189
6.7 Otros Deslizamientos	193

LISTA DE LAMINAS

- B-1 Condición de la Roca en los Cauces del Río Reventado y Tributarios, Cuenca Superior.

- B-2 Medición del Movimiento Horizontal en los Puntos de Deslizamiento de Llano Grande.

- B-3 Medición del Movimiento Horizontal en Tres Puntos del Deslizamiento de Prusia.

- B-4 Medición del Movimiento Horizontal en Tres Puntos del Deslizamiento de Retes.

1. INTRODUCCION

El área estudiada corresponde a la Cuenca Superior del Río Reventado, que incluye el propio Río Reventado, aguas arriba del derrumbe de Llano Grande, así como las subcuencas de los tributarios Quebrada Pavas y Río Retes. El estudio geológico se limitó exclusivamente a los afloramientos de roca dentro de los cauces de los ríos mencionados debido a la casi absoluta ausencia de roca en zonas intermedias. El presente informe se basa, en su mayor parte, en los reconocimientos geológicos que el autor realizó en compañía de Mr. H. Waldron, Geólogo del Servicio Geológico de los Estados Unidos y en las observaciones del autor posteriores a la partida del país de Mr. Waldron. Los resultados del estudio realizado en compañía de Mr. Waldron están contenidos en los planos y notas geológicas incorporados al informe preliminar del Instituto Costarricense de Electricidad (9). En abril de 1964, los ingenieros Malavassi, Fernández y Sandoval, geólogos de la Dirección de Geología, Minas y Petróleo del Ministerio de Industrias, hicieron un reconocimiento de la zona del Río Reventado(6).

(9) Instituto Costarricense de Electricidad: Solución al problema del Río Reventado, Informe Preliminar, (San José, Costa Rica: Oficina de Control de Ríos, I.C.E. diciembre 1964).

(6) Malavassi E., Fernández M., Sandoval F.: Reporte Preliminar sobre la Geología de la Cuenca del Río Reventado, (San José, Costa Rica. Informe al Jefe del Departamento de Geología, Minas y Petróleo, Ministerio de Industrias, abril 18, 1964).

En este estudio, llevado a cabo con anterioridad a la fecha de llegada al país de Mr. Waldron, se estableció la existencia de varias unidades estratigráficas y zonas de deslizamiento activas y potenciales.

2.- GEOLOGIA REGIONAL

La Cuenca Superior del Río Reventado está ubicada en la falda sur del Volcán Irazú, que es un volcán originado durante la edad Pliopleistocénica. El Volcán Irazú, con el vecino Volcán Turrialba, comprende el macizo volcánico que limita al este la Cordillera Volcánica Central.

El basamento en el cual se sitúa el Volcán Irazú corresponde probablemente a rocas severamente plegadas y falladas de Edad Terciaria ; que incluye rocas sedimentarias como conglomerados, limolita, caliza y arenisca y rocas volcánicas tales como aglomerados, lavas y tobas. Estas rocas afloran a una distancia de alrededor de 15 kilómetros al SSE y al SSW del cráter del Volcán Irazú, Valle del Río Reventazón y Cerros de la Carpintera, respectivamente.

El macizo del Irazú, al igual que los núcleos volcánicos del resto de la Cordillera Volcánica Central, se compone de rocas volcánicas. Las rocas expuestas en superficie de la falda sur del Volcán Irazú: lavas, escorias, aglomerados y depósitos laháricos representan los depósitos originados de los últimos ciclos eruptivos del Irazú. El núcleo central del macizo muy probablemente consista de los mismos tipos de roca.

Las fuentes de origen de las lavas, escorias tobas y aglomerados más recientes pueden haber sido cráteres ya destruidos y no necesariamente

te los que actualmente se reconocen en la cima del Irazú.

Estructuralmente se considera que la Cuenca Superior del Río Reventado presenta poco plegamiento y fallamiento. Algunas coladas de lava presentan buzamientos constantes al sur que varían de 5° a 20° y concuerdan con la topografía regional. Esta inclinación de la roca se debe a la inclinación original en que fueron depositadas y no a fuerzas tectónicas.

