

42.e  
6.1

MINISTERIO DE AGRICULTURA  
DIRECCION DE AGRICULTURA Y PESCA  
DEPARTAMENTO DE CONSERVACION Y  
ASISTENCIA TECNICA Y F.A.O.

LA INCIDENCIA DE LOS DESLIZAMIENTOS  
EN RELACION A LOS SUELOS DE LA ZONA  
CENTRAL-SUR DE LA CORDILLERA  
DE LOS ANDES

CHARLES A. WRIGHT  
Asesor Suelos, F.A.O.

ARNOLDO MELLA LAGOS  
Ingeniero Agrónomo  
DECAT.

MINISTERIO DE AGRICULTURA  
DIRECCION DE AGRICULTURA Y PESCA  
DEPARTAMENTO DE CONSERVACION Y  
ASISTENCIA TECNICA Y F.A.O.

---



La incidencia de los deslizamientos  
en relación a los suelos de la zona  
Central-Sur de la Cordillera  
de Los Andes.

CHARLES A. WRIGHT  
ASESOR SUELOS, F.A.O.

ARNOLDO MELLA LAGOS  
INGENIERO AGRONOMO  
DECAT.

## A P P E N D I X II

### "LA INCIDENCIA DE LOS DESLIZAMIENTOS EN RELACION A LOS SUELOS DE LA ZONA CENTRAL-SUR DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES"

por

Charles S. Wright - Asesor en Suelos - FAO, Chile  
A. Mella - Sección de Agrología, Ministerio de Agricultura

x x x

#### Introducción.

Un aspecto de los reconocimientos de suelos derivados de cenizas volcánicas, patrocinado por la F.A.O., que ha probado ser de importancia práctica inmediata, es lo que se refiere a las relaciones entre ciertos tipos de suelos de pendientes abruptas y el rápido desarrollo de formas peligrosas de erosión. Este proceso de erosión puede culminar en un tipo de erosión masiva, en la cual se producen deslizamientos en gran escala, acompañados de avalanchas de detritus y torrentes de barro, como los que aparecieron en algunas partes de la cordillera andina durante los movimientos sísmicos de Mayo de 1960. Del estudio preliminar realizado inmediatamente después del terremoto, (1), se desprendió que los movimientos terrestres sólo aceleraron el desarrollo de estos tipos de erosión, los cuales de todas formas se habrían producido en los próximos 10-20 años, si se hubiese continuado con las prácticas de uso actual de la tierra. Los fenómenos de deslizamientos provocados por estos movimientos de la tierra necesitaron más estudios ulteriores y, como el tiempo lo ha permitido durante los últimos ocho meses, se ha visitado muchas zonas de la cordillera Central-Sur para cumplir con este objetivo. En la nomenclatura usada en este informe, el término "debris-avalanche" es adaptado según la definición de Sharp (2); el término "erosión masiva" ha sido propuesto para este informe y significa un tipo de erosión repentinamente acelerada donde la capa de bosques, suelo y rocas fracturadas, son arrastradas simultáneamente de toda la falda de la montaña.

De estos estudios de campo resultó bien claro que la erosión masiva se pone en acción cuando hay una repentina y catastrófica aceleración de los procesos de erosión. Este informe se ha escrito con la esperanza que al entender mejor las fuerzas naturales en acción, las autoridades encargadas del planeamiento del uso de la tierra, puedan organizar, con mayores antecedentes una mejor política de utilización de la tierra en los distritos montañosos de la Cordillera Central-Sur.

El Paisaje Natural y la Erosión Normal.

Las fuertes pendientes son dominantes en la Cordillera, debido a que Los Andes, es una formación geológica relativamente joven. De la latitud 28°S hacia el norte la cordillera es muy abierta y los extensos valles altos forman una región de altiplano. En el sector Sur y Central-Sur la Cordillera es relativamente estrecha y las escasas y pequeñas áreas de altiplano, de estas zonas altas, y onduladas y montañosas, están generalmente asociadas a la presencia de corrientes de lavas y conos de escorias, originadas en la cadena de cráteres volcánicos, los que producen intrusiones a través de las rocas cordilleranas ligeramente hacia el este de la cumbre de Los Andes. Tales zonas volcánicas altas, de relieve relativamente marcado, son de una extensión total pequeña. La única área alta, individual, moderadamente extensa, de relieve ondulado a montañoso, es la ubicada en el nacimiento del río Ño-Ño a 1.200 mt de altitud aproximadamente, donde las rocas volcánicas jóvenes no se presentan abiertas. Las Zonas de relieve ondulado a montañoso ocupan menos de ~~la tercera~~ <sup>1/30</sup> parte del área total de la cordillera Central-Sur y la región es predominantemente de pendientes fuertes a escarpadas.

