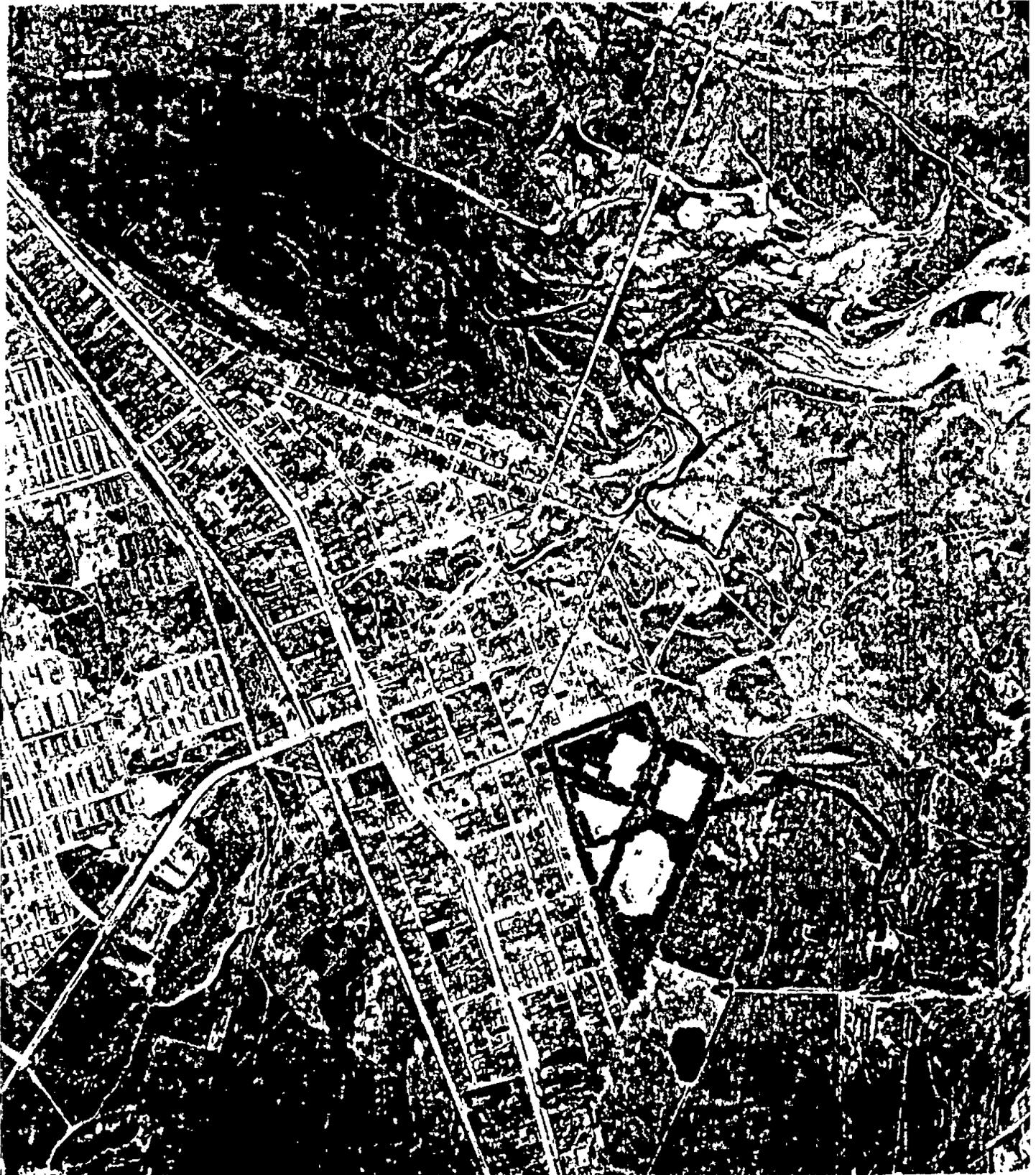


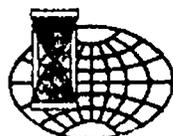
DE LAS CIUDADES DE CONCEPCION Y TALCAHUANO



22 NOV. 1979



4317



PROFESORA : MARIA MARDONES F
AYUDANTE : MARISOL BRITO

INTRODUCCION : LA CIUDAD Y SU MEDIO GEOGRAFICO

"El conocimiento del medio natural ocupa un lugar importante en el estudio de las ciudades y es frecuente relacionarlo con la búsqueda de explicaciones del crecimiento y con la elección de actividades" (Piérre George).

La posición de un núcleo urbano en un determinado contexto geográfico físico regional, es un factor fundamental de desarrollo; está vinculado a su posibilidad de irradiación, de circulación. En nuestra época, cualquiera sean sus funciones: administrativas, industriales, comerciales, de servicio, etc., la ciudad requiere de vías de comunicación expedita para sus hombres y mercancías. En países con pocos recursos económicos como el nuestro, lo racional sería fomentar áreas de urbanización sin demasiados obstáculos naturales para las relaciones geográficas.

Sin embargo, la ciudad como hecho humano tiene su historia, y su localización puede obedecer a muy lejanas coyunturas económicas o sociales. Factores naturales que en un momento decidieron la instalación de muchos núcleos urbanos chilenos, son hoy enormes obstáculos para el cumplimiento de sus funciones.

La ciudad costera de Concepción, ocupó desde su fundación una posición de contacto, de acceso cómodo desde el mar, pero aislada del interior por la Cordillera Costera y de la plataforma araucana por el ancho curso del Río Bío Bío. Situación adecuada si se piensa en un emplazamiento defensivo, militar, en las posibilidades de ataque de un enemigo que puede proceder desde el

No obstante, el rol militar y administrativo de la ciudad era tan importante para la Frontera, que los hombres debieron sacar partido de los elementos naturales del lugar y neutralizar los inconvenientes más graves.

Apenas a mediados de nuestro siglo, esta ciudad se tocada, ella misma, por el desarrollo industrial. Su plano anquilosado, raquíptico, sufre un desarrollo desproporcionado; su emplazamiento original se hace reducido para soportar el impacto y nacen nuevos núcleos o vías de gravitación urbana.

La población con pocos recursos que llega atraída por el espejismo industrial se asienta en unidades físicas marginales: sobre modelados dunarios, en áreas inundables fangosas, en lagunas rellenas por basurales o bien trepa sobre los cerros con pendientes en equilibrio precario.

Hacia el Sur, la ciudad prolonga sus límites sea por las estrechas riberas del valle del Bío Bío, siguiendo el camino a Chiguayante o Santa Juana, sea aprovechando el largo corredor litoral que une San Pedro y Coronel.

Pero la explosión más vigorosa de este crecimiento se produce hacia la llanura fluvio marina arenosa, estructurando un brazo de urbanización que hoy une las ciudades de Concepción y Talcahuano.

Talcahuano, por su parte, es un centro portuario que por su posición de contacto entre medios de circulación y producción distintos, ha respondido a través de su historia a necesidades de orden dispar. Ubicada en el margen noroccidental de la llanura deltaica del Bío Bío, al borde del acantilado muerto de Tumbes y al abrigo de los vientos del Norte, la ciudad de Talcahuano ocupa un sitio aparentemente impropio al establecimiento de puerto marítimo.

Las llanuras deltaicas por ser sectores de gran aluvionamiento, no ofrecen fondos marinos profundos

para la instalación de un gran puerto y aún cuando se trata de un delta submarino emergido, su reciente formación no da tiempo al transporte y erosión marina. Por otra parte, la naturaleza arenosa de sus sedimentos proporciona malos suelos de fundación. Su emplazamiento, en realidad, se beneficia más de la presencia de las bahías que la circundan: por el Norte la Bahía de Concepción, por el Oeste la de San Vicente. Bahías abrigadas, con fondos tectonizados por fallas geológicas que hacen posible la ruptura de continuidad de los fondos marinos y el arribo de barcos de gran calado.

Fue esta misma condición natural la que atrajo la instalación del gran complejo Industrial y de no menos importantes poblaciones que alojan su mano de obra.

Actualmente, Talcahuano al igual que Concepción desborda los límites de su sitio inicial y la ciudad se ensancha dificultosamente por las escarpadas vertientes del bloque fallado de Tumbes, ignorando los derrumbes y colados barrocos que se deslizan en abundancia durante el período invernal.

La creación de la conurbación industrial-portuaria de Concepción-Talcahuano, se ha gestado aparentemente sin violentar demasiado la naturaleza; no obstante, el estudio geomorfológico del sitio plantea serias limitaciones físicas que deben considerarse en cualquier intento serio de planificación urbana.

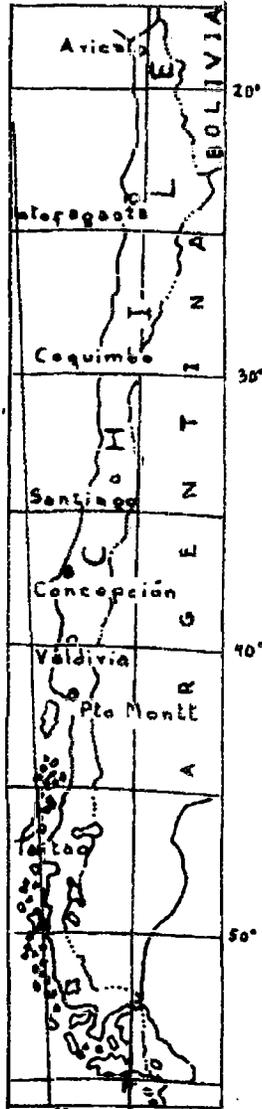
Nuestro trabajo no está planteado como proyecto de Investigación avanzada, se inició solamente en el deseo de proporcionar la información geomorfológica básica del sitio de estas dos ciudades ya hermanadas.