El fallamiento relativamente moderado en la Cuenca Superior del Río Reventado está evidenciado por zonas de falla en algunos afloramientos localizados dentro del cauce del río, así como por la severa fracturación y diaclasado que se muestra en las vecindades de estos sitios. Algunas de estas fallas coinciden con alineaciones claramente discernibles en la fotografía aérea. Sin embargo, no ha sido posible establecer claramente una diferenciación del fallamiento por sistemas y relación de edad. Además, la carencia casi absoluta de datos geológicos en áreas vecinas dificulta la interpretación.

3.- ESTRATIGRAFIA

El Río Reventado y sus tributarios en la Cuenca Superior, discurren a través de lavas y rocas piroclásticas que comprenden por lo menos 7 unidades litológicas (Ver lámina 5). Debido a su propia naturaleza, el área relativamente pequeña en que afloran y a la ausencia de datos regionales, es difícil poder predecir con exactitud la relación completa de edades para esta secuencia. Es muy probable que las unidades litológicas reconocidas pertenezcan a dos o -

más formaciones y que las diversas litologías sean, en gran parte, - depósitos lenticulares localizados.

Se describen a continuación las unidades con base a la roca tipo. La unidad superior es probablemente la más joven. Las unidades subsecuentes no están necesariamente en orden estratigráfico pues falta - aún más información para poder definir con exactitud la relación estratigráfica completa. La descripción además presenta una estimación del espesor máximo para cada una de las unidades litológicas.

Unidad G(4 mt. +) Aluviones indiferenciados y terrazas Aluvionales.

Unidad F(35 mts +) Toba compacta, gris marrón, masiva.

Unidad E(40 mts ±) Depósitos laháricos: Aglomeración heterogénea de material arcilloso y arenoso con fragmentos angulares y subredondeados de diversos tipos de andesita en varios estados de meteorización. En algunos lugares esta unidad evidencia alteración hidrotermal con colores gris, blanco, rojizo, y amarillo. Localmente en los deslizamientos de Retes y Llano Grande ocurre con intercalaciones menores y lentes de lava fragmentada, escoria y toba.

Se incluye bajo esta unidad la roca que comprende el deslizamiento de Retes que contiene material lahárico interestratificado con capas de toba y delgadas coladas de lava.

Unidad D(20 mts.+) Lava andesítica, prevalece el tipo vesicular con algunos lentes e intercalaciones de toba alterada

a arcillas plásticas gris y gris verdoso y tobas lapílicas de matriz suave, amarilla y cremosa.

Unidad C (30 mts. +) Lava andesítica por lo general fragmentada y severamente diaclasada con intercalaciones de material escoriáceo suave y en partes lentes de aglomerado duro.

Unidad B (20 mts. +) Lava andesítica, secuencia de capas delgadas (0.75-3 mts. de espesor) y aglomerado rojizo duro.

Unidad A (30 mts. +) Lava andesítica, prevalece el tipo con lentes de aglomerado.

Es probable que algunas de las unidades aquí descritas sean apenas remanentes erosionales o unidades lenticulares de poca extensión superficial.

También es posible que algunas de estas unidades pudieran correlacionarse estratigráficamente entre sí. En la misma situación dudosa quedan los espesores enunciados para cada una de las unidades.

Esta gran diversidad, tanto litológica como de espesor, es frecuente encontrarla en rocas volcánicas y especialmente en un lugar en el cual la fuente de origen de las rocas está localizada dentro del área o cercana a ella, tal como en la Cuenca Superior del Río Reventado.

En la Cuenca Superior del Río Reventado se reconocen diques probablemente de tipo andesítico de relativo poco espesor. Estos están debidamente localizados en el plano geológico (Lámina 5) y podrían pertenecer a uno o más sistemas y edades de emplazamiento. El más grueso

de estos diques es de casi 5 metros de espesor e interesa los depósitos laháricos del deslizamiento de Llano Grande.