Al Norte de la latitud 30° S el clima cordillerano es demasiado seco para permitir el desarrollo de una zona de bosque denso y cerrado. Hacia el Sur de esta latitud los bosques originalmente cubrieron el paisaje cordillerano hasta una altura de 2.150 mts; más arriba de esta altitud las temperaturas bajas, la nieve y los vientos limitaron el crecimiento del bosque. Este límite de altura superior para el bosque disminuye gradualmente en elevación hacia el Sur, llegando a unos 1.750 mts. en la latitud 41° S.

Entre la latitud 36°S y 39°S, la sequía de verano limita en cierto modo la calidad del bosque, como también ejerce una influencia selectiva sobre la composición botánica de éste.

Durante los meses de abundante lluvia, los renuevos y semillas de los árboles tratan de colonizar cualquier suelo desocupado; sin embargo, durante los meses de verano, muchos de ellos no alcanzan a desarrollarse por falta de humedad. Sin embargo, al Sur de la latitud 39°S tales limitaciones no prevalecen regularmente y pueden desarrollarse árboles relativamente grandes en todas las pendientes, salvo en las muy escarpadas. Esta parte de la cordillera de Los Andes es similar al sector de alta pluviometría de la cadena montañosa de la Isla Sur de Nueva Zelanda y es muy interesante encontrar en Chile tanto como allí, ejemplos de "débris-avalanche", desarrolladas bajo condiciones completamente naturales; si uno saca un árbol o un grupo de ellos, que han crecido demasiado altos o en forma demasiado densa para las pendientes en que se desarrollan, se inicia un ciclo de erosión. Estas "débris-avalanche" pequeñas y angostas son una expresión de la tensión que se desarrolla en partes húmedas de las fuertes pendientes, cuando la

cubierta vegetal crece demasiado densa (3). Esta tensión se equilibra localmente cuando una faja de vegetación se desprende acarreado una avalancha de árboles, suelo y rocas sueltas. En Nueva Zelanda como también en el área de los fiordos de Chile, en las laderas de las montañas se pueden ver zonas de vegetación estriada debido a la presencia de muchas fajas de bosques, todas en diferentes estados de crecimiento y desarrollo.

En Chile, sin embargo, se presenta un factor adicional, que falta en la Isla Sur de Nueva Zelanda. Las fuertes pendientes de las montañas de la cordillera Central-Sur de Chile están, en la mayoría de los casos, densamente cubiertas con mantos gruesos de cenizas volcánicas derivadas de los volcanes situados al Oeste de la cordillera. Los vientos dominantes son los del Oeste y del Sur-Oeste y los materiales ígneos eyectados durante los períodos de actividad volcánica, están constantemente siendo lanzados dentro de los valles andinos y a través de las altas cumbres hacia Argentina. Dentro de la cordillera, las eyecciones volcánicas se depositan suavemente en las partes montañosas con bosques y se acumulan en capas bastante gruesas en los fondos de los valles, y en la vecindad inmediata de los volcanes la ceniza es suficientemente gruesa y caliente como para destruir el bosque; normalmente la ceniza cae sobre los árboles y es lavada a través de la cubierta vegetal hasta alcanzar la superficie del suelo donde, con el tiempo, se interperiza y llega a formar parte del perfil del suelo. De esta manera los suelos engruesan continuamente por adiciones en la superficie sin destruir o perturbar el normal ciclo ecológico del bosque. Si sigue ocurriendo esto, el proceso favorece al bosque obligándolo a un desarrollo más grande de su sistema de raíces superficiales, debido a que el nuevo material de suelo libera una abundancia de elementos nutritivos para las plantas, que se produce cuando actúan los ácidos orgánicos de los residuos caídos del bosque (hojas, ramas, etc.). De este modo, los bosques pueden desarrollar una superficie densa y apretada, lo que contribuye considerablemente a la estabilidad de toda la capa de vegetación en las fuertes pendientes.

En muchas partes de la cordillera central-sur, la capa de cenizas volcánicas tiene una profundidad mayor de 5 mts, incluso en pendientes tan pronunciadas como 40°. Esta profundidad se alcanzó por una acumulación gradual de cenizas volcánicas durante un largo período de tiempo. Desde que la naturaleza de los materiales eyectados de cualquier centro volcánico, puede cambiar de una erupción a otra, el manto de cenizas volcánicas es raramente de composición uniforme y comunmente presenta estratificación; por ejemplo, se encuentran capas de escoria negra y gruesa entremezclada con arena gruesa gris o blanca, conteniendo piedra pómez y arena fina parda, etc. En muchos distritos de la cordillera, el material en la capa de ceniza procede de dos, tres o más centros volcánicos y la secuencia estratigráfica puede llegar a ser muy compleja. Se dan a continuación dos ejemplos a modo de ilustración:

- a) Estratificación de cenizas volcánicas a 15 km al Este del volcán Llaima (es probable que todas las estratas se deriven solo de este volcán).