Importantes antecedentes aportan, al respecto, los estudios geotécnicos del I.I.G., las investigaciones de los Srs. Carlos Veyl O., M. Poblete, R. Dobry y de los Geólogos C. Galli y J. Sánchez. También se ha recurrido al estudio de los sondeos proporcionados por IDLEM y CAP, pero la mayor cantidad de información se ha obtenido de la interpretación de las cartas topográ-

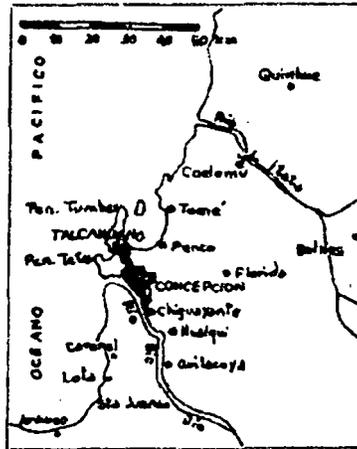
cas . 1: 25000 y 1:50000, de la carta geológica de Galli de las fotos aéreas verticales 1:10000 vuelo OEA y de la observación del terreno.

La alumna ayudante María S. Brito trabajó intensamente bajo la supervisión de la Profesora Mardones la mayor parte del croquis del sitio de Talcahuano e hizo la recolección de muestras y estudios estratigráficos de este mismo lugar.

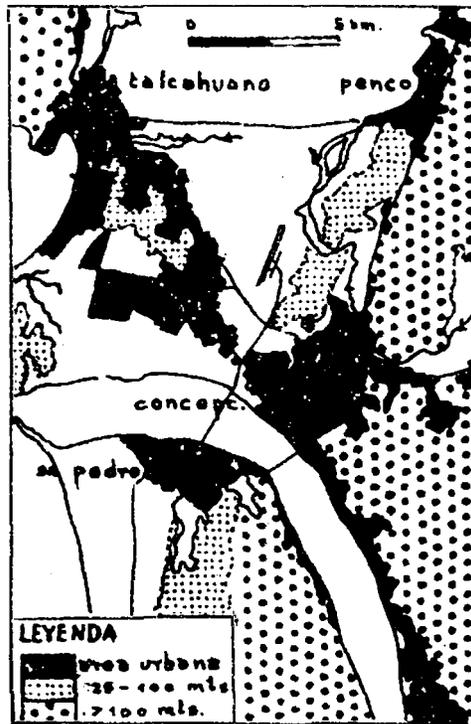
FIG. N° 1 — LOCALIZACION DE LAS CIUDADES DE CONCEPCION Y TALCAHUANO.



1a - UBICACION EN EL PAIS.



1b - LOCALIZACION EN EL CONTEXTO LITORAL REGIONAL



1c - AREA URBANA DE CONCEPCION-TALCAHUANO.

I. EL SITIO DE LAS CIUDADES DE CONCEPCION Y TALCAHUANO

1.- EL MARCO FISICO GENERAL

Las ciudades de Concepción y Talcahuano, el más fuerte núcleo urbano del centro-sur de Chile, se emplazan en una llanura litoral de aproximadamente 10 kms. de ancho, al pie de la vertiente húmeda del macizo costero.

Al borde de una cordillera cenozoica, este sector geomorfológico presenta rasgos físicos que se deben a la tectónica, a la acción del mar y al aporte de materiales acarreadas por el Río Bío Bío desde la Cordillera.

Tres grandes unidades estructurales y de relieve, con dirección casi meridiana, se dispone de Oeste a este.

Mirando al mar, un sistema de bloques solevados que alternan con bahías regularizadas, constituyen la Península de Tumbes y los Cerros Teta N. y Teta Sur.

Al este una cordillera costera baja, pero de aspecto macizo, domina el sector. Su escarpe de dirección Noroeste- sudoeste se contacta bruscamente con la llanura.

Entre ambos bloques rocosos se aloja la depresión de Concepción; construída por el Río, el viento y el mar, ella se presenta además accidentada por numerosos cerros Islas de poco más de 60 metros de altura.

Dos límites naturales cierran esta unidad física por el Norte y Sur: la bahía de Concepción y el ancho curso fluvial del Bío Bío, respectivamente. A partir de San Pedro una costa baja arenosa, estrecha la sustituye, desarrollando una estrecha faja modelada en dunas y cordones litorales que se alarga por más de 25 kms. hasta Coronel.

Acunadas en dichas unidades de relieve han nacido y crecido las ciudades en estudio. Talcahuano, al Sudeste del bloque solevantado de Tumbes, se protege de los tormentosos vientos marinos del norte, aunque su vida ha vibrado siempre en función de las bahías vecinas: Concepción y San Vicente. Concepción, emplazada en una de los terrozas aluviales más altas de la llanura, al interior de una cuenca que encierran la línea de cerros areniscosos que se abren desde Cosmito al Sur, presenta un sitio más abrigado aún.

2.- ANÁLISIS DE LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

a)- EL HORST OCCIDENTAL DE GRANITO Y PIZARRAS PALEOZOICAS.

Las penínsulas de Tumbes y los Cerros Tetos constituyen bloques solevantados y compartimentados por un doble sistema de Fallas ortogonales, de dirección noroeste-sudeste y nordeste-sudoeste.

El primer tipo, de menor escala, limita la Bahía de San Vicente por el norte. La fa-

lla principal corta esta primera dirección y forma el escarpe oriental de Tumbes, se sumerge en el fondo de la Bahía, reaparece al este de los cerros Tetas y continúa bordeando una costa muy recta entre la desembocadura del Bío Bío y Coronel.

El Horst de Tumbes (ver fig. 2)

Al norte, la península de Tumbes presenta un relieve disimétrico y amesetado.

Las mayores alturas están al este, casi al borde del escarpe (188 m. en Cerro Centinella, 141 m. en el Sauce, 134 m. en Puerte Beauchef). Practicamente, la línea de crestas coincide con el camino a la Base Naval. Un acantilado vigoroso modelado por el mar que aprovecha el joven escarpe de Falla, cae abruptamente hacia la Bahía de Concepción. Su trazado general es rectilíneo, aunque en el detalle alternan puntas de pendientes convexas y quebradas cortas ocupadas por angostas caletas. (Pta. Ramírez, Caleta el Parrón, Pta. Larga, Caleta Los Placeres) En el fondo de estas caletas se sitúan las instalaciones militares.

Al oeste, la meseta escasamente pasa los 100 m. Sus pendientes son largas y muy convexas en la base. El acantilado marino actual de probable origen tectónico eustático, presenta un trazado muy irregular, con ensenadas de fondos estrechos ocupadas por el mar y penínsulas formadas por cornizas de erosión casi horizontales. Solamente Ensenada de Taiguén escapa a esta regla, su mayor amplitud posibilita el desarrollo de una pequeña playa; a sus espaldas, una que-

brada colgada de gran extensión ensancha el escarpe y atestigua una posición del mar 25 m. más alta.

Su interfluvio, como se puede apreciar en las fig. 3 y 4 diseña una meseta monoclinal con pendiente al oeste, de unos 12 km. de largo por 3 km. de ancho. La superficie que corona este relieve corta tanto las rocas paleozoicas metamórficas, micacitas y filitas de textura pizarrosa, que afloran al norte y este, como las intrusiones de granito cretácico que lo constituyen en el margen occidental y sur. Los geólogos Galli y Veyl mencionan además, depósitos marinos y paleodunas instaladas en el borde occidental de dicha plataforma; antecedentes todos que llevarían a definirla como una superficie abrasionada por el mar en un período geológico relativamente reciente

Otro aspecto para esta aseveración está en el sector sur, donde encontramos un pequeño afloramiento de finas areniscas del senoniense (cretácico superior), apoyadas en discordancia en el basamento metamórfico. Sobre ellas el mar ha erosionado una pequeña terraza adosada a la meseta principal. Este peldaño geomorfológico fue de gran importancia en la instalación del nuevo Puerto San Vicente.

El precedente análisis hace de la Península de Tumbes un Horst limitado por dos escarpes de Falla de miradores divergentes, modelado enteramente por el océano desde su origen. En su cima, trabajada por terrazas de abrasión marina que han sido posteriormente sollevantadas; en sus margenes re

trocede en vigorosos acantilados vivos que la hacen casi inaccesible si se quiere llegar directamente desde el mar. De ahí su posición vigilante y estratégica para emplazamiento militar.

Los sistemas morfogenéticos actuales más activos en esta unidad son el hombre, el viento y el mar.

El mar ataca los acantilados rocosos por su base haciéndolos retroceder por gravedad y siembra roqueríos. La rapidez de esta evolución dependerá fundamentalmente de la exposición a vientos más fuertes y más cargados de sal y de las características microestructurales de las rocas (Rocas diaclasadas, granudas etc.) Dichos factores aceleran por ejemplo los procesos morfogenéticos en el acantilado que mira hacia el Pacífico, hecho en roca granítica y de exposición barlovento.

El ametrallamiento constante de la roca por el viento, el mar, la corrosión salina y la permanente humedad del aire, ocasiona además una alteración superficial más importante en el sector donde aflora la roca metamórfica.