4.- ESTRUCTURA

- 4.1 Plegamientos: las coladas de lava, así como las capas de toba, muestran buzamientos prevalentes al S, SW y SE de 5° a 20°, que concuerdan generalmente con la pendiente de la topografía regional. Se considera que estos buzamientos son más el resultado de deposición original que resultado de plegamiento. Las capas de ceniza y lavas en la margen izquierda del Río Reventado, cerca del límite sur del deslizamiento de Prusia, muestran buzamientos de hasta 70° que probablemente sean debidos a una falla de mayor magnitud.
- 4.2 Fallas: la Cuenca Superior del Río Reventado muestra poca evidencia de fallamiento de gran magnitud, con la posible excepción de la falla asumida, situada cerca del límite sur del Deslizamiento de Prusia. Las fallas localizadas en los afloramientos del cauce de los ríos tienen por lo general sentido de norte a sur y son de poca magnitud, con desplazamientos horizontales de pocos centímetros o metros. Una de estas fallas, situada en quebrada Pavas a unos 300 metros aguas arriba del Río Reventado, podría talvés tener un mayor desplazamiento. Los buzamientos severos observados en los afloramientos de margen izquierda del río Reventado, cerca del límite sur del derrumbe de Prusia, corresponden probablemente a una zona de falla de mayor magnitud, con sentido probable de N40E.

Las fotografías aéreas muestran una serie de alineaciones que coinciden con los sentidos antes descritos. Algunos de estos se han marcado en el plano geológico como fallas dudosas (Ver lámina 5).

A un tercer sentido de fallamiento de N35W, podría corresponder una falla de magnitud desconocida en las cercanías del límite Sur del deslizamiento de Prusia. Esta falla está bien expuesta en el cauce del Río Retes, pero está cubierta por materiales laháricos en el cauce del Río Reventado.

No ha sido posible establecer el tipo de fallas y posibles sistemas de éstas en la zona estudiada. Se considera en principio, que las fallas observadas en la Cuenca Superior del Río Reventado, representan un ligero rejuvenecimiento del fallamiento ocurrido en el período terciario, que es muy poco conocido, aún fuera del área estudiada.

4.3 Diaclasado: asociado al fallamiento se presenta un sistema de diaclasado, por lo general con poco desarrollo, que se podría dividir en dos grupos: unos con sentido dominante que varía de N 5 E a N 45 E, y otro con sentido dominante que varía de S 35 E a S 30 E. Todos estos sentidos presentan buzamientos severos o perpendiculares. Un tercer sistema menos desarrollado, tiene sentido prevalente E-W con buzamiento promedio de 20° al Norte.

5.- INGENIERIA GEOLOGICA

Se incluye en este informe un plano geológico (Lámina B-1) en el cual se catalogan los tipos de roca en tres grupos, con base a sus

características de dureza y consolidación. Sin embargo, dado la propia naturaleza de la roca volcánica, ésta puede presentar variaciones localizadas en tramos cortos de gran significado en su evaluación para fines de ingeniería. Por consiguiente, el estudio geológico detallado con el fin de localizar roca sana en donde colocar una estructura, tiene que hacerse una vez que ésta ya haya sido planeada para un cierto tramo del río.

La catalogación de rocas en grupo por características de dureza y consolidación es, en términos generales, la siguiente:

- 1° Grupo: Este grupo comprende rocas muy suaves, deleznales y plásticas y abarca los depósitos laháricos (fragmentos de roca lávica en material arcilloso-arenoso), cenizas y secuencia de lavas y escorias con intercalaciones mayores de ceniza y ceniza arcillificada.
- 2° Grupo: Este grupo comprende secuencia de lavas o escorias y capas finas de ceniza, que en conjunto, producen una roca de fundación muy buena para una obra de ingeniería menor.
- 3° Grupo: Las de rocas incluidas en este grupo comprenden aglomerado y lavas interestratificadas, o estos dos tipos de rocas, para fundación de obras de ingeniería de mayor envergadura.

5.1 Rocas del Grupo I

En el Río Reventado rocas de este grupo afloran en la zona del deslizamiento de Llano Grande y Prusia y comprenden principalmente material lahárico con gran abundancia de arcillas plásticas y algunas lavas. Rocas de este mismo grupo continúan -

aguas arriba del deslizamiento de Prusia hasta las cabeceras del Río Reventado, con excepción de cortos tramos, entre 2600 y 2650 metros, en que afloran rocas del grupo 2 y 3.

Depósitos laháricos afloran en el Río Retes y tributarios a aguas arriba de la cota 2350 (*).

El deslizamiento de Río Retes, localizado cerca de la confluencia de este río con el Reventado, comprende rocas laháricas interestratificadas con lavas y escorias e intercalaciones mayores de ceniza arcillificada. Esta asociación de unidades litológicas, en su mayor parte sumamente alterada por los movimientos de deslizamientos recientes, se considera como perteneciente al Grupo 1 y se extiende aguas arriba del deslizamiento hasta la cota 2520.