- 2 cm. de escoria negra y gruesa
- 6 cm. arena negra y gruesa y escoria fina
- 7 cm. arena fina con grava parda oscura
- 20 cm. areno francosa con grava, pardo amarillenta
- 30 cm. grava de escoria pardo brillante, estratificada con capas de arena negra.
- 35 cm. areno francoso con grava, pardo-amarillenta
- 70 cm. escoria gruesa, gris oscura
- 40 cm. areno francosa, pardo
- 5 cm. arena negra
- 12 cm. areno francosa gruesa, pardo oscura
- 35 cm. areno francosa, pardo amarillenta oscura
- 15 cm. arena compactada (ligeramente cementada) gris pálida (azulada).
- 7 cm. arena negra muy gruesa
- 27 cm. areno francosa gruesa, pardo oscura
- 1 cm. arena, negra
- 0,5 cm. arena, amarillenta rojiza, cementada con fierro
- 20 cm. grava de escoria gruesa muy negra, sobre escorias gruesas negras rojizas.

- b) Estratificación de cenizas volcánicas a 5 km. al sur-este de Anticura en las pendientes del valle Golgol (las capas de cenizas volcánicas tienen a lo menos dos orígenes, el volcán Puyehue y el volcán Casablanca, y probablemente otros cráteres más lejanos)

- 5 cm. arena pumicítica, gris pálido (Erupción del Puyehue. Mayo 1960).
- 24 cm. areno francosa, negra
- 27 cm. pómez gravosa dura, pardo-amarillenta
- 72 cm. franco arenoso pardo oscuro ("gravosa" cuando mojada).
- 13 cm. grava de escoria, gris oscura
- 24 cm. areno francosa, pardo oscura ("gravosa cuando mojada)
- 42 cm. escoria gruesa negra
- 130 cm. capas alternadas de textura franco-arcillo-arenoso, pardas y de grava de escoria negra, parcialmente intemperizada
- 64 cm. escoria intemperizada, amarillo-rojiza
- 110 cm. areno francosa pesada, pardo amarillento (muy resbaladizo cuando mojado).
- 15 cm. arena gruesa, pardo-rojiza sobre lava andesítica.

La ceniza volcánica estratificada, es el material de origen predominante del cual se han formado los suelos de pendientes escarpadas en la cordillera Central-sur. Naturalmente hay muchas clases

en pendientes escarpadas, pero todos tienen ciertas características comunes. En cada suelo, el material menos intemperizado está cerca de la superficie y los materiales más antiguos y más intemperizados están debajo. En casi todos los suelos aumenta el contenido de arcilla a medida que aumenta la profundidad, a causa de que la estrata mas baja es la más antigua y la más intemperizada, del mismo modo el fierro y el aluminio aumenta con la profundidad. Todos los suelos tienen un suelo superficial profundo, con mucha actividad orgánica y húmico, generalmente de un color negro o pardo muy oscuro. Aunque la intemperización aumenta en profundidad, no todas las capas se intemperizan en igual forma ni tampoco producen el mismo tipo de arcilla. Los fragmentos de obsidiana duros, negros y brillantes, apenas se intemperizan, mientras que las pumicitas riolíticas gruesas que forman la grava y las arenas finas andesíticas, se destruyen relativamente rápido. Estas últimas, son de especial importancia ya que uno de sus productos de intemperización más común es un mineral de arcilla con alúmina, conocido como alofán, que tiene muchas propiedades químicas y físicas peculiares. Cuando se seca ligeramente el alofán tiene muchos de los atributos de una arena muy fina, y tiene una marcada capacidad para absorber y retener agua. Bajo una fuerza física apropiada, esta agua puede ser extraída y el material aparentemente fino y arenoso se pone de repente excesivamente "grasoso" y resbaladizo, un fenómeno muy parecido a la licuefacción de un sólido. Por otro lado, cuando está completamente seco, el alofán es muy resistente a la entrada del agua. Estas son peculiaridades físicas de importancia considerable para los estudios de erosión. El grosor de las estratas ricas en alofán y su posición en la columna estratigráfica de suelos son un antecedente muy importante para establecer los tipos de suelos en la cordillera Central-Sur.

De casi la misma importancia son las capas de escoria altamente porosas y de grava pumicitica. Estos materiales forman un enorme depósito temporal para retener el agua en el suelo. A diferencia del alofán, esta agua es inmediatamente utilizable por las raíces de las plantas y el exceso se drena rápidamente, en aquellos lugares donde tales materiales están depositados en pendientes muy abruptas.