Las fuertes pendientes impiden el desarrollo completo de los suelos y en consecuencia, de una vegetación densa protectora de este manto de descomposición. El ambiente marino colabora con esta aridez fisiológica. Si el hombre desmantela la cubierta herbácea y arbustiva existente, las lluvias hidratarán fácilmente las arcillas de alteración haciéndolas pesadas. Como todas las pendientes tienen más de 45° el manto descompuesto se despegue de la roca madre y actúa independientemente reptando, salifluyendo o derrumbán-

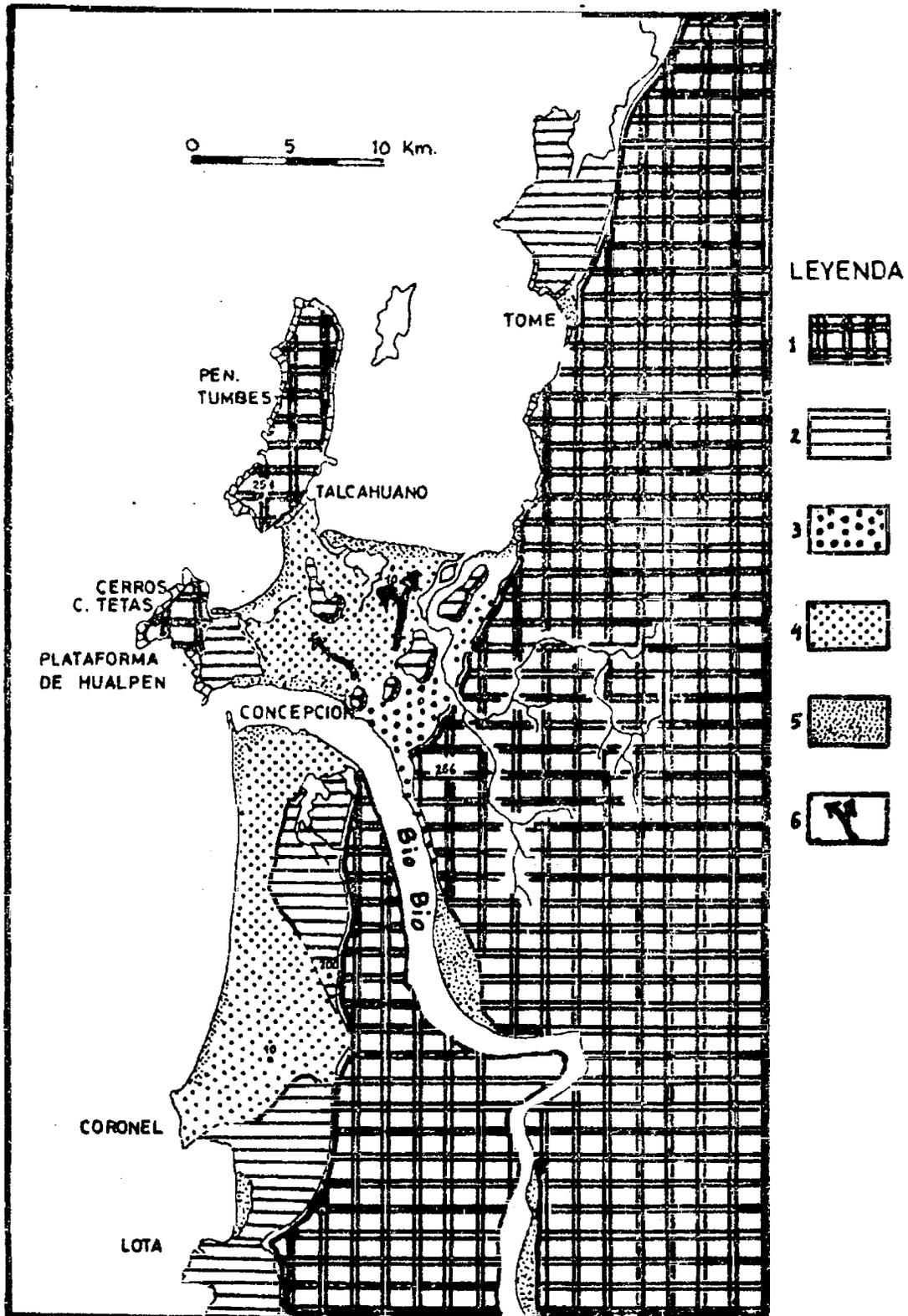
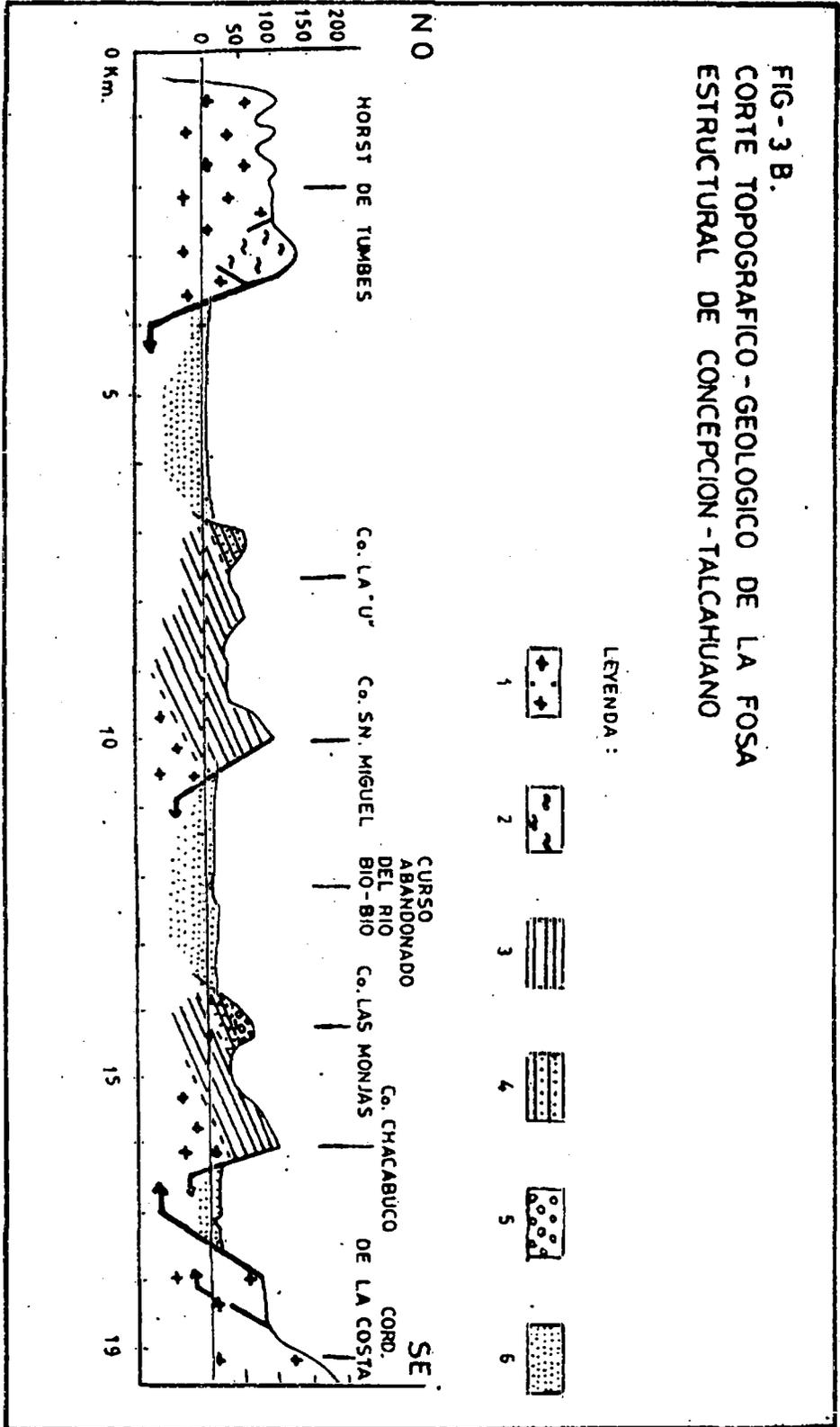


FIG Nº 3-A — LAS PRINCIPALES UNIDADES DE RELIEVE:
EL LITORAL TOME - LOTA

FIG - 3 B.
 CORTE TOPOGRAFICO - GEOLOGICO DE LA FOSA
 ESTRUCTURAL DE CONCEPCION - TALCAHUANO



L E Y E N D A

Figura 3a: LAS PRINCIPALES UNIDADES DE RELIEVE:
EL LITORAL TOME - IOTA

- 1.- Cordillera de la Costa y Horst Occidentales; de granito paleozoico y Pizarras Precámbricas.
- 2.- Escaleras tectónicas modeladas por terrazas Marinas y Cerros Islas. Rocas Sedimentarias marinas y/o continentales del Cretácico Superior y Cenozoico.
- 3.- Terraza Superior del Bío Bío.
- 4.- Planicie fluviomarina del Bío Bío y terraza litoral (Transgresión Flandriana).
- 5.+ Borde aluvial y marino; recientes.
- 6.- Lechos abandonados del Bío Bío.

Figura 3b: CORTE TOPOGRAFICO- GEOLOGICO DE LA
FOSA ESTRUCTURAL CONCEPCION-TALCA-
HUANO.