5.2 Rocas del Grupo 2:

Las rocas del Grupo 2 comprenden una porción del Río Reventado entre las cotas 2170 y 2230 (confluencia Río Retes) y algunas partes del tramo entre las cotas 2300 y 2400 (comienzo del Deslizamiento de Prusia).

En la quebrada Pavas rocas del Grupo 2, aptas en gran parte para hacer obras de ingeniería de mayor envergadura, afloran en el cañón del Río entre las cotas 2200 y 2350.

5.3 Rocas del Grupo 3:

Rocas de tipo 3 comprenden la porción del Río Reventado aguas

(*) Nota: Estas cotas corresponden a elevaciones en metros sobre el nivel del mar.

abajo del puente de carretera nacional No. 6, por una distancia de aproximadamente 200 metros y aguas arriba del puente hasta la cota 2170. La porción aguas arriba del puente, presenta un cañón de río angosto y profundo de condiciones ideales para realizar una obra de ingeniería de envergadura mayor.

La porción del curso del río Reventado comprendida entre la confluencia del Río Retes y la cota 2370, presenta muy buena roca en el cauce capaz de soportar obras de ingeniería de menor envergadura. En el tramo entre las cotas 2340 a 2370, el río presenta un cañón profundo y angosto con rocas en muy buena condición física capaz de soportar obras mayores.

Rocas del Grupo 3 afloran en el Río Retes entre las cotas 2400 y 2520. Porciones mayores de este tramo del Río Retes ofrecen condiciones ideales, tanto en roca como en sección transversal del río, para realizar obras de ingeniería de gran envergadura.

6.- GEOLOGIA DE LOS DESLIZAMIENTOS

6.1 Origen y Localización de los Terrenos Inestables

Los terrenos inestables en las márgenes del Río Reventado y tributarios de la Cuenca Superior, coinciden con las zonas en donde afloran depósitos laháricos solamente, o éstos intercalados con coladas de lava y capas de toba. Estos depósitos en su mayoría corresponden a la unidad litológica geológicamente más joven (unidad F) y varía considerablemente en extensión y espesor. Sin embargo, algunos depósitos laháricos pueden corresponder a unidades estratigráficas más viejas formando masas lenticulares

menores dentro de material lávico y tobáceo.

Los depósitos laháricos son el resultado de enormes avenidas de lodo, piedras y cenizas originadas de lugares elevados y que se deslizaron debido a actividad volcánica de gran magnitud, probablemente con contribución de torrentes de agua pluvial. En ciertos casos, esta masa puede haber incorporado porciones de coladas de lava y depósitos de ceniza originados del mismo período de actividad volcánica.

La vieja topografía en que se deslizaron estos lahares, debe de haber presentado depresiones abruptas correspondientes a límites de coladas de lavas viejas así como otros rasgos topográficos definidos, tales como viejos cañones de río, en donde se lograron depositar grandes espesores de material lahárico.

El plano geológico muestra las zonas en donde afloran depósitos laháricos. Además se presenta la localización de los deslizamientos activos mayores que son, en orden de importancia, los de Llano Grande, Prusia, Retes I, Pavas I, Pavas II y Retes II.

6.2 Origen de la Reactivación de los Deslizamientos

Todos los deslizamientos activos en la Cuenca Superior del Río Reventado están situadas en las márgenes de los ríos que han acarreado, a partir de mayo de 1963, anormales avenidas de lodo y piedras, resultado directo del desbalance hidrológico causado por la actividad eruptiva del Volcán Irazú.

El frecuente y desproporcionado caudal con su enorme poder erosivo, fue capaz de ahondar y subsecuentemente socavar los talu-

des del río que comprenden material inestable. Las zonas inestables tales como Llano Grande, Retes y Prusia, que mantenían un equilibrio crítico desde hacía muchos cientos de años, empezaron a deslizarse como efecto de los primeros embates del desproporcionado caudal del río. El movimiento diferencial de la masa inestable, provoca fracturamiento del terreno en la superficie por donde se infiltra el agua pluvial, hacia los planos de deslizamiento, lubricándola y por consiguiente haciendo más rápido el movimiento de la misma.

La velocidad de movimiento del deslizamiento, puede haberse incrementado por otros varios factores. Entre estos está el efecto de los microsismos y vibraciones, debidas a las recién pasadas erupciones violentas del Irazú. Además, puede haber contribuido al desequilibrio ocurrido en la zona, el hinchamiento del macizo del Irazú durante la fase más violenta del actual período eruptivo. Otro factor importante a considerar es la vibración causada por las grandes piedras acarreadas durante las avenidas de lodo.

Los factores principales que incrementan la velocidad del deslizamiento son aquellos que actúan durante la época de lluvias: avenidas de lodo y piedras y aguas pluviales. Tal relación está plenamente comprobada en los gráficos que muestran el desplazamiento de los deslizamientos mayores (láminas B-2, B-3, y B-4). El movimiento de los deslizamientos, que se muestra a partir de las últimas avenidas de lodo y piedras en franca y gradual disminución conforme se asienta la época seca, se debe, en gran

parte a la desaparición de las aguas pluviales y del efecto erosivo de las crecientes.

6.3 Mediciones Periódicas en los deslizamientos Activos

La Oficina de Defensa Civil y el I.C.E. están llevando a cabo mediciones periódicas sobre puntos localizados en los deslizamientos de Llano Grande, Retes y Prusia. En cada uno de estos deslizamientos se han colocado de tres puntos a seis puntos con monumento de concreto, que se empezaron a medir el 20 de octubre de 1964. Estas mediciones se hicieron cada 2 días hasta principios de diciembre de 1964; posteriormente y hasta la fecha, cada ocho días. Las mediciones efectuadas entre octubre de 1964 y mayo de 1965 eran del tipo taquimétrico, usando teodolito Wild T 16 especial y se obtuvieron valores únicamente para movimiento horizontal. Valores de movimiento vertical se han tomado a partir de abril de 1965 y no se incluyen en este informe. Recientemente, en junio 1965, se estableció un nuevo y más exacto sistema de medición, mediante una triangulación de tercer orden para cada uno de los tres deslizamientos mayores. Los resultados de las mediciones se incluyen en este informe en las láminas B - 2, B - 3 y B - 4. Estas láminas muestran en planta el desplazamiento horizontal y el movimiento acumulativo de los puntos de medición en los tres deslizamientos mayores. Incluyen también una curva acumulativa de la lluvia, caída en la estación medidora más cercana al deslizamiento respectivo, y un gráfico de la velocidad promedio mensual del desplazamiento horizontal en el punto de mayor movimiento de cada una de las áreas inestables. Los resultados de esta investigación se analizan en los párrafos siguientes.

6.4 Deslizamiento de Llano Grande

El deslizamiento de Llano Grande es el mayor de todos los deslizamientos activos de la Cuenca del Río Reventado y cubre una extensión de aproximadamente 41 hectáreas. La zona afectada por el movimiento contiene algunos cultivos y zonas de pastoreo y dentro de ella están situadas 10 casas de habitación y 2 galeros tanto de ordeño como de bodegas. Todas estas edificaciones están actualmente en varios estados de destrucción.

Entre los otros daños debidos al movimiento del deslizamiento están la parcial destrucción de un tramo de más de 500 metros de la Carretera Nacional No. 6 y la destrucción total del puente de esa misma carretera sobre el Río Reventado.

El material envuelto en el deslizamiento de Llano Grande consiste principalmente de depósitos laháricos y pequeñas intercalaciones y lentes de lava sumamente fracturada, debido en gran parte a movimientos anteriores del deslizamiento, así como de lentes de toba mayormente alterada a arcilla plástica. El material lahárico es esencialmente una aglomeración heterogénea de variados tipos de andesita, en varios estados de alteración, tanto subredondeados como angulares, y de muy variado tamaño. Estos componentes están pobremente cementados por una matriz arcillo-arenosa (Ver fotos B-1 y B-2).

Casí toda la masa heterogénea envuelta en el deslizamiento presenta colorido fuerte de varios tonos de rojo, gris y blanco, debido originalmente a alteración hidrotermal.