Los suelos de cenizas volcánicas de la cordillera Central-Sur son muy fértiles, aún en los distritos más al Sur, donde la cantidad de lluvia es relativamente alta (5.000 mm al año). Como ya se mencionó, esto se debe a la depositación intermitente de ceniza volcánica y a la acción de los ácidos orgánicos de los residuos de plantas que aseguran la liberación de nuevos elementos nutritivos para las plantas. Este mecanismo para asegurar la mantención de una alta fertilidad en los suelos, posiblemente tiene una influencia sobre la composición botánica de los bosques, favoreciendo las especies con un bajo metabolismo de carbono, nitrógeno, de hojas anchas y de alta tolerancia a la sombra cuando nuevas; de este modo el ulmo (*Eucryphia cordifolia*), el olivillo (*Lyrceugenia correaefolia*), la tepa (*Tepualia stipularis*) y el laurel (*Laurelia sempervirens*),

muchas veces son las especies dominantes hasta la altura de 1.350 mts. mientras que las especies con un metabolismo de carbono/nitrógeno más alto, con follaje más pequeño o mas xerófito y un requerimiento más alto de luz cuando nuevas (algunas de las especies de los Nothofagus junto con Araucaria, Fitzroya y Libocedrus), están restringidas a mayores altitudes y a sitios más expuestos o bien ecológicamente menos favorables. El bosque típico bajo los 1.350 mts. de altitud, en este sector de la cordillera, está dominado por especies que requieren buena fertilidad, con tolerancia a la sombra y que tiene generalmente arraigamiento superficial.

De este modo, bajo condiciones naturales, las fuertes pendientes de los distritos altos, de más caída pluviométrica de la cordillera Central-Sur, están cubiertos con una gruesa capa de bosques, intimamente enlazada con suelos profundos derivados de materiales volcánicos de diversa naturaleza, finamente divididos, cuyo componente principal de cohesión lo forma una arcilla con alúmina de características químicas y físicas peculiares. De vez en cuando la capa se rompe por el desarrollo de derrumbes locales y pequeños "débris-avalanche", lo suficiente para indicar que la relación paisaje-suelo-planta está en equilibrio, pero con un equilibrio muy fácil de destruir. La tensión es más grande en los distritos más al Sur, donde generalmente, en ningún período del año hay escasez de humedad.

#### Destrucción del Paisaje y la Erosión Acelerada.

Ya se ha sugerido anteriormente que bajo condiciones naturales la relación de paisaje-suelo-planta está bajo un tipo de tensión. Verdaderamente esto llega a ser más aparente tan pronto como se altera la cobertura vegetal natural: lo que produce a menudo una rápida y marcada aceleración de los procesos erosivos.

La destrucción comienza con la remoción de los árboles maderables. Debido a dificultades técnicas, ésta operación pocas veces se extiende hasta las pendientes más fuertes, pero la tala sigue donde es factible hacerlo en las pendientes más abruptas y existe siempre un creciente riesgo de roces a fuego para los bosques en las pendientes escarpadas. Se puede dejar el área para regenerar el bosque o bien puede ser invadido por agricultores. Hasta hace poco, en Chile, los agricultores pioneros han sido a menudo colonos usurpadores, sin tener autorización para ello. Después de un intervalo, generalmente se acepta y se condona su presencia y se regulariza su situación legal. El terreno agrícola en perspectiva, generalmente los fondos de los valles y las terrazas adyacentes, se limpian con roces a fuego, preocupándose muy poco los colonos si el fuego se extiende a los bosques en las pendientes cercanas e incluso parece ser que algunos lo animan deliberadamente.

La evidencia de erosión acelerada aparece dentro de pocos meses. Aparecen rupturas en la malla de raíces y a lo largo del pie de las fuertes pendientes. Gradualmente ocurren derrumbes más arriba en las pendientes y el agua de lluvia es canalizada en las cárcavas que profundizan con cada lluvia. Abanicos de detritus de bosques y materiales pedregosos empiezan a extenderse sobre las terrazas laterales y el río en el centro de los valles empieza a cambiar rigurosamente de curso de un lado a otro, socavando las tierras bajas aluviales. Después de un largo período seco, la primera lluvia fuerte inicia los "débris-avalanche", las que son capaces de arrastrar las casas con las familias adentro, de destruir las rutas de acceso e incluso obstruir el curso de las corrientes de agua y así amenazar la vida de los colonos ubicados más abajo del valle. Siguen más "débris-avalanche" y pronto las colinas más pronunciadas presentan retazos como islas del bosque original, manchas de renovales y retazos de pastos mezclada con muchas malezas, suelo desnudo y rocas movedizas.

En estas condiciones, las fuertes pendientes se usan ocasionalmente para pastoreo de verano y como área de refugio cuando las partes bajas están inundadas o bajo nieve. Cuando se necesita un poco más de pastoreo, se pone fuego a la vegetación de renovales, la que generalmente incluye Quila (*Chusquea quila*) y Colihue (*Chusquea coleu*), plantas que son más inflamables que el bosque original. En los distritos más secos, aparecen los conejos que se multiplican rápidamente reduciendo el pasto disponible para ovejas y ganado mayor.

Este tipo de cosas ocurre en muchos de los valles de la Cordillera Central-Sur. Representa un desperdicio muy grande de los recursos naturales del país y es, además, una creciente amenaza para los fundos establecidos en los suelos aluviales de las tierras bajas. No parece ser mirado con la seriedad que se requiere. Hay varias posibles explicaciones para esto. En primer lugar, muchas veces los daños ocurren en valles sin rutas de acceso y de esta manera no llega a tenerse conocimiento. Los colonos que son la mayoría de las veces gente sin tierra propia deberán ser considerados "de acuerdo con la actividad que desarrollan" para todos los programas de colonización aunque haya un exceso de solicitudes. Con la ausencia de una adecuada política forestal y de un grupo de técnicos de campo para reforzarla, los colonos en la cordillera están abandonados a su propia suerte y solamente durante períodos de erosión catastrófica, tales como los que se presentaron con ocasión de los terremotos de Mayo de 1960 que sus lamentos llegan a conocimiento público.

## Erosión Catastrófica y Masiva

La erosión catastrófica o masiva produce en un momento lo que la erosión acelerada ordinaria puede ejecutar en décadas.

Varios distritos en la cordillera central-sur sufrieron de erosión masiva durante el terremoto del 21 de Mayo de 1960. Los resultados fueron tan espectaculares que, por un corto tiempo era el tema de discusiones generales y serias. Sin embargo, al pasar el tiempo, el desastre que había abrumado diversos grupos de colonos en la cordillera llegó a ser considerado como un fenómeno peculiar asociado con este terremoto particular. Por cierto esto no es así. Efectivamente, el terremoto dió expresiones dramáticas y repentinas a procesos que hubiesen alcanzado el mismo resultado durante varios años. Lo único tal vez particular en este terremoto es la forma de la incidencia de los daños. Otros futuros terremotos con una intensidad ligeramente diferente, puede traer un desastre similar en otros distritos, donde la tensión entre planta-suelo-paisaje este alterado por las actividades humanas.

La violencia de los fenómenos sísmicos del 21 de Mayo produjo una erosión masiva a lo largo de la línea que se extiende del Lago de Todos los Santos hasta cerca de Villarrica. Esto parece ser una línea de varias fallas geológicas en la cordillera: una cantidad de aguas termales está localizada en o cerca de ella. En algunos de estos distritos, un porcentaje apreciable de los colonos perdieron su vida, mientras en otros distritos los habitantes sufrieron **severas** pérdidas debido a destrucción de carreteras y a bloque de rutas que dan acceso al resto de Chile. La mayoría de los distritos agrícolas afectados, estaban en su estado normal o sea algo empobrecido, y muchos artículos esenciales de alimentación se agotaron a los pocos días.

En varias áreas pequeñas, la alimentación fue suministrada desde el aire. Una de las áreas más afectadas estaba en la parte superior del Lago Rupanco, una zona colonizada por la Caja de Colonización Agrícola.

La siguiente descripción del curso de los acontecimientos la tomamos del apéndice del F.A.O. Monthly Field Report N°6 (de Junio de 1960) :-

" El impacto del terremoto del Domingo 22 de Mayo fue repentino y desastroso. El verano anterior fue seco. El Sabado 21 de Mayo, hubo un terremoto más suave que causó agrietaduras en los suelos, según pudieron observar varios agricultores. Presuponemos que una intensa lluvia que cayó el mismo Sabado saturó rápidamente las estratas porosas del subsuelo y empapó completamente las estratas ricas en alofán. Varios deslizamientos se produjeron el sabado en la noche y más el Domingo. El terremoto más fuerte del Domingo causó un desarrollo simultáneo de cientos de "débris-avalanches". En las

áreas donde el bosque había sido quemado, estos deslizamientos empezaron desde la parte más alta de las pendientes; en las áreas donde el bosque estaba más o menos en su condición natural, los deslizamientos se presentaron en los lugares en que se había limpiado el suelo, desde la parte superior. Muchas avalanchas alcanzaron a desplazarse a una distancia de más de 1.000 metros, en pendientes de más o menos 40° y, en algunos casos, pedazos de montañas de 5 a 8 kms de ancho, cayeron completamente desnudas de vegetación y suelo, en pocos segundos. En algunos lugares esta enorme masa cayó directamente al lago, sumergiendo casas y gente con ella. En dos lugares, en el extremo del lago, varios "débris-avalanches" de varias pendientes, convergieron y formaron un enorme torrente de barro que avanzó con sorprendente rapidez sobre el área ondular y finalmente, se descargó en el lago. Las personas, los animales, las casas, enormes árboles, etc., ubicado en la línea de estas corrientes de barro, fueron engullidos y revueltos con la mezcla de rocas, suelo y árboles. Aún algunos de los grandes árboles perdieron totalmente su corteza y algunos fueron reducidos a astillas. Los testimonios bastante abundantes de la fuerza y poder irresistible de esos torrentes de barro, inspiran verdaderamente terror. Los testigos que escaparon por tener la suerte de quedar en islotes de las pendientes que escaparon a la destrucción, todos concuerdan en afirmar que los torrentes de barro avanzaron como olas y que un hombre a caballo no pudo escapar ni galopando. A la hora del terremoto, el cielo estaba claro y brillante; pero segundos después de la caída de los "débris-avalanches", el aire se llenó de finas gotas de agua y una densa neblina envolvió la parte superior del extremo del lago, por el resto del día. El impacto de los "débris-avalanches" produjo una ola que hizo saltar varias casas en el aire; y la muralla de agua que se levantó desde el extremo N.E. del lago, avanzó sobre la colonia Gaviota, ubicada sobre una terraza a 12 metros sobre el nivel normal del agua del lago y rebotó de lado a lado del lago hasta que su fuerza terminó en la vecindad de la Península de Islota. En el centro del lago, esta ola, y las subsiguientes olas del rebote, no fueron sino hinchamientos de la superficie, pero a lo largo de la costa donde rompieron las olas con gran fuerza, muchas casas pequeñas y algunos de sus ocupantes fueron arrastrados. Esta fue la erosión catastrófica y fenómenos asociados que prácticamente borrarón la colonia Gaviota, el Domingo 22 de Mayo de 1960. "

Se informó de una serie de acontecimientos algo similares en otros distritos, donde ocurrieron erosiones masivas. Un examen subsiguiente de los suelos mostraron que en cada caso hubo materiales gruesos parcialmente intemperizados y porosos, separados por capas más delgadas de cenizas volcánica fina, intemperizada al

estado de alofán. La seria debilidad de estos suelos parece que esta localizada en esos horizontes ricos en alofán que, de repente, se compactaron y se licuaron bajo los sacudones del terremoto. La rotura inicial que invariablemente ocurrió en las partes altas de las pendientes puede haber sido causada por el repentino aumento de la capa superficial del suelo, debido, al agua absorbida en las gruesas capas de pómez y de escoria, pero un movimiento rápido de deslizamiento se presentó por la liquefacción de las delgadas capas de alofán y una vez que las masas de árboles y suelo estaban en movimiento, esas capas de alofán proporcionaron, sin duda, una excelente lubricación. Cuando la masa adquirió acción, el agua que se encontraba en la pómez porosa y en la escoria fué exprimida, proporcionando más lubricación hasta que cerca de la pendiente, toda la masa fué convertida en una ola de barro, cargada de troncos y rocas. Esa ola de barro corrió muy rápidamente hasta que el agua contenida dentro de la masa ya no era lo suficiente como para mantener el movimiento. La velocidad máxima del torrente de barro puede haber sido tan alto como 30 Km por hora y en Rupanco algunos árboles altos, que sobrevivieron al paso de la ola de barro, muestran salpicaduras de barro hasta unos 20 mt. de encima del nivel anterior del suelo.

No se formaron torrentes de barro en todos los distritos, donde ocurrió una erosión masiva. Parecen haberse desarrollado mejor donde los suelos estaban formados de gruesas capas de pómez y de escoria. En algunos distritos las corrientes de barro fueron reemplazadas por avalanchas radiales tumultuosas en forma de abanico donde los "débris-avalanches" tocaron las tierras bajas. Una característica interesante de las corrientes de barro se refiere al tamaño de las rocas que podían flotar en ese medio. Un testigo ocular informó que una enorme roca andesítica, de más de 50 m cúbicos, que posiblemente pesaba varias toneladas, fue llevada rápidamente y sin esfuerzo sobre una distancia de 3 Km. llegando finalmente a parar cerca del borde del Lago Rupanco.

Los materiales depositados por las corrientes de barro tienen una característica micro-relieve con cerrillos y con un margen ondulado vuelto hacia arriba. Hay algunos ejemplos de este tipo de micro-relieve en otros valles de la cordillera y eso puede ser indicativo de áreas donde han ocurrido en años anteriores erosión masiva. En el valle de Trancura al sur de Fucón, esta característica está asociada con abruptas pendientes que han sido casi completamente liberadas de su manto de ceniza volcánica.

En general, se ha observado que las peores y mayores "débris-avalanches" ocurrieron en las fuertes pendientes que han sido deforestadas casi enteramente. En pendientes solo parcialmente deforestadas, los manchones de árboles, a veces, lograron quedarse en su lugar. En algunos casos, los árboles que sobrevivieron era principalmente "lenga" (*Nothofagus pumilio*), lo que puede

indicar que las raíces de estas especies tienen más firmeza, posiblemente están ancladas en las fisuras de las rocas debajo del manto de cenizas. Los "débris-avalanches" son mucho más anchos y más largos en los distritos húmedos del sur (Puntiagudo, Rupango, Golgol) que en los distritos secos del norte (Pellaifa, Calafaguén) y las corrientes de barro generalmente no se presentan en este último distrito.

### Conclusión.

Los deslizamientos en la cordillera central-sur son una expresión catastrófica de la ruptura de la tensión que normalmente prevalece cuando se desarrollan bosques frondosos en pendientes fuertes, que están cubiertos de una gruesa capa de ceniza volcánica. A medida que crecen los árboles, el sistema natural está sometido a una tensión cada vez mayor. La malla de raíces superficiales parece ser un importante factor que ayuda a mantener la estabilidad, pero de vez en cuando, bajo condiciones naturales, esto puede romperse permitiendo así el desarrollo de "débris-avalanches". La destrucción del bosque natural de las pendientes fuertes inicia un proceso de erosión acelerada que, en su debido tiempo, tiene que conducir a la remoción de la mayor parte del suelo y de la ceniza volcánica, así como de las rocas sueltas. En regiones donde los movimientos sísmicos fueron más intensos en el terremoto de Mayo de 1960, varios decenios de erosión acelerada normal se produjeron en unos pocos segundos.

Desde que estos procesos de erosión normal y acelerada siguen ciertas leyes naturales, su probable incidencia y severidad pueden predecirse. Un estudio rápido y somero de los procesos permitiría determinar las áreas peligrosas con bastante exactitud. El único factor que casi no puede predecirse es la línea a lo largo de la cual los movimientos terrestres alcanzarán su mayor intensidad. Dada la posibilidad que terremotos severos pueden afectar cualquiera parte de la cordillera, la erosión catastrófica masiva se puede presentar en los siguientes lugares y situaciones:

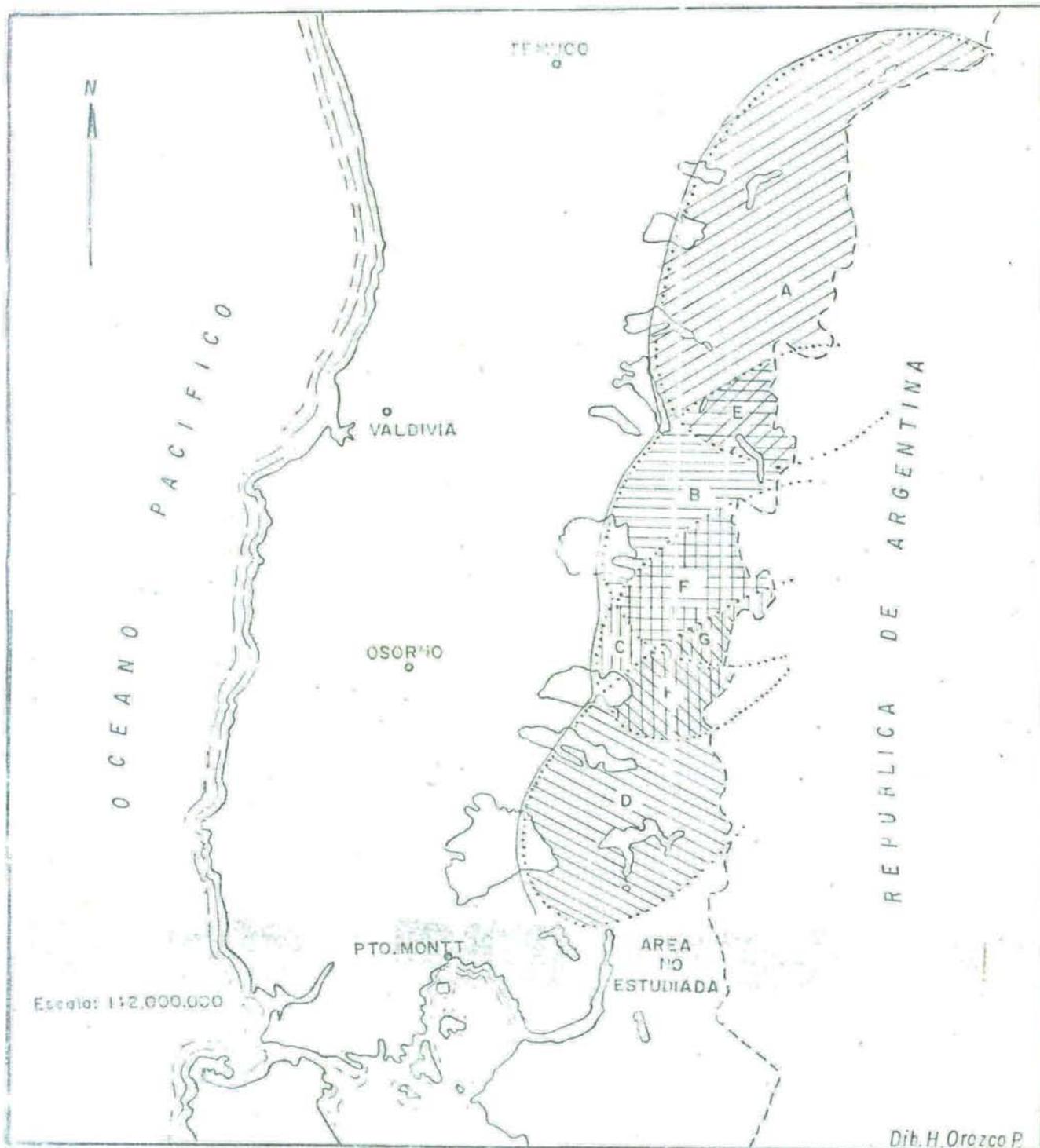
- a) Donde las pendientes gruesamente cubiertas por ceniza volcánica que consisten en capas alternadas de grava gruesa, porosa y polvo fino de andesita, de suficiente edad, de manera que la intemperización del suelo haya alcanzado el estado de arcilla alofánica. En el croquis que se acompaña, la región más peligrosa es aquella indicada con "D" y el orden de peligro decreciente sería el siguiente "H" "G" "F" "E", la parte oeste de la zona "B" y la parte este y sur-central de la zona "A". La parte este de la zona "B", toda la zona "C" y los remanentes de la zona "A" son las áreas donde existen menos posibilidades de erosión catastrófica.

- b) En las áreas indicadas anteriormente, el peligro es mayor:
- (i) Cuando las pendientes de las montañas son muy abruptas
  - (ii) Cuando la vegetación natural ha sido destruida parcialmente o modificada por roces a fuego.
  - (iii) Cuando el bosque natural esta dominado por especies de árboles de raíces superficiales.
  - (iv) Cuando hay factores climáticos locales que originan veranos muy lluviosos.

Recomendaciones.

1. Que el reconocimiento aerofotogramétrico de Chile incluya la Cordillera Andina, especialmente donde pueden desarrollarse condiciones de severa erosión.
2. Debe ser preparado un mapa base planimétrico de esas fotografías aéreas, el que debe estar incluido en el estudio aerofotogramétrico.
3. Que un equipo de campo compuesto de dos especialistas en suelo (uno forestal y otro agrícola) y cuatro asistentes técnicos empleen los mapas básicos acuciosamente, para delimitar el estado actual de la erosión en el área, y obtener un mapa de los suelos de mayor pendiente, lo mismo que determinar el uso actual de la tierra en la cordillera.
4. El mapa obtenido de estos estudios y el informe de este grupo de técnicos debe ser presentado a un comité compuesto por: Representantes del Ministerio de Agricultura, Ministerio de Tierras, Caja de Colonización Agrícola, Institutos de Estudios Forestales, Endesa, Ministerio de Obras Públicas y Representantes de otras Instituciones que están intimamente ligados a los problemas de erosión de estas áreas altas.
5. El comité ya mencionado, deberá indicar los límites definitivos de:
  - a) Terrenos a considerar absolutamente y para siempre como invariable Reserva Forestal Nacional, para proteger los recursos de suelos agrícolas y forestales de bajas altitudes.
  - b) Tierra adecuada para la explotación limitada de bosques naturales madereros bajo regeneración natural.

MAPA ESQUEMATICO MOSTRANDO LA NATURALEZA DE LOS SJELLS VOLCANICOS DE LA REGION CORDILLERANA CENTRAL - SUR



- A. CENIZA VOLCANICA GRUESA PUMICITICA, CON ESTRATAS DE ESCORIA FINA
- B. ESCORIA FINA Y GRUESA CON ESTRATAS DE CENIZA FINA INTERPERIZADA
- C. CENIZA VOLCANICA PUMICITICA CUBRIENDO CENIZA FINA INTERPERIZADA
- D. ESCORIA GRUESA Y FINA CUBRIENDO CENIZA PUMICITICA, CENIZA FINA INTERPERIZADA Y ESCORIA GRUESA INTERPERIZADA