- 1.- Granito paleozoico fuertemente alterado.
- 2.- Esquistos y filitas precámbricas.
- 3.- Mesozoico Superior - Senoniano Arcosas y subarcosas más bien finas (F. Quiriquina)
- 4.- Cenozoico inferior- Eoceno, Lutitas, Arcosas y Conglomerados con mantos de carbón (F. Cosmito)
- 5.- Cenozoico Superior: Plioceno Superior. (F. Andalién) Conglomerado.
- 6.- Pleistoceno Reciente: Fini-Würm, Arenas fluviales negras basálticas del Bío Bío (F. Huachipato en Thno).

FIG. 4-A - CORTE TOPOGRAFICO - GEOLOGICO TRANSVERSAL
 DEL HORST DE TUMBES

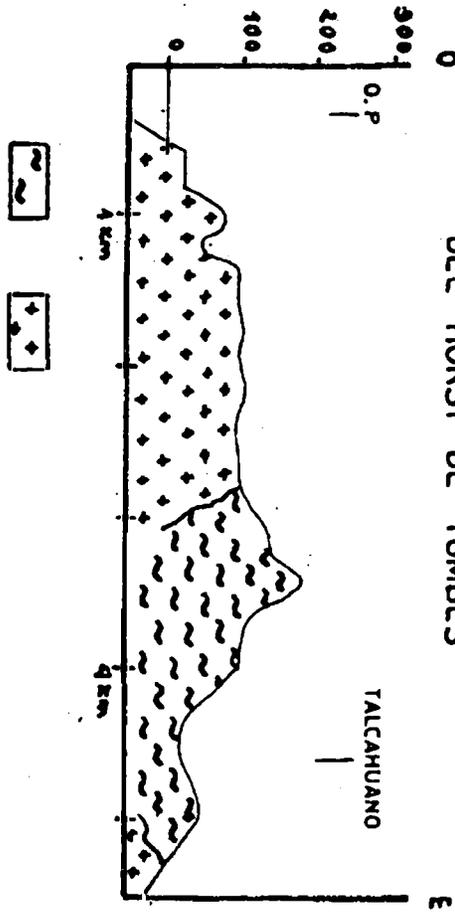
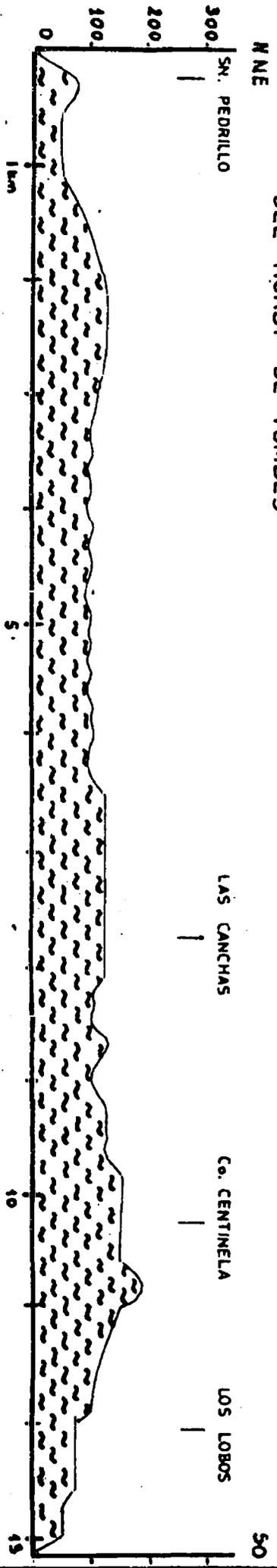


FIG. 4-B - CORTE TOPOGRAFICO - GEOLOGICO LONGITUDINAL
 DEL HORST DE TUMBES



dose hacia la parte baja.

Frecuentemente se leen en los Diarios locales, en Invierno, noticias que confirman la acción erosiva del hombre al instalarse sobre ellas. Tomando solamente el año 1965, los meses de junio y julio, fueron publicadas en el diario El Sur noticias de ocho derrumbes, principalmente en el cerro La Unión, Cornú, y Zaror. Desafiando este peligro los porteños siguen construyendo poblaciones encaramados en los acantilados.

Los Cerros Teta y la Meseta de Hualpén

Esta unidad es parte de los altos relieves occidentales que hasta tiempos geológicos relativamente recientes (más o menos 10000 años) formaban islas antepuertas al continente. Limitado por la bahía de San Vicente por el norte y la Desembocadura del Bío-Bío al sur, este bloque presenta una extensión de más de 1300 hás.

La figura 5a permite apreciar dos tipos de relieve con alturas, modelado y tipos de roca diferentes.

La parte más accidental corresponde a los cerros Tetas norte y Teta sur, tiene el aspecto de una península con alturas superiores los 200 metros. Una morfología de cerros cónicos se desarrolla sobre el basamento granítico de edad paleozoica. La fig. 5 b muestra un corte longitudinal en este doble sistema de cerros. En su borde que mira el océano abierto y hacia el Sur, la roca granítica ha sido trabajada por la erosión marina; dos niveles de terrazas escalonados de relativa amplitud se obser

van desde el camino que lleva hacia las escaleras y Ramuntcho, uno de poco más de 100 metros y otro de 50 metros (Sector de Los Lobos). En el contacto mismo con el mar un acantilado vivo, bajo, rocoso, pero con un trazado mucho más sinuoso que Tumbes, da lugar al desarrollo de caletas pesqueras y a bellas playas de veraneo (Rocoto, Chome, Ramuntcho, Lengua).

El otro tipo de relieve, en posición sur oriental, al abrigo de los cerros, corresponde a una plataforma húmeda, extensa, muy disectada por quebradas, de poco más de 50 metros de altura, desarrollada en roca metamórfica de aspecto pizarroso, es la meseta de Hualpén. En el corte transversal de la fig. 5 C. se aprecia la planitud general de esta unidad, su altura corresponde con el primer nivel de terraza antepuesta a los cerros graníticos, en el oeste.

Genéticamente, parece corresponder a una superficie trabajada por el mar en un período en que la posición del basamento rocoso era más baja. El cerro Teltrén apenas se impone 50 metros sobre esta plataforma marina emergiendo casi como un cerro- isla en el conjunto.

El contacto de este relieve con la llanura arenosa interior es bien definida, sin transiciones. Sin embargo, la potente erosión, oblitera su trazado general haciéndolo sinuoso, definiendo quebradas abrigadas, cuyo drenaje es obstaculizado y represado por las dunas de la llanura. Es el caso del sector de Laguna Verde, en cuyo borde se cobija el Parque Pedro Del Río Zañartu, hermoso relicto vegetacional conservado merced al aporte

FIG. N°5 _ CORTE TOPOGRAFICO - GEOLOGICO DE LA PLATAFORMA DE HUALPEN Y COS. TETAS

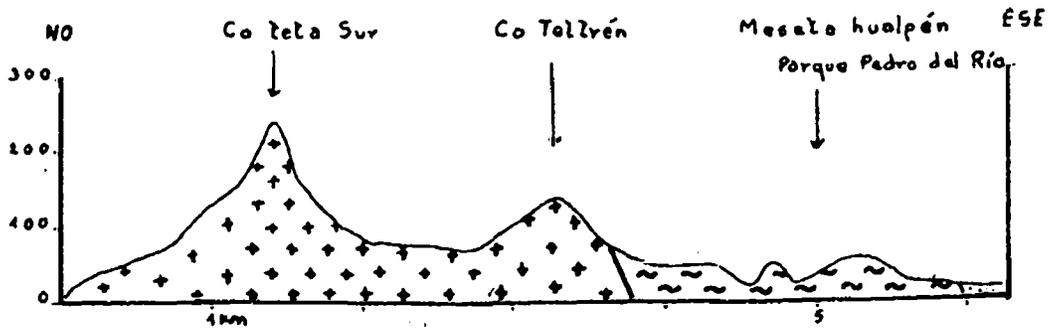


FIG: N° 5-A _ CORTE TRANSVERSAL CO. TETA S. PLATAFORMA DE HUALPEN.

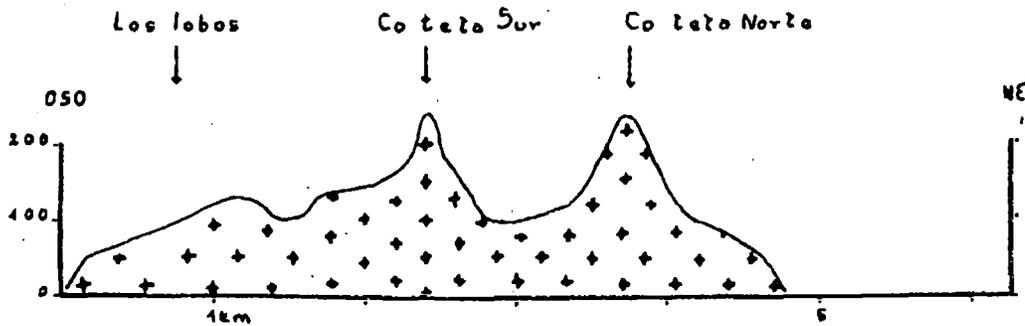


FIG. N° 5-B _ CORTE LONGITUDINAL COS. TETA N. Y S.