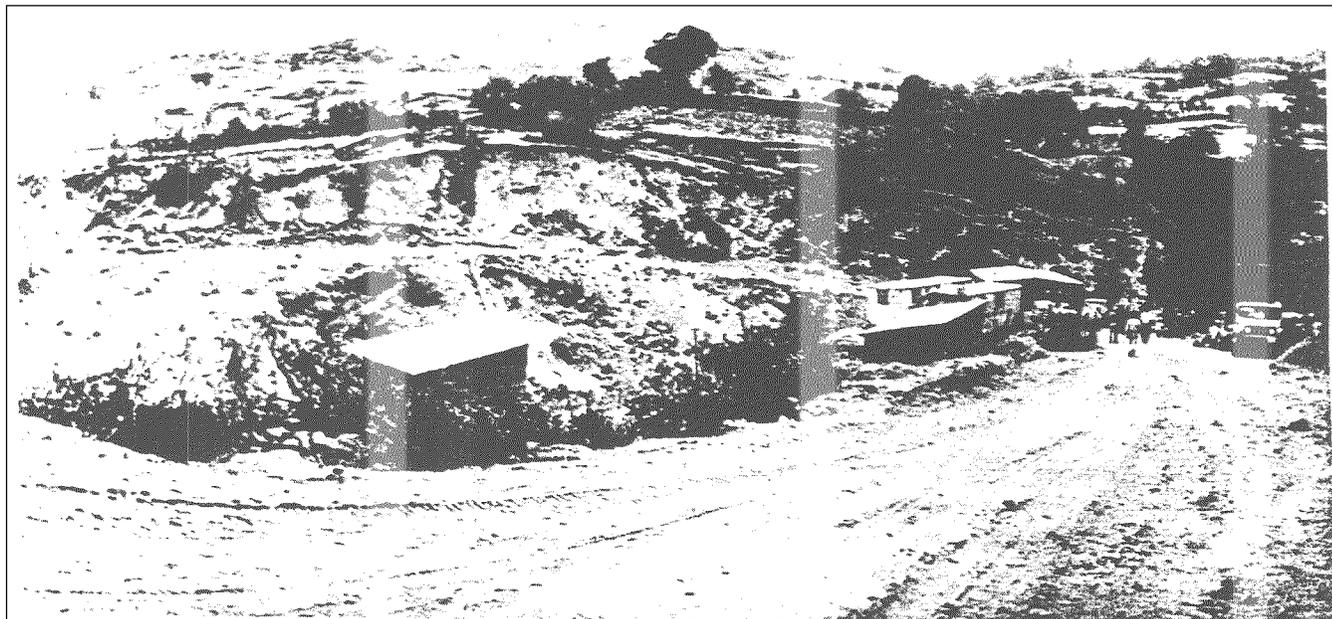


Foto No. B-1

Extremo S.E. del deslizamiento de Llano Grande, visto desde el camino a Tierra Blanca, hacia la junta del Pavas con el Reventado. Al fondo, oficinas y bodegas usadas durante la construcción de las presas de control. (Foto I.C.E. del 11 de mayo de 1965.)

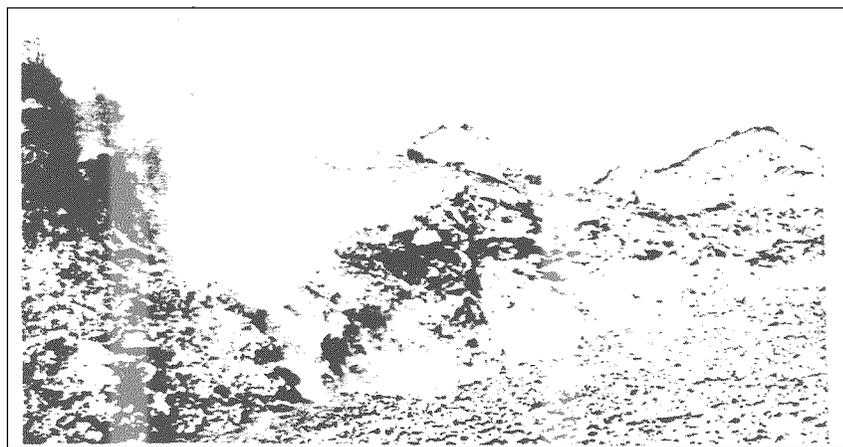


Foto No. B-2

Deslizamiento de Llano Grande. Desprendimiento de rocas sobre el cauce del río Reventado. (Foto I.C.E. del 26 de enero de 1965.)