

U1381

J. Amador López

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES GEOLOGICAS
AGUSTINAS 785 - 5º PISO
SANTIAGO DE CHILE

**Relación entre la Geología y los efectos de los Terremotos de Mayo
de 1960, en la ciudad de Ancud y alrededores, Chiloé**

(INFORME PRELIMINAR)

116

FOR: CARLOS GALLI OLIVIER
Y JOAQUIN SANCHEZ ROJAS

SEPTIEMBRE DE 1960

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
INTRODUCCION	1
Ubicación de la zona y propósito del estudio	1
Relieve y drenaje	1
Agradecimientos	2
GEOLOGIA	2
Rocas del Complejo Volcánico de Ancud	2
Distribución	3
Morfología	3
Litología	3
Meteorización	4
Depósitos de terrazas	5
Depósitos aluviales	6
Depósitos de playa	6
Depósitos de relleno artificial	6
GEOMORFOLOGIA	7
CARACTERISTICAS DE LOS TERREMOTOS	8
CARACTERISTICAS DEL TERREMOTO (TSUNAMI)	8
EXPRESIONES DEL TERREMOTO EN LA MORFOLOGIA	9
Hundimiento general de la zona	9
Compactación del aluvio	10
Fracturas	10
RELACION ENTRE LA GEOLOGIA Y LOS DAÑOS	11
Aspectos generales	11
Daños en las rocas volcánicas	11
Daños en las terrazas	12
Daños en los depósitos aluviales	12
CONCLUSIONES	12
RECOMENDACIONES	13
REFERENCIAS	13
GLOSARIO	14

Incluye un mapa geológico preliminar escala
1:5.000.

RESUMEN

Las rocas y sedimentos de Ancud y alrededores se han agrupado en cinco unidades. Las rocas volcánicas se incluyen en una unidad o formación geológica que se denomina Complejo Volcánico de Ancud. El Complejo se atribuye tentativamente al Terciario-Cuaternario y está formado por andesitas, tobas soldadas y brechas aglomerádicas que afloran en casi toda la región serrana, la costa y alrededores de Ancud. En algunos sectores sobre las rocas del complejo han sido elaboradas terrazas. Los afloramientos del Complejo están muy meteorizados a un material rojizo amarillento fácilmente disgregable con el martillo. Los depósitos de terrazas se observan en algunas de las terrazas y están formados por grava poco cementada, arcilla y limonita. Los depósitos aluviales se distribuyen en los cursos fluviales del río Pudeto y los esteros Matadero y La Toma. Se componen de materiales inconsolidados, gravas, arenas, linos y arcillas. Los depósitos de playa se observan a lo largo de la costa y están formados por un agregado inconsolidado de gravas y arenas, principalmente. El relleno artificial está depositado en la zona costanera y sus materiales son grava, arena, limo, ladrillos, madera, basura, etc.

Se comprobó una relación entre la geología y los daños producidos por los terremotos en las obras construidas por el hombre. Las áreas formadas por el Complejo Volcánico de Ancud son las que resistieron mejor los efectos de los terremotos y se sugieren como las más adecuadas, hacia donde debiera orientarse la expansión de la ciudad. Los daños más graves derivados del terremoto se observaron sobre los depósitos aluviales y en el borde de una de las terrazas. Estas últimas observaciones permiten sugerir que esas áreas son desfavorables y que los futuros planes de construcción sobre ellas debieran estar precedidos por estudios de la mecánica de los suelos. Se señala que la posición geográfica de Ancud en relación con eventuales maremotos es desfavorable. Se sugiere que se prohiban las construcciones cerca del mar y que los edificios costaneros imprescindibles deben estudiarse teniendo en cuenta la posible repetición del fenómeno.

INTRODUCCION

Ubicación de la zona y propósito del estudio.-

La ciudad de Ancud, capital de la provincia de Chiloé, está ubicada en el extremo septentrional de la isla Grande a $41^{\circ} 52'$ de latitud sur y $73^{\circ} 49'$ de longitud oeste. Tiene una población urbana de 6.396 (°) habitantes, y una superficie cercana a los $1,5 \text{ Km}^2$. Sus principales actividades son las derivadas de la agricultura, ganadería, pesca y maderas. Posee un puerto de embarque para estos productos. Es accesible desde la porción continental del territorio sólo por vías aéreas y marítimas. Caminos de segunda clase unen Ancud con otros pueblos situados en la isla Grande. Los más importantes son los caminos carreteros a Castro, Chacao y Quelalmahue. El camino a Chacao está cortado por destrucción del puente Pudeto por efectos del sismo y del maremoto. Un ferrocarril de trocha angosta (60 cm) que unía Ancud con Castro, actualmente se encuentra paralizado a causa de los movimientos sísmicos.

El propósito del presente estudio fue reunir antecedentes geológicos de la ciudad de Ancud y alrededores inmediatos para establecer la eventual relación entre los efectos producidos por los movimientos sísmicos y la calidad del terreno que subyace a la ciudad. En esta forma puede contribuirse con información geológica adecuada para la reconstrucción y expansión de la ciudad.

El método de trabajo consistió en un levantamiento geológico preliminar de las áreas urbana y de posible extensión de la población. El período de trabajo estuvo comprendido entre el 31 de Agosto y el 7 de Septiembre de 1960.

La base topográfica disponible es muy inadecuada para la precisión del trabajo por cuanto adolece de graves errores principalmente altimétricos, según se pudo constatar en el terreno. Esta base topográfica es el plano escala 1:2.000 del Plan Regulador de Ancud, en donde se señalaron las diferentes unidades litológicas y morfológicas observadas en el terreno. Ese plano se redujo y redibujó en el Instituto de Investigaciones Geológicas (IIG), a escala 1:5.000. Como el mapa geológico que acompaña este informe será usado por profesionales que no están en el campo de la geología, se indican algunos aspectos morfológicos tales como las terrazas, estén o no cubiertas por sedimentos. Las terrazas que no están cubiertas por sedimentos no se incluyen en los mapas geológicos convencionales.

Relieve y drenaje.-

La zona estudiada está constituida principalmente por dos cordones de Cerrillos bajos que corren en dirección este-oeste, separados por la quebrada poco profunda del estero La Toma. Estos cerri-

(°) Según censo efectuado en 1952 por la Dirección General de Estadística y Censos.

llos tienen pendientes suaves, excepto las partes que enfrentan al océano y presentan un paisaje ondulado de baja altura. Comienzan en las cercanías del río Pudeto ganando rápidamente altura hasta alcanzar los 70 u 80 metros. Descienden suavemente hacia el oeste y terminan en la bahía de Ancud en una barranca de 8 a 10 m de alto.

El principal sistema fluvial de la zona lo constituye el río Pudeto, que nace de la confluencia de los ríos Negro, Mayamo, San Antonio y Mechaico. Desde la confluencia de los ríos antes mencionados hasta su desembocadura, el Pudeto recorre unos 12 Km., primeramente en dirección al noreste y en la mitad de su curso al noroeste, manteniendo esta dirección hasta descargar en el océano por una estrecha boca. El río Pudeto forma un estuario con un ancho hasta de 1,5 Km facilitando las comunicaciones hacia el interior por embarcaciones de poco calado cuando hay marea alta.

Gran parte de la zona estudiada tiene su drenaje por los pequeños esteros Matadero y La Toma. El Matadero nace de numerosas vertientes de agua subterránea de poco caudal y corre en dirección al poniente desembocando en el mar después de un recorrido de cerca de 1,5 Km.

El estero de La Toma nace aproximadamente a 1 Km al estenoreste de la plaza de Ancud. En su curso inferior, donde cruza la ciudad, ha sido canalizado desembocando al mar en las inmediaciones del muelle de Ancud.

Agradecimientos.-

Los autores agradecen la cooperación prestada por los arquitectos del Ministerio de Obras Públicas, Sra. Sofía Peralta y Sr. Pastor Correa, quienes cedieron planos en que se basa el plano geológico que acompaña al presente informe y fotos aéreas. Se agradecen las informaciones proporcionadas por el señor Erwin Wolf, Alcalde suplente de Ancud, en lo referente a daños ocasionados por los sismos y por el maremoto.

GEOLOGIA

Rocas del Complejo Volcánico de Ancud.-

En la región de Ancud afloran rocas volcánicas que tentativamente han sido incluidas en una unidad. Esta unidad, que se designa Complejo Volcánico de Ancud, no puede ser descrita aquí de acuerdo a las normas estratigráficas vigentes porque debido a una falta de información de terreno, aspectos tales como las relaciones estratigráficas, una sección tipo, etc., permanecen desconocidos.

La edad del Complejo Volcánico de Ancud se desconoce. En el mapa geológico de Chile (IIG, 1960) las rocas volcánicas del norte de la isla Grande de Chiloé están incluidas en el "Cuaternario y en parte Terciario". Rocas volcánicas basálticas y andesíticas (en parte intrusivas)". Los autores a falta de otros argumentos, mantienen una edad terciario-cuaternaria. Felsch (1913, p. 98) sugirió una edad terciaria. Las rocas del Complejo Volcánico varían en su litología pero en el mapa se las distingue con una rastra común.

Distribución.-

Las rocas del Complejo Volcánico de Ancud están distribuidas en toda la zona estudiada. Se presume que estas rocas volcánicas, aún donde cubiertas por aluvio, depósitos de playa, relleno artificial o suelo vegetal, subyacen a Ancud y alrededores hasta profundidades que no pueden estimarse con los pocos conocimientos actuales.

Morfología.-

Las rocas volcánicas forman un relieve serrano suave y redondeado y en aquellas partes en que el mar erosionó niveles de terraza, es marcadamente subhorizontal. Estas terrazas, sin embargo, han sido disectadas posteriormente por aguas superficiales. El redondeamiento de las formas del paisaje se atribuye a una erosión prolongada que ha desgastado las formas originales de un campo volcánico que puede haber sido muy abrupto. Al mismo tiempo, operaron procesos de descomposición físico-químicos que meteorizaron la roca in situ y suministraron en parte los materiales para la formación de un suelo vegetal muy desarrollado.

Las rocas del Complejo Volcánico de Ancud forman barrancas abruptas en la costa, en partes con pendientes de 90°.

Litología.-

En algunas localidades, el Complejo Volcánico de Ancud se compone de andesitas gris oscuras, diaclasadas, compactas, masivas y resistentes al golpe de martillo. Al microscopio se observa textura intergranular, con individuos de clinopiroxena y magnetita. Los intersticios entre las plagioclasas aparecen rellenos con clorita. En las cercanías del Recinto de Exposiciones de la Sociedad Agrícola de Chiloé (S.A.Ch.), las andesitas se observan vesiculares. En partes las vesículas están rellenas por minerales secundarios claros. Las vesículas sugieren que las andesitas se esparcieron como mantos de lava en algunas áreas de la región.

A unos 300 m hacia el este de la ubicación anterior polígono, destruido por el maremoto, se observaron tobas soldadas.

Son rocas de marcada textura eutaxítica, gris claras y gris oscuras, con mucho vidrio y xenolitos, que suenan al golpe de martillo, bien litificadas, con diaclasas verticales poco marcadas, con huecos paralelos a la textura eutaxítica, presumiblemente dejados por los gases, de hasta 20 cm de largo, achatados durante el enfriamiento del manto piroclástico. Estas tobas soldadas recuerdan en sus aspectos generales a las de la formación Altos de Pica, en Pica, Tarapacá.

El tercer conjunto reconocido de rocas volcánicas del complejo está compuesto por brechas aglomerádicas, formadas por bloques hasta de varios metros cúbicos, englobados en una matriz de piroclastos de tamaño lapili (entre 32 y 4 mm) y menores de 4 mm. Los bloques son de origen volcánico y algunos son lavas vesiculares y tobas soldadas. Esta circunstancia sugiere que las brechas aglomerádicas son algo más recientes que esas lavas y tobas. Las brechas aglomerádicas no están estratificadas y no tienen los piroclastos arreglados o clasificados sino que están en la roca distribuidos caóticamente. Sin embargo, en una localidad sobre la costa, a unos 1.000 m al norte de Caleta Pudeto y en otra situada al sudoeste de la desembocadura del estero Matadero, se observó que las brechas están estratificadas, aunque las capas se presentan poco definidas. En la primera de esas localidades se observó una estructura sinclinal, con eje en dirección aproximadamente al este. En la segunda localidad el rumbo de las capas es aproximadamente al noroeste y la inclinación al noreste unos 20°. Por lo tanto, hay indicaciones que el Complejo Volcánico de Ancud ha sido plegado por movimientos tectónicos. En la actualidad estos movimientos no pueden correlacionarse con otros de edad conocida.

Meteorización.-

Las rocas volcánicas se observaron inalteradas en la costa, donde el mar erosiona activamente, remueve y transporta el material suelto. En otras localidades, casi sin excepción, las rocas volcánicas están muy meteorizadas hasta una profundidad que se estima en partes hasta de 15 m. El manto meteorizado se compone de un material rojizo amarillento claro, arcilloso al tacto, de espesor variable, FÁCILMENTE DISGREGABLE CON EL MARTILLO. Los materiales arcillosos, presumiblemente provienen de las plagioclasas descompuestas de las andesitas.

Es probable que otras partes, como la futura zona industrial de Ancud, tengan un subsuelo de características análogas a las descritas. En otras localidades de Ancud se observaron cortes del terreno con materiales comparables.

Depósitos de terrazas.-

A diferentes alturas respecto del nivel del mar, se observan áreas relativamente subhorizontales, en partes erosionadas por las aguas superficiales. Estas áreas son terrazas que han sido construidas por el mar y tal vez en parte por antiguos ríos. Las terrazas indican que en tiempos pasados, en el sentido geológico, el nivel del mar estuvo considerablemente más alto respecto de la actual topografía, en la zona de estudios. Las terrazas presumiblemente se formaron por la erosión o abrasión de las olas sobre una línea de costa, análogamente a lo que se observa hoy en un nivel mucho más bajo. El mar avanzó tierra adentro formando una superficie subhorizontal o escalón costero. Este escalón se cubrió en partes con sedimentos de playa y litorales. Es probable que algunas terrazas hayan sido elaboradas por la acción erosiva o acumulativa de los ríos y que en partes estén cubiertas por depósitos aluviales.

En general, se observó que las terrazas no están cubiertas por sedimentos de terrazas de gran espesor. Algunas terrazas se marcaron en el mapa con rastras que sugieren que se trata de niveles bastante aplanados donde las rocas del Complejo Volcánico de Ancud están a poca profundidad, debajo de un suelo vegetal de 1 a 3 m. Estos niveles aterrazados han podido ser trazados en el mapa con límites solamente aproximados. Por otra parte, los niveles están bastante disectados y ondulados por la erosión de aguas superficiales. No obstante, estos niveles subhorizontales se indican porque son de gran interés para los arquitectos e ingenieros a cargo de la ubicación de nuevas poblaciones.

En la barranca situada detrás del edificio de la Intendencia de Ancud, los autores observaron una sección compuesta en parte por sedimentos de terraza. La sección puede describirse como sigue:

<u>Arriba</u>	<u>Metros</u>
1) Suelo vegetal	0,30
2) Grava castaño amarillenta, matriz arcilloso-arenosa, POCO CEMENTADA, SE DISGREGA BASTANTE FACILMENTE CON EL MARTILLO, con rodados en general bien redondeados de rocas de origen diverso y con niveles de limonita rojiza	2
3) Material similar al anterior, más arcilloso, rojizo, cementado, por limonita. L. C.P. EST. BASTANTE ENDURECID. Y OFRECE RESISTENCIA AL GOLPE DE MARTILLO. En la barranca la capa se observa con un espesor constante y puede extenderse debajo del edificio	0,50

- 4) Material arcilloso, algo arenoso, BASTANTE COMPACTO con algunos rodados 6
- 5) Hacia abajo los materiales están ocultos por los derrubios de la barranca. De acuerdo a observaciones efectuadas en la vecindad, debajo del derrubio pueden hallarse rocas volcánicas. En la región se ha observado que aproximadamente los 15 m superiores de las rocas volcánicas, están descompuestos a un material arcilloso, rojizo-amarillento. ?

Depósitos aluviales.-

Los depósitos aluviales están distribuidos principalmente hacia el este de la zona reconocida, en las márgenes del río Pudeto. En Ancud, los pequeños esteros Matadero y La Toma tienen planicies aluviales de poco desarrollo.

La morfología de los depósitos aluviales es subhorizontal y regular. Los depósitos están compuestos por materiales que han sido transportados y sedimentados por las aguas fluviales. Gravas, arenas, limos y arcillas mezclados, componen estos depósitos. EN GENERAL, LOS DEPOSITOS SON DE EDAD RECIENTE Y NO ESTAN CEMENTADOS NI COMPACTADOS.

Depósitos de playa.-

Los depósitos de playa están distribuidos a lo largo de las costas y se componen de un AGREGADO INCONSOLIDADO DE GRAVAS Y ARENAS, PRINCIPALMENTE. Estos materiales derivan en parte de rocas locales erosionadas y removidas por las olas, y en parte de los sedimentos transportados por las olas y corrientes marinas, desde zonas alejadas de Ancud. No se conoce el espesor de estos depósitos.

Depósitos de relleno artificial.-

Estos depósitos se observan a lo largo de la costa, desde unos 300 m al norte del edificio de la Aduana, hasta probablemente las cercanías de la desembocadura del estero Matadero. El relleno se hizo para aplanar ciertas áreas costeras donde se construyeron numerosas casas. La mayor parte de estas casas fue destruida por el maremoto del 22 de Mayo de 1960. El maremoto y la posterior remoción de escombros han dejado desocupada casi totalmente el área de relleno artificial.

El relleno se ha hecho con grava, arena, limo, ladrillos, madera, basuras, etc. El espesor máximo de los depósitos de relleno artificial se desconoce pero es probable que sea de unos 3 m. El Alcalde Suplente de Ancud, Sr. Erwin Wolf, ha informado verbalmente que la cancha de aterrizaje fue rellena en partes hasta con 6 a 7 m de relleno artificial. La cancha está construida en la planicie de inundación del río Pudeto. La planicie de inundación es de edad muy reciente y en partes es pantanosa. Pueden existir otras áreas rellenas artificialmente en la ciudad de Ancud.

GECMORFOLOGIA

El elemento morfológico dominante en el área de Ancud es una serranía baja y redondeada. La serranía está formada por rocas volcánicas, por un manto de roca descompuesta y suelo vegetal muy erosionados por las aguas superficiales. Se conoce muy poco acerca de la estructura regional como para indicar formas del paisaje condicionadas por pliegues, fallas u otros procesos tectónicos.

La serranía se observa con niveles de terraza a varias alturas relativas respecto del actual nivel del mar. Las terrazas están siendo disectadas por corrientes de agua y en general el nivel aplanado original está modificado a un paisaje de colinas suaves. No obstante, los niveles pueden reconocerse.

Estos elementos del paisaje están en proceso de erosión por las olas en las costas y las corrientes superficiales. El nivel base de erosión regional es el nivel actual del mar. Las costas son relativamente abruptas y en casi todas partes se observa una barranca de rocas volcánicas frescas desgastada por las olas. Las playas están poco desarrolladas.

Los cursos de agua superficial tienen poco escurrimiento y la erosión no es fuerte. Los esteros La Toma, Matadero y otros, son efluentes porque sus aguas provienen exclusivamente de vertientes de agua subterránea. Por otra parte, el caudaloso río Pudeto ha construido terrazas y una gran planicie de inundación. Las altas mareas entran hasta muy adentro de la desembocadura del río. Esto se ha acentuado con el hundimiento general de la zona debido a los movimientos sísmicos.

CARACTERÍSTICAS DE LOS TERREMOTOS

El día 22 de Mayo se sintió a las 15:10 horas (19:10 de Greenwich) un fuerte movimiento sísmico con carácter de terremoto en la ciudad de Ancud. Según 23 personas interrogadas, el movimiento comenzó a las 15:00 (19:00 de Greenwich) en forma suave manteniéndose así por espacio de 10 minutos, para luego tornarse en un movimiento de gran violencia. Esta circunstancia permitió que la mayor parte de la población abandonara sus casas a tiempo, poniéndose a salvo en lugares despejados.

Ocho de las personas interrogadas aseguraron haber oído ruidos subterráneos. Sin embargo, no hubo unanimidad respecto a la dirección del movimiento. Esto permite sugerir que el movimiento pudo haber sido oscilatorio. Según informaciones proporcionadas por el Instituto de Geofísica y Sismología de la Universidad de Chile, en la actualidad se cree que hubo dos sismos consecutivos, el primero de magnitud $7 \frac{1}{2}$ de la escala de Richter, a las 15:10 (19:10 de Greenwich) con epicentro próximo a isla de Chiloé y el segundo de magnitud $8 \frac{3}{4}$ (Richter), treinta segundos más tarde, con epicentro a la latitud de Valdivia. Esto explicaría la diferente determinación del epicentro por parte de estaciones sismológicas extranjeras.

Después de los movimientos del 22 de Mayo se han registrado numerosas réplicas o temblores de menor intensidad con epicentros diseminados entre Concepción y Aysén.

En cuanto a la intensidad los autores estiman que fue de grado 9 de la Escala Internacional de Mercalli en las partes más afectadas de Ancud. Esta consideración está sugerida por los daños observados en el terreno y por información de algunas personas respecto a los efectos observados en el momento del sismo.

CARACTERÍSTICAS DEL MAREMOTO (TSUNAMI)

Las ondas marinas originadas por los sismos del 22 de Mayo de 1960 causaron una destrucción catastrófica en las costas de la zona de Ancud y de otras partes del sur de Chile. Los autores desean reproducir partes del vívido relato del Sr. Erwin Wolf, testigo del fenómeno. La primera subida o crecida del mar no estuvo precedida por una bajada o retiro anormal de las aguas. La crecida se produjo aproximadamente 18 minutos después del terremoto, en forma lenta, hasta alcanzar unos 80 cm sobre la parte inferior de la puerta de la casa habitación del Sr. Wolf, sobre la calle Quintanilla. La superficie de la calle Quintanilla, hoy desaparecida por los efectos del maremoto, no era cubierta por las aguas marinas ni aún en las más altas mareas. Minutos después, el mar se retiró rápidamente, en unos 5 minutos. La corriente hacia mar adentro arrastró casas de madera que estaban asentadas sobre los depósitos de playa, previamente desprendidas por flotación de sus cimientos ligeros.

La segunda crecida estuvo precedida por una bajante que alcanzó un nivel considerado normal. El agua avanzó lentamente hasta cubrir totalmente la puerta de entrada de la casa del Sr. Wolf, es decir, aproximadamente unos 2 m sobre la calle Quintanilla. Al retirarse nuevamente, con gran fuerza, el agua arrastró mar adentro otras casas de madera.

La tercera crecida estuvo precedida por el retiro de las aguas hasta el centro de la bahía de Ancud. La isla Cochino, al norte de la península de Ancud, quedó temporariamente unida al continente. Los habitantes contemplaban atónitos un fenómeno jamás registrado. El ruido era ensordecedor, probablemente causado por el arrastre de piedras y por torbellinos de agua. El fondo de la bahía estaba a la vista. Se observó relativamente chato, cubierto de arena y algas marinas, con algunos afloramientos de roca viva. Fuertes torbellinos se observaron en el borde de las aguas concentradas en el centro de la bahía.

El avance del agua desde el centro de la bahía hasta alcanzar la costa de Ancud requirió unos 15 minutos. En un principio se observó una ola de varios metros de altura. Al llegar a las proximidades del muelle, el agua avanzó como una marea y no como una ola, pero la fuerza del "golpe" del agua era fenomenal. El agua avanzó desde el norte hasta la costa de la futura zona industrial. En un movimiento envolvente, barrió la costa y regresó hacia el norte, arrastrando a su paso centenares de casas y destruyendo otras obras construidas por el hombre. La altura máxima alcanzada por el agua, sobre la playa de la futura zona industrial, fue de unos 6 ó 7 metros.

EXPRESIONES DEL TERREMOTO EN LA MORFOLOGÍA

Hundimiento general de la zona.-

Según información oral del Ingeniero Sr. Ulises Correa, de la CORFO, en la Estación de Ostricultura de Pullinque, situada al norte del golfo de Quetalmahue, se pudo constatar un hundimiento de la costa de 1,80 m. Las mediciones se efectuaron en un muelle de atraque. El muelle se asienta sobre areniscas cementadas conocidas en la región con el nombre de "cancagua". Este hecho sugiere que el hundimiento de esta parte no es debido a compactación de sedimentos poco consolidados, sino a un descenso general de la zona probablemente por fallas.

Esas observaciones concuerdan con otras efectuadas por los autores inmediatamente al norte de Ancud, cerca del ex-polígono. Con anterioridad a los sismos había en esta parte una edificación asentada directamente sobre rocas volcánicas (lavas andesíticas principalmente), fuera del alcance de las mareas. A consecuencia del maremoto las instalaciones fueron destruidas quedando sólo los cimientos de concreto apoyados directamente sobre la roca volcánica. En la actualidad estos cimientos quedan cubiertos en parte por la marea alta. Los autores no pudieron determinar la cuantía del hundimiento por falta de puntos de referencia.

Compactación del aluvio.-

Los sedimentos aluviales depositados por el río Pudeto en tiempos geológicamente recientes, han sufrido una fuerte compactación debida a los sismos. Con anterioridad a los movimientos sísmicos, el puente sobre el río Pudeto tenía sus extremos asentados en ambas orillas del brazo principal del río, fuera del alcance de las aguas. El extremo occidental se encontraba asentado sobre una pequeña isla de sedimentos recientes, rodeada por dos brazos del Pudeto: el occidental, pequeño, angosto y de poco caudal; el oriental o principal, ancho y de gran caudal. El extremo oriental del puente se encontraba asentado sobre sedimentos modernos que forman una barra en la desembocadura del Pudeto. Sobre el brazo occidental del Pudeto no se había construido un puente, sino que se había hecho un terraplén de relleno artificial. A consecuencia de los sismos la pequeña isla desapareció bajo las aguas. Actualmente es una zona de aguas poco profundas de las cuales emergen restos del terraplén del camino y las partes más altas de la isla. Los dos brazos del Pudeto se unieron y ahora el río forma un solo cauce, donde el extremo occidental del puente está en medio de aguas poco profundas.

Los autores sugieren que por tratarse de sedimentos muy modernos sin consolidar, el hundimiento de la isla se debe a compactación del aluvio, sumado tal vez, al hundimiento general de la zona comprobado al norte de Ancud.

Fracturas.-

En el área estudiada se observaron fracturas originadas por los movimientos sísmicos sólo en zonas muy restringidas de sedimentos modernos. En el aeródromo de Pudeto se observaron grietas de 2 a 3 cm de ancho y de hasta 10 m de longitud, paralelas al río. Estas grietas serían debidas a pequeños deslizamientos sin rechazo vertical del aluvio hacia el río.

El Sr. Erwin Wolf informó que en la calle Arturo Prat, construida sobre sedimentos aluviales del estero La Toma, se observaron grietas de hasta 40 cm de ancho. Según la misma fuente se observaron grietas de hasta 50 cm en el camino al aeródromo de Pudeto. Así mismo observó grietas de menor tamaño en las rocas volcánicas meteorizadas entre Caleta Pudeto y Ancud.

RELACION ENTRE LA GEOLOGIA Y LOS DAÑOS

Aspectos generales.-

En Ancud y alrededores se comprobó que hay una clara relación entre los daños del terremoto en las obras construidas por el hombre y las condiciones del suelo, que pueden considerarse en planes de reconstrucción.

El maremoto afectó catastróficamente la zona costanera en un ciclo de salidas de mar que comenzó 18 minutos después de ocurrido el terremoto. Los daños del maremoto fueron tales que los autores no pudieron constatar destrozos derivados exclusivamente del terremoto en los depósitos de playa y de relleno artificial, distribuidos en la zona costanera. Por lo tanto, el breve comentario acerca de la relación entre la geología y los daños, habrá de referirse a las tres unidades que no fueron afectadas o sólo parcialmente, por el maremoto: las rocas volcánicas, las terrazas y los depósitos aluviales.

Del relato del Sr. Erwin Wolf se desprende que la zona costanera de Ancud no sufrió daños graves derivados del terremoto exclusivamente. No obstante, ese testigo observó que en la costa se habían formado grietas por efectos del sismo. Estas grietas y la fuerza de las sacudidas del terreno deben haber afectado a muchas casas de la costa, especialmente aquellas construidas de ladrillos y otros materiales pesados. Todos los efectos del terremoto fueron borrados minutos después por las fenomenales salidas del mar.

Daños en las rocas volcánicas.-

No obstante el espeso manto meteorizado que sobreyace a las rocas del Complejo Volcánico de Ancud, las ROCAS VOLCÁNICAS SON EL MEJOR MATERIAL DE FUNDACION DE LA ZONA. Afortunadamente, casi todo Ancud y las zonas probables de expansión futura, están apoyadas sobre estas rocas. Los daños que se observaron sobre esta unidad no son tan graves sobre todo si se los compara con los ocurridos en los depósitos aluviales o en los bordes de terraza. Incluso en las zonas con pendientes algo acentuadas, el terreno volcánico cedió en pocas partes o no se observó agrietado.

SIN RESERVAS, PUEDE CONCLUIRSE QUE LAS ROCAS DEL COMPLEJO VOLCANICO DE ANCUD SON EXCELENTES MATERIALES DE FUNDACION EN AREAS DE POC O NINGUNA PENDIENTE.

Daños en las terrazas.-

En las terrazas los daños del terremoto se observaron mayormente en los bordes. Muchas casas situadas en la vereda norte de la calle Pudeto, en el borde de una terraza, fueron dañadas gravemente o completamente destruidas, sobre todo entre la calle Las Heras y la Plaza de Armas. Las sacudidas del terremoto agrietaron el borde de la terraza, que se deslizó hacia el estero La Toma. Este fenómeno fue en parte el causante de la gran destrucción. En el borde oeste de la terraza hubo grandes daños que afectaron la Catedral y la Intendencia, principalmente. La Intendencia está apoyada sobre sedimentos de terraza, ya descritos. EL AUMENTO DE LOS DAÑOS EN LOS BORDES DE LAS TERRAZAS ES OTRO ASPECTO GEOLOGICO EN RELACION CON LOS DAÑOS QUE PUEDE TOMARSE EN CONSIDERACION EN LA RECONSTRUCCION. En la terraza disectada del futuro barrio industrial no se observaron grietas ni deslizamientos.

Daños en los depósitos aluviales.-

Las casas sobre las calles Dieciocho y Prat, entre la estación del ferrocarril Ancud-Castro y la calle Libertad, están construidas sobre depósitos aluviales. El número de casas destruidas y semidestruídas por el terremoto es sólo comparable al de las casas de la vereda norte de la calle Pudeto. La destrucción en las calles Dieciocho y Prat indica que los depósitos aluviales se comportaron muy mal como materiales de fundación. LA DESTRUCCION HA SIDO CLARAMENTE MAS INTENSA EN EL ALUVIO QUE EN LAS AREAS DE LAS ROCAS VOLCANICAS.

CONCLUSIONES

- 1) En Ancud y alrededores se observaron relaciones muy claras entre los daños producidos por los terremotos y las características de las rocas y sedimentos de la región.
- 2) Los daños más importantes se observaron sobre los depósitos aluviales y en el borde de una de las terrazas. En el relleno artificial y depósitos de playa no pudieron observarse daños derivados del terremoto, porque los maremotos destruyeron totalmente la zona costanera.
- 3) Las zonas formadas por las rocas del Complejo Volcánico de Ancud y con una topografía horizontal o subhorizontal, son las que mejor resistieron los efectos de los terremotos.

RECOMENDACIONES

- 1) La expansión de Ancud debiera orientarse hacia aquellas áreas constituidas por las bien consolidadas rocas del Complejo Volcánico de Ancud. Los barrios del futuro debieran ser emplazados sobre zonas horizontales o subhorizontales formadas por esas rocas volcánicas.
- 2) Las planicies aluviales de los esteros Matadero y La Toma y del río Pudeto, son zonas desfavorables para fundar estructuras pesadas y todo plan de construcción debiera condicionarse a estudios de la mecánica de los suelos.
- 3) La desfavorable posición geográfica de Ancud en relación con los maremotos haría necesaria la prohibición de construir en las proximidades del mar. Las construcciones imprescindibles (en relación con el muelle, etc.) debieran estudiarse teniendo en cuenta la posible repetición del fenómeno.
- 4) No deben crearse áreas de relleno artificial ni construir sobre ellas.
- 5) Se sugieren estudios más detallados acerca de la geología desde el punto de vista de la ingeniería, escala 1:5.000.

REFERENCIAS

Felsch, J., 1913, Informe provisorio sobre las exploraciones geológicas de los alrededores de Carelmapu i de la isla de Chiloé: Bol. de la Soc. Nac. de Minería, Serie 3a, N°s 193 y 194, Santiago.

Instituto de Investigaciones Geológicas, 1960, Mapa Geológico de Chile: Instituto Geográfico Militar, Santiago.

GLOSARIO

- ALUVIAL.** Perteneciente al aluvio. Materiales inconsolidados de edad geológicamente reciente.
- ANDESITA.** Roca volcánica compuesta esencialmente de andesina y uno o más constituyentes ferromagnesianos.
- BASALTO.** Roca extrusiva compuesta principalmente de plagioclasa cálcica, piroxena, con o sin olivina.
- BRECHA AGLOMERADICA.** Roca piroclástica constituida principalmente por fragmentos angulosos mayores de 256 mm., que han sido lanzados alrededor del cono o cráter durante las erupciones volcánicas.
- CUATERNARIO.** El más joven de los dos períodos geológicos de la era cenozoica. El Cuaternario se subdivide en las épocas Pleistoceno y Reciente. Comprende todo el tiempo geológico y los depósitos desde el fin del Terciario, aproximadamente 1.000.000 de años, hasta e incluyendo el presente.
- DERRUBIO.** Detritus acumulado en el pie y parte baja de una ladera empinada, principalmente por acción de la gravedad.
- ESTRATIGRAFIA.** Rama de la geología que trata de la formación, composición, secuencia y correlación de las rocas estratificadas como partes de la corteza terrestre.
- EUTAXITICA.** Término aplicado a una estructura de ciertas rocas volcánicas que consiste en una alternación de bandas o lentes alargados de diferente color, composición o textura. Las bandas, etc., han sido originalmente expulsadas de un volcán como porciones individuales del magma, fueron acumuladas juntas y formaron una masa heterogénea soldada. La estructura eutaxítica se observa en muchas tobas soldadas.
- INTRUSIVO (Petrología).** Que ha penetrado en estado de fluidez en o entre otras rocas, y que se ha solidificado antes de alcanzar la superficie.
- LITOLÓGIA.** Nombre usado para significar la descripción de rocas, usualmente de la observación en una muestra o en un afloramiento.
- MATRIZ.** En una roca en la cual ciertos clastos son mucho más grandes que otros, los clastos de menor tamaño comprenden la matriz.

- METEORIZACION.** Los procesos combinados, tales como la acción química del aire, el agua de lluvia, plantas, bacterias y la acción mecánica de los cambios de temperatura, por los cuales las rocas expuestas a la intemperie cambian en su carácter, se descomponen y finalmente se convierten en suelo.
- NIVEL BASE.** El nivel debajo del cual la superficie terrestre no puede ser reducida por el agua corriente (Webster).
- PIROCLASTICO.** Término general aplicado a materiales detríticos volcánicos que han sido arrojados explosivamente de una abertura volcánica. También es un término general para la clase de rocas constituida por estos materiales.
- PLANICIE DE INUNDACION.** Aquella parte del valle fluvial, adyacente al canal, que es construida por sedimentos del río y que es cubierta con agua cuando el río desborda en los períodos de inundación.
- SECCION TIPO.** Una secuencia de rocas en un lugar en el cual una formación se desarrolla típicamente.
- SINCLINAL.** Un pliegue en las rocas en el cual los estratos están inclinados hacia adentro desde ambos lados hacia el eje.
- TECTONICA.** Que pertenece o designa a la estructura de las rocas o a las formas externas que resultan de la deformación de la corteza terrestre.
- TERRAZA (Fluvial).** Superficie topográfica que marca antiguos fondos de valles.
- TEXTURA.** Aspectos geométricos de las partículas componentes de una roca incluyendo tamaño, forma y arreglo.
- TOBAS SOLDADAS.** Toba que ha sido endurecida por la acción combinada del calor retenido por las partículas y por gases calientes circundantes.
- XENOLITO.** Término aplicado a fragmentos de roca alóctonos, que son extraños al cuerpo de roca ígnea en el cual se presentan. Una inclusión.

RESUMEN

Las rocas y sedimentos de Ancud y alrededores se han agrupado en cinco unidades. Las rocas volcánicas se incluyen en una unidad o formación geológica que se denomina Complejo Volcánico de Ancud. El Complejo se atribuye tentativamente al Terciario-Cuaternario y está formado por andesitas, tobas soldadas y brechas aglomerádicas que afloran en casi toda la región serrana, la costa y alrededores de Ancud. En algunos sectores sobre las rocas del complejo han sido elaboradas terrazas. Los afloramientos del Complejo están muy meteorizados a un material rojizo amarillento fácilmente disgregable con el martillo. Los depósitos de terrazas se observan en algunas de las terrazas y están formados por grava poco cementada, arcilla y limonita. Los depósitos aluviales se distribuyen en los cursos fluviales del río Pudeto y los esteros Matadero y La Toma. Se componen de materiales inconsolidados, gravas, arenas, limos y arcillas. Los depósitos de playa se observan a lo largo de la costa y están formados por un agregado inconsolidado de gravas y arenas, principalmente. El relleno artificial está depositado en la zona costanera y sus materiales son grava, arena, limo, ladrillos, madera, basura, etc.

Se comprobó una relación entre la geología y los daños producidos por los terremotos en las obras construidas por el hombre. Las áreas formadas por el Complejo Volcánico de Ancud son las que resistieron mejor los efectos de los terremotos y se sugieren como las más adecuadas, hacia donde debiera orientarse la expansión de la ciudad. Los daños más graves derivados del terremoto se observaron sobre los depósitos aluviales y en el borde de una de las terrazas. Estas últimas observaciones permiten sugerir que esas áreas son desfavorables y que los futuros planes de construcción sobre ellas debieran estar precedidos por estudios de la mecánica de los suelos. Se señala que la posición geográfica de Ancud en relación con eventuales terremotos es desfavorable. Se sugiere que se prohíban las construcciones cerca del mar y que los edificios costaneros imprescindibles deben estudiarse teniendo en cuenta la posible repetición del fenómeno.

RESUMEN

INTRODUCCION	1
Ubicación de la zona y propósito del estudio	1
Relieve y drenaje	1
Agradecimientos	2
GEOLOGIA	2
Rocas del Complejo Volcánico de Ancud	2
Distribución	3
Morfología	3
Litología	3
Meteorización	4
Depósitos de terrazas	5
Depósitos aluviales	6
Depósitos de playa	6
Depósitos de relleno artificial	6
GEOMORFOLOGIA	7
CARACTERISTICAS DE LOS TERREMOTOS	8
CARACTERISTICAS DEL TERREMOTO (TSUNAMI)	8
EXPRESIONES DEL TERREMOTO EN LA MORFOLOGIA	9
Hundimiento general de la zona	9
Compactación del aluvio	10
Fracturas	10
RELACION ENTRE LA GEOLOGIA Y LOS DAÑOS	11
Aspectos generales	11
Daños en las rocas volcánicas	11
Daños en las terrazas	12
Daños en los depósitos aluviales	12
CONCLUSIONES	12
RECOMENDACIONES	13
REFERENCIAS	13
GLOSARIO	14

Incluye un mapa geológico preliminar escala 1:5.000.