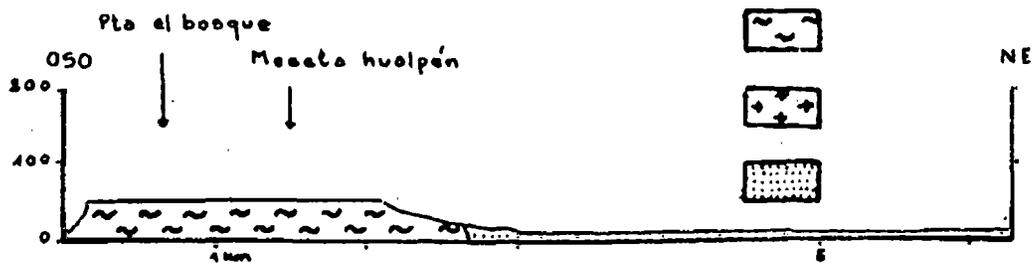


FIG. N° 5-C _ CORTE LONGITUDINAL PLATAF. HUALPEN

de humedad del río, la laguna y de los vientos del sudoeste que allí se encojonan. Estos escarpes interiores han sido trabajados por el mar al momento de la transgresión Flandriana, cuando su nivel era más alto y la unidad estudiada constituía una isla muy cerca del litoral. Ellos son acantilados muertos.

Finalmente, el contacto entre la meseta de Hualpén y los Cerros Tetas es abrupto y rectilíneo. Es probable que además de las diferencias de roca entre ambas unidades existan fenómenos tectónicos que expliquen dicho contacto. El, justamente repite las direcciones del abrupto de falla que limita el Horst de Tumbes en el sector de Talcahuano. Podrían entonces tener el mismo origen.

Los cerros que majestuosamente contemplan el océano, vigilan la desembocadura del Bío-Bío y tímidamente protegen la meseta de los vientos del noroeste. Una plataforma cubierta por un delgado manto de suelo arcillosos que ha logrado dificultosamente esconder en una de sus rinconadas uno de los basques naturales relictos más hermosos de nuestra zona. Bello marco turístico para la tercera ciudad del país, pero sector en equilibrio precario que puede ser desmantelado por la erosión si no se toman las precauciones necesarias.

b.- LA CORDILLERA DE LA COSTA Y EL ESCARPE DE FALLA DE CONCEPCION.

La Cordillera Costera es la unidad de relieve más occidental de los Andes. Su dispositivo meridiano y arquitectura maciza hacen de este bloque un biombo físico y humano fundamental. El Río Bío Bío encaja su garganta separando

dos paisajes diferentes desde el punto de vista estructural y morfológico. Un escarpe escalonado de Fallas la conecta con la llanura de Concepción.

El Modelado de la Cordillera de la Costa

Al norte del Bío Bío la Cordillera, en general, es baja poco más de 200 metros. Un conjunto de suaves lomas de pendientes convexas modeladas en granito paleozoico, cubiertas por una magra vegetación, forman el paisaje.

De antigua ocupación humana y agrícola, es también uno de los sectores más erosionados del país. Enormes "cárcavas" muerden las vertientes, dejando entrever un profundo manto de alteración de colores rojizos a blancuecinos.

Arenas de cuarzo y arcillas plásticas deleznable resultantes de la descomposición química de micas y feldespatos, componen la cubierta alterada. Fácilmente saturable, ella constituye un permanente peligro de deslizamiento de taludes de pendientes fuertes, sin vegetación. Las aguas de lluvias hidratan principalmente las arcillas haciéndolas muy pesadas; la gravedad transporta el paquete de materiales al pie de la vertiente, líneas de drenaje intermitente se encargan de llevar las arcillas y depositar en las llanuras o valles las arenas de cuarzo más resistentes.

La ruinoso situación morfológica descrita es producto casi exclusivo de la acción humana. Hasta principios del período hispánico reinaba un equilibrio natural, había un medio en biostasia. Un bosque húmedo denso apoyado

en suelos bien desarrollados, protegía las vertientes. Pero subyacía un peligro latente; emergido al cretácico superior, el batolito granítico había sido previamente alterado por climas mucho más cálidos y húmedos que el actual, durante todo el Cenozoico. ~~Ex~~tinguido el bosque; los suelos sin protección fueron rápidamente desmantelados hasta evolucionar a la situación actual.

Al sur de Concepción, altas crestas de pizarras precámbricas de superficies de erosión, mejor conservadas, anuncian el espolón de Nahuelbuta. De 300 metros al sur de Laguna San Pedro, la montaña se eleva a más de 500 metros frente a Escuadrón. Su mayor altura y accidentes han frenado una intervención humana mayor.

El Escarpe de Falla

El contacto con la llanura litoral se hace por un escarpe escalonado derivado de Falla, de igual dirección tectónica que la falla de San Vicente: noreste- sudoeste.

El escalonamiento es simple al norte del Bío Bío; por ejemplo en Cerro Caracol (256 metros) un abrupto de casi 100 metros y de dirección paralela al escarpe principal, contacta su corniza con el Cerro La Cruz y Cerro Nonguén, de 135 y 150 metros, respectivamente. (Ver Fig. Nº 3,B).

Al Sur, en cambio, estos niveles mejor definidos estructuran un sistema de terrazas de abrasión marina de la misma altura, adosadas al escarpe. Es probable que los Incelbergs, terciarios que accidentan la llanura de Concepción, tengan un origen muy emparentado a

estas terrazas costaneras.

La erosión, ataca más el escarpe granítico que el pizarroso. Aparte de los sistemas fluviales del Bío Bío y el Andalién, quebradas intermitentes de corto recorrido inscriben allí sus cabeceras (La Cascada, El Manzano, Landa, San Antonio etc.). Una de las más importantes diseña una profunda rinconada en el sector Agüita de la Perdiz; es este el sitio que ha elegido el Barrio Universitario para instalarse. Alimentada por las aguas de lluvia, la quebrada funciona cada invierno arrastrando arcillas de la vertiente. Las instalaciones del Barrio se hicieron sobre un relleno artificial que cubrió el talweg y desorganizó el drenaje. El poblamiento de las vertientes o su desprotección vegetal natural agudizó el problema y napas de agua y fango ocasionan inundaciones cada vez más graves; a esto se debe agregar todos los fenómenos morfológicos expuestos para el modelado granítico de la Cordillera de la Costa.

Al sur del Bío Bío, las quebradas son obturadas por dunas o cordones litorales conformando lagunas litorales o depresiones anegadizas muy conocidas por su importancia en el turismo local.

Los Valles

Dos valles disectan el escarpe de la falla de Concepción:

- El Valle local del Andalién: que drena la parte central de la provincia de Concepción. Está formado por numerosos afluentes que nacen en la divisoria de agua de

la región de Florida. Con rumbo este-
oeste llega a Concepción; en lugar de dre-
nar hacia el Bío Bío por la llanura, tuer-
ce hacia el norte a la altura de Puchacay;
bordeando el escarpe de fallas llega a Cos-
mito, se inscribe en la cadena de cerros
de cosmito y Chacabuco y desemboca en la
bahía de Concepción, al poniente de Penco.

Su fondo es plano y anegadizo. A partir
de Laguna Pineda se ensancha hasta al-
canzar más de 1 kilómetro en las llanuras
de Puchacay y Nonguén. Los sedimentos
que lo cubren están constituidos por are-
nas cuarcíferas, arcillas y limos asocia-
dos de depositación reciente.

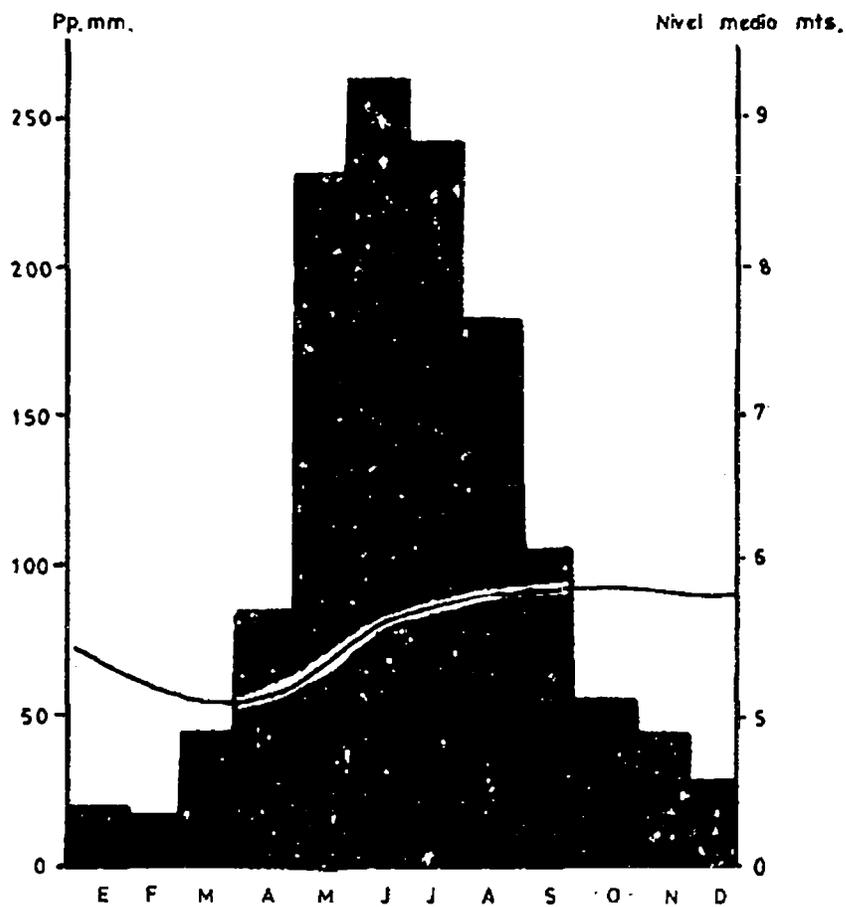
De régimen pluvial, en invierno es muy sen-
cible a las lluvias intensas, se desborda
con frecuencia provocando inundaciones en
los barrios del sector de Puchacay, Chillan-
cito y en las vegas de los fundos ribereños.

- El valle del Bío Bío: (fig. 6), al sur del
Andalién, es el curso receptor de un gran
sistema hidrográfico andino que nace a la
altura de Cautín en la alta Cordillera,
drena la depresión de Lonquimay y todo el
Piemon de Malleco.

Al entrar en la cordillera su dirección es
preferentemente oeste; desde Hualqui su
rumbo cambia sensiblemente hacia el norte,
aprovechando las mismas direcciones estruc-
turales que bordean el escarpe de Falla
hasta Penco.

En las cercanías de Concepción tiene el
aspecto de una profunda garganta epigené-
tica (más de 400 metros), de pendiente dé-
bil, fondo ancho, plano, pero con escasas

FIG. Nº6 _ NIVEL MEDIO MENSUAL DEL BIO-BIO (1967)
Y PRECIPITACIONES EN MM.



DATOS CLIMATOLÓGICOS

PTA. TUMBES

CONCEPCION

	TCC	Pp	T ^a	Pp
E	15,1	11,3	18,0	19,5
F	15,5	10,8	17,2	18,4
M	14,2	21,7	15,1	44,5
A	12,7	45,3	12,8	85,5
M	11,6	123,1	11,1	232,2
J	10,2	139,0	9,7	264,2
J	9,9	116,5	9,1	242,0
A	9,7	105,9	9,6	180,3
S	10,4	50,1	10,6	105,5
O	11,4	32,3	12,6	55,0
N	12,7	19,5	14,8	45,1
D	14,2	14,4	16,9	27,9
Total	12,3	690,0	13,0	1320,0

terrazas ribereñas. Con gran dificultad se logró construir la vía férrea hacia San Rosendo por la vertiente norte del valle; la carretera que lleva a Macimiento por la ribera sur no tiene mejor suerte, los derrumbes y coladas arcillosas tapan el camino y cortan la comunicación en invierno.

La única terraza de importancia se encuentra en su borde noreste desde la Leonera a Villuco, formando casi un lóbulo de medio metro. Terraza relativamente baja (20 metros), aloja los barrios de Lonco, la ciudad de Chiguayante y el pueblo de Manquimávida. Sus vertientes más o menos evolucionadas son atacadas por numerosas quebradas intermitentes que forman rinconadas de cierta magnitud, con pendientes hacia el fondo del valle (sector de Lonco, Villuco, agua de las niñas etc.). Ellas presentan los mismos problemas morfológicos de las quebradas del Cerro Caracol, ya mencionados.

c.- EL GRAVEN DE CONCEPCION Y LA LLANURA DE ARENAS NEGRAS DEL BÍO BÍO.

La llanura fluviomarina de Concepción está formada por una fosa tectónica, en la cual se han depositado grandes espesores de arenas aluviales, de origen andino-volcánico, acarreadas por el río Bío Bío desde el interior. Estos depósitos se encuentran en la depresión intermedia, construyendo un gran cono de piemon a la salida del valle del Laja. Se les ha definido como arenas oscuras, basálticas, de origen piroclástico, apartadas por erupciones del volcán Antuco y transportadas por el sistema fluvioglacial

del Laja, y a fines del würm. (C. Langenic-1970).

Morfológicamente, la llanura está constituída por una terraza fluvial interior, relativamente alta y estrecha, y una extensa llanura deltaica modelada por el viento y el mar, en el margen occidental. Cerros-islas de gran envergadura emergen de la llanura, separando las unidades morfológicas mencionadas u obstaculizando el drenaje y la circulación.

La alta terraza aluvial

Marginada en el borde sureste del escarpe cordillerano, diseña una cuña sedimentaria encajada en una pequeña cuenca estructural, cuyos límites son las fallas del Cerro Caracol y Cerro Lo Galindo. Ella subyace al centro de la ciudad de Concepción y los Barrios Pedro de Valdivia, Chillancito y Barrio Norte.

Construída por el río Bío Bío durante el pleistoceno superior y Holoceno, esta terraza fluvial está principalmente formada por las arenas negras procedentes del Laja. Perforaciones hechas por IDIEM indican su presencia hasta 107 metros bajo el nivel del mar. Esta gran acumulación podría explicarse por el aluvionamiento siempre abundante de los cursos inferiores y por fenómenos de subsidencia isostática ocasionados por la sobrecarga de la fosa estructural.

El viento, las defluviaciones propias a un sector de subsidencia y fenómenos de rejuvenecimiento tectónico relativamente recientes dan a la terraza una topografía y modelado

muy irregular.

Al norte de Laguna Las Tres Pascuales, entre el Cerro La Pólvara y Chacabuco, en los Barrios Norte y Chillancito, ella es modelada por dunas interiores, estabilizadas por la vegetación. El transporte eólico generado por el encajamiento local del viento sur, seleccionó el material asociando a estas formas gran cantidad de limos y arcillas.

Al sur del Cerro La Pólvara la forma aterrazada se observa mejor aunque accidentada por numerosas canales de defluviación antiguos. Entre las calles Maipú y las Heras un largo brazo de rellenos artificiales con dirección hacia el Andalién, indican la presencia probable de un antiguo drenaje de ese río hacia el Bío Bío. Bordeando los Cerros Chepe y Chacabuco, un lecho abandonado del Bío Bío, de escarpes bien marcados, con un fondo cubierto de fango y turba constituye uno de los lugares más amenazados por los anegamientos invernales, más pobremente drenados. Cubierto por pajonales, este lecho ha sido fuertemente evadido por la ciudad.

Numerosas lagunas desecadas o en vías de desecamiento, con riberas turbosas e igualmente anegadizas que los lechos abandonados, constelan el paisaje. Laguna Lo Galindo, Las Tres Pascuales, Lo Merdez. etc. son los ejemplos más conocidos. Ubicadas al borde de los Cerros o en defluviaciones abandonadas represadas por dunas, ellas conforman depresiones de obturación lateral alimentadas por la napa freática • por el drenaje periférico local.

Al norte de esta cuenca, el río Andalién inscribe una ancha terraza y su canal de escurrimiento actual. No se observan niveles poligénicos; sus límites se confunden con el lecho mayor de inundación invernal. Se considera que este sistema hidrográfico ha funcionado desde fines del Plioceno; así lo atestiguan los conglomerados tectonizados que se encuentran en los Cerros al oeste y norte de Cosmito. Sin embargo, su presencia no obstaculizó la llegada de arenas negras hacia la ribera norte actual del río.

El sector mejor conservado de la terraza superior se localiza entre las calles Prat, Maipú y Janequeo. Hacia el cerro Caracol en grana y es, en parte, sepultada por lentes de arena coluvial. Al oeste de Las Heras, una pequeña fractura que sigue el alineamiento de Falla del Cerro La Pólvora y Amarillo, la eleva poco más de 2 metros, indicando un rejuvenecimiento de falla débil, pero muy reciente. (de 16 metros en Plaza Independencia ella sube a 18 metros entre Cerro Amarillo y Vicuña Mackenna).

En este sitio bastante insano y estrecho se gestó y desarrolló uno de los núcleos urbanos, más importantes del país: la ciudad de Concepción.

La Llanura Occidental: Un delta submarino emergido.

Desde los cerrros islas que encuadran la cuenca estructural de Concepción hacia el poniente, una extensa llanura de arenas negras ensambladas valle arriba con la alta terraza

fluvial de Concepción, se abre hacia los bloques occidentales de Turbes y Hualpén.

Cerros y islas dispuestos diagonalmente de noroeste a sureste (San Miguel, La U), cursos de drenaje abandonados, campos de dunas internas o costeros, marismas y pantanos organizan el paisaje y limitan el espacio ocupable.

Observando la carta de sitio de Talcahuano (Fig. Nº 2) se pueden apreciar algunos retazos de llano bien drenado, que se alargan al Norte y al Oeste, intensamente ocupados por instalaciones urbanas. El primero corresponde a una terraza deltaica de dispositivo general triangular, muy retocada por el modelado eólico, que se localiza en los alrededores del Cerro San Miguel. Actualmente sirve de asentamiento a las poblaciones de Hualpencillo, Lan, Las Higueras. El otro retazo aterrizado, del mismo origen pero de forma rectangular, se localiza al pie del cerro Lo Galindo y es actual sitio del aeropuerto Carriel Sur.

Disectando, separando las formas mencionadas, dos canales de drenaje abandonados por el Bío Bío, testigos de defluviaciones anteriores, correspondientes a un período morfogenético más dinámico. El más antiguo de estos lechos, ubicados entre Hualpencillo y Carriel Sur, señala una antigua salida del Bío Bío hacia el norte, por la Bahía de Concepción. De escarpes muy nítidos, él presenta un fondo fangoso lleno de pajonales, carente de drenaje organizado y de anegamientos invernales intensos. El otro antiguo curso de inundación se dirige hacia

la Bahía de San Vicente, sector del Estuario de Lengua, por el Sur de la terraza deltaica de Hualpencillo.

Aunque de funcionamiento más reciente, este hecho se presenta menos inscrito, más estrecho y más obliterado que el anterior. Su forma está sepultada por dos generaciones de sistemas dunarios construídos por el viento sur; ellas se disponen de este a oeste y de este a noroeste en la ribera norte del Bío Bío, desde Lorenzo Arenas- Cerro Verde hasta el pie de la plataforma de Hualpén y poco hacia el norte de la cabecera del estero Lengua.

Los Cordones de dunas más interiores y antiguos que el sur de Hualpencillo, están estabilizados por la vegetación y parcialmente destruídos. Algunos de ellos avanzan hacia el norte sepultando parcialmente la defluencia de Carriel Sur. Uno de estos cordones, ubicado detrás de la población Armando Alarcón del Canto, ha sido muestreado. De 5 metros de altura, el está formado en un 93% de arenas gruesas y medianas, tipo arenas Bío Bío, los limos son más reducidos que en las otras categorías de dunas (Fig. 9 1)

Los cordones de dunas más jóvenes, mejor conservados, y semiestabilizados, se alargan como barreras limitando el lecho mayor de inundación actual del Bío Bío. Ellas están construídas con arenas más finas que la anterior, oscuras, terracotas a plateadas, con asociaciones importantes de limos. Entre ambos cordones se suceden corredores anegadizos, más arcillosos y limosos (Fig. 9 2).

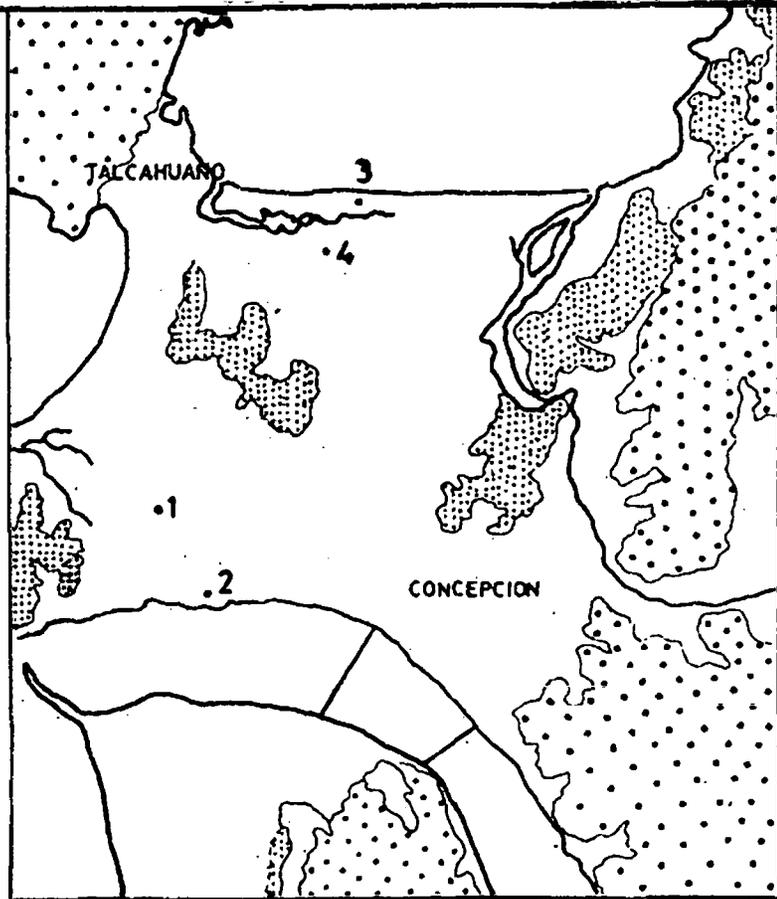


FIG. N°8
LOCALIZACION
DE MUESTRAS

ANALISIS GRANULOMETRICOS DE MUESTRAS SEDIMENTOLOGICAS
DEL SITIO DE TALCAHUANO.

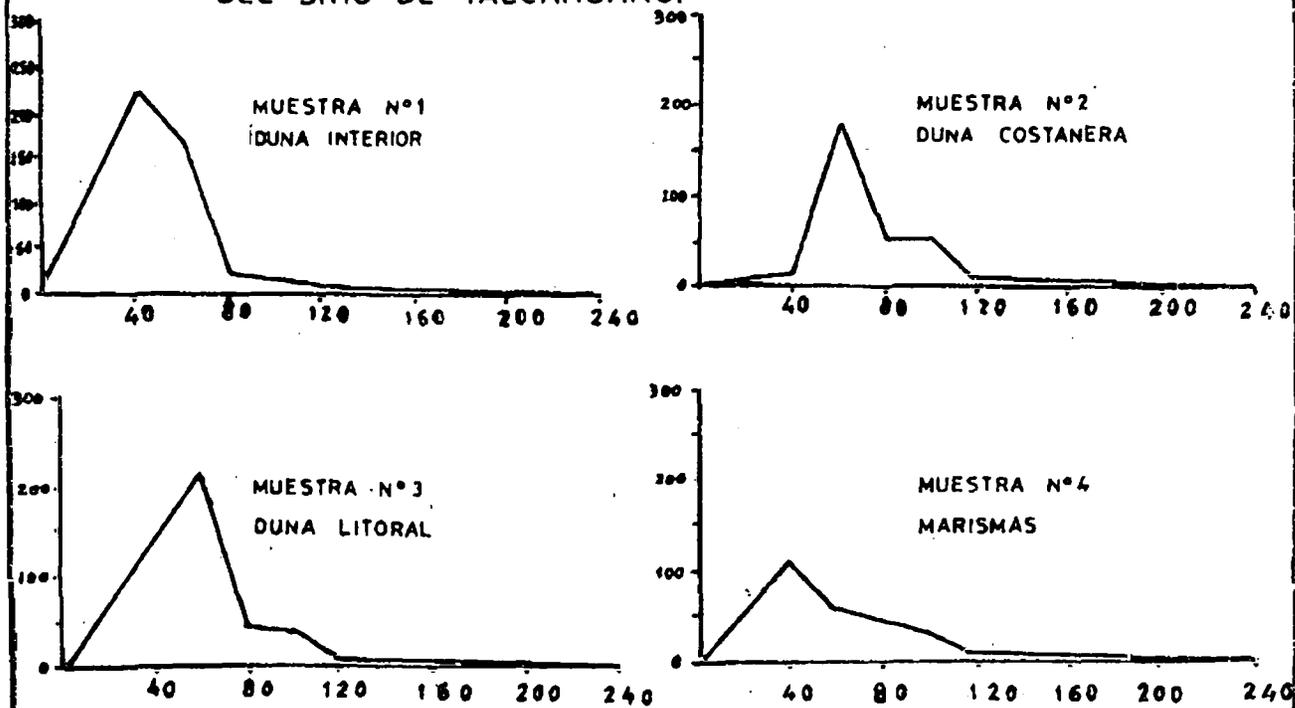


FIG N°9 - GRAFICOS DE ANALISIS.

Las defluviaciones mencionadas se conectan con bahías regularizadas, insanas, de playas estrechas que encierran extensos sectores de marismas con suelos hidratados, pesados, turbosos, orgánicos (Fig. 9 4)

En el norte, en la Bahía de Concepción, las marismas de Rocuant cubren aproximadamente 1700 há. Todo sucede como si un macizo cordón litoral retocado por el viento y la cresta de playa actual, se estirara desde la desembocadura del Andalién al Este Rocuant, modelando una forma de obturación al drenaje local. En su contacto con el mar una angosta playa de arenas (5-10 metros), limitada por el actual cordón litoral marca el límite entre el nivel de pleamar y baja mar. Se compone de una arena gruesa, oscura, limpia, suelta, formada principalmente de basalto, magnetita y conchas marinas. A sus espaldas se organizan largas filas de dunas, acumuladas por el viento norte que azota con fuerza el área. En la longitud 73°04' aproximadamente, se observó una duna de 9 metros de altura, de dirección norte-sur con granulometría muy parecida a las del norte del Bío Bío (ver Fig. 9 3); constituidas por arenas gruesas a finas, oscuras, basálticas también presentan semejanza con los depósitos de playas, pero a diferencias de aquellos, contienen un mayor porcentaje de limos. La defluviación de Lengua se pierde en marismas más pequeñas que cubren aproximadamente 625 há. Represada al igual que Rocuant por fajas de playas, ella inunda desde el margen norte del Horst de Hualpén hasta el Cerro Las Pulgas. La playa arenosa que la bordea bien pudo desarrollarse a partir de una

sucesión de flechas litorales construídas por las olas empujadas por el viento noroeste. De mayor extensión que Isla Rocuant, ella se estira y ensancha hacia el norte apoyándose en el acantilado muerto de Cerro la U y del Horst de Tumbes.

En el margen norte de esta playa de acumulación marina se desarrolló la ciudad de Talcahuano, se construyó el Puerto San Vicente y por lo más al sur, frente al Cerro La U, se instaló la Industria de Huachipato y su complejo industrial.

Antiguamente esta costa estaba enteramente modelada en dunas tipo barkanas, hoy debido a la ocupación Industrial quedan algunos cordones adosados al Cerro de la U y al norte y sur de Huachipato.

De lo analizado podemos deducir que tanto las las construcciones marinas (cordones, flechas litorales) como el modelado dunario explican la desorganización del drenaje costero, la creación de marismas y pantanos litorales la emigración de la línea de la costa y el crecimiento de la llanura. Pero indudablemente estas construcciones no habrían sido posibles sin el aporte sedimentario del Río Bío Bío.

En el interior de la llanura fluvio-marina, se observa un modelado dunario, en parte aludido anteriormente, no asociado a la emigración de la línea de la costa, sino a la emigración de las defluviaciones del Río Bío. Líneas de dunas cada vez más jóvenes van e-

migrando de este a oeste, siempre inundando las riberas derechas de las defluviaciones. Los cordones más antiguos se alargan hacia el norte entre Carriel Sur y las rinconadas del Cerro Lo Galindo; otros cordones se alinean a los pies del Cerro San Martín y San Miguel con dirección noroeste; una tercera generación se estira desde Cerro Verde hasta el Sur de Cerro Las Pulgas (O.H.O.); una cuarta familia se dispone casi de este a oeste desde el sur de Hualpencillo hasta la cabecera del este Lengua y la última generación bordea todo el lecho del Bío Bío desde Cerro Chepe hasta Hualpén, provocando obturaciones en el drenaje de sus vertientes (Laguna Verde es una laguna de obturación lateral, por dunas). Todos los cinturones de dunas interiores fijadas, han sido apenas tocados por los límites urbanos.

Esta es la llanura fluviomarina que sirve de sitio a la ciudad y al puerto de Talcahuano. De estructura fallada, la depresión corresponde al margen occidental de la gran fosa tectónica de Concepción-Talcahuano. Hasta el Pleistoceno reciente, el mar invadía gran parte del sector hasta el pie del Cerro Lo Galindo y la Población Lorenzo Arenas. En un mar muy bajo y contemporáneo a la depositación de la alta terraza de Concepción, un delta submarino difluuyente hacia el norte y oeste, rellenaba la fosa. Cuando el aporte de arenas desde el Laja decrece, la fosa estaba ya colmatada, movimientos eustáticos tardiglaciares hacen emerger el delta submarino dejándolo expuesto a la acción de sistemas morfogénicos

ticos subaereos. Empieza la divagación del Bío Bío sobre su delta; la 1ª salida por Carriel sur hacia la Bahía de Concepción lleva a imaginar un sollevamiento mayor al Sur, o un aluviamiento más abundante.

El gran aporte de materiales y la exposición de la desembocadura hacia el norte, favorecen la construcción de formas marinas y eólicas que terminan por obturar el drenaje. El río busca una salida más corta por el sur, por Lenga, ayudado por una 2ª fase de sollevamiento eustático, ahora más potente al norte. Este fenómeno tectónico podría explicar el lecho bien encajado de Carriel Sur; pese a su inscripción el cambio de curso era inevitable, la acumulación fue siempre superior a la erosión por la débil pendiente del curso y el aporte rápido, casi violento de materiales.

La salida por Lenga funcionó por un corto período, el mar y los vientos del noroeste, provocan finalmente la misma situación de la desembocadura de Rocuant.

Por último, el Bío Bío orienta su drenaje por el sur de Hualpén y el fenómeno de cierre litoral vuelve a producirse; el tómbolo de Cerro Pompón y una larga flecha litoral, estrecha la desembocadura acelerando los procesos de sedimentación fluvial hacia el interior ocasionando múltiples dificultades a las actividades humanas. El gran aluvionamiento impide la navegación, el agua se extiende, pero no se encaja; por otra parte, el régimen pluvial da a su fondo una gran movilidad sedimentaria estacional, las ar-

nas sueltas o fangosas, constituyen un peligro grave para la instalación de balnearios; su gran anchura hace difíciles las comunicaciones con el sur, la construcción de los puentes carreteros ha requerido de grandes inversiones. Así, este sistema fluvial, uno de los más anchos y largos de Chile no facilita las relaciones humanas, ni el turismo regional; su consideración como recurso natural, lo da más bien su calidad de fuente de agua dulce, abundante para la Industria.

La evolución geomorfológica fluvial, marina y eólica de la llanura desde el Pleistoceno, no hace más que acompañar un dinamismo tectónico, detectado desde su formación como graben hasta el actual. Esta actividad se comprueba por la presencia de cerros islas estructurados por fallas, de escarpes tectónicos relativamente jóvenes que limitan la llanura por el oeste y por el comportamiento tectónico independiente de la fosa ante los movimientos sísmicos de nuestro siglo.

d.- LOS INSELBERGS TERCIARIOS

Dos conjuntos de cerros islas muy intervenidos por el hombre, perturban la llanura. El primer espolón se alinea en dirección noreste-suroeste; adosado al norte a la C.C., se abre al sur y encierra la cuenca estructural de Concepción. Está formada por los cerros de Cosmito (70-100 metros) Chacabuco (70-96 metros), La Pólvora (63 metros), Chepe (56-76 metros).

El segundo conjunto de cerros se localiza entre Hualpencillo y Huachipato, está conformado por los Cerros la U., Las Higueras, y San Miguel (60-95) metros).

Su litología sedimentaria principalmente terciaria, marina o continental, indica aproximadamente la edad de la fosa estructural y las transgresiones del mar en ella.

Los afloramientos más antiguos se presentan en la base de los escarpes orientales; están compuestos por granito paleozoico fuertemente alterado (Cerros Chacabuco, Lo Galindo, La Pólvora, Chepe) o por filitas y esquistos precámbricos (Cerro San Miguel). En discordancia sobre el basamento cristalino se apoyan dos estratos sedimentarios con pendientes estructurales al N.N.O.: la F. Quiriquina del Cretácico Superior (Senoniano) que contiene arcosas más bien finas y la Formación Cosmito del Eoceno inferior constituida por sedimentos clásticos (lutitas, arcosas y conglomerados) intercalados con débiles mentos de carbón.

Los sedimentos más recientes se encuentran solamente en la cima de los inselbergs orientales, dispuestos en discordancia sobre los estratos anteriormente mencionados. Compuestos por un conglomerado mediano datado del Plioceno Superior, ellos constituyen la Formación Andalién. Bien podrían corresponder a un depósito de piemón del río del mismo nombre.

La homogeneidad litológica de los cerros impide explicar su forma disimétrica por fenómenos de erosión diferencial. Su discontinuidad y sus escarpes bien podrían deberse a la presencia de estructuras falladas y basculadas por la tectónica. En efecto, los taludes más escarpados que miran hacia la cordillera, están bordeados por líneas de fallas secundarias con miradores escalonados hacia el Oeste; y ellas repiten las mismas direcciones estructurales de la C.C. y de los Horst de Tumbes y Hualpén. (Falla de la Pólvara- Cerro Amarillo tiene dirección N-S.O., la falla de Cerro Lo Galindo-Chacabuco es de dirección NE-OSO, falla de Laguna Redonda dirección N.E. S.O. etc).

Los escarpes de falla por un lado y los acantilados marinos o cortes camineros por otro, deján ver pendientes stratigráficas hacia el NNO (Cerro Chacabuco- al NO de Cerro La U); este accidente complica el desarrollo de relieves disimétricos.

Los interfluvios son planos, estrechos, retocados por abrasión marina al igual que sus vertientes. Los rigurosos climas del terciario, el ataque permanente del mar y el escurrimiento lineal han labrado en sus flancos, acantilados y rinconadas que accidentan sus contactos con la llanura.

Las vertientes de los cerros que miran hacia el Oeste y Norte, presentan escarpes lineales, más bajos que el lado oriental pero igualmente vigorosos, indicando la

presencia de acantilados muertos. (Cerro Las Mercedes - Playa Negra y Cerro La U).

Las vertientes expuestas al S-SO y E-NE están modeladas por numerosas rinconadas; en sus fondos se acumula relleno coluvial, impermeable. muchas veces turboso y acompañado de lagunas cuando son obturadas por acumulaciones dunarias (Laguna Redonda, Lo Mendez, del Negro (rellenada), Lo Galindo).

La larga evolución geomorfológica de estos relieves ha meteorizado profundamente sus rocas clásticas. El manto de alteración está a su vez vestido por un suelo arcilloso-vegetal de hasta 7 metros de espesor.

El alto grado de meteorización, el suelo vegetal espeso en algunos sectores y las fuertes pendientes de los escarpes marinos o de falla hacen que las vertientes se mantengan en una búsqueda permanente de su perfil de equilibrio. Los sismos y las lluvias fácilmente pueden ocasionar deslizamientos.

Actualmente las Industrias y los medios de transmisión han sacado partido de su altura, instalando antenas o estanques de agua. Como no es recomendable su poblamiento sin tomar precauciones, estos cerros bien podrían servir de pulmones urbanos, a través de la instalación de parques forestales.

II LA EVOLUCION GEOMORFOLOGICA DE LA FOSA DE CONCEPCION

Adosada a la Cordillera, la llanura de Concepción ha sufrido una evolución muy emparentada al solevantamiento andino. Del análisis anterior se deduce que el relieve de su sitio, ha sido estructurado por la tectónica de falla y modelado por sistemas morfogenéticos azonales desde el pleistoceno al actual. El río, el mar, el viento y el hombre han sido los principales agentes de estos procesos.

La sincronía tectónica con los andes se manifiesta en fases de hundimiento y transgresiones, de solevantamiento y erosión, que se suceden acompañando los episodios andinos de paroxismo tectónico o de calma.

La primera fase tectónica se presenta al Cretácico Superior (Senoniano), contemporánea de la fase tectónica prerogénica. En este momento nace la fosa estructural, creada por un estilo tectónico en distensión que genera un sistema de Horst y graben. Ella se acompaña de una transgresión marina que acumula los sedimentos de la formación Quiquén; el mar llega hasta el borde actual de la CC; los bloques occidentales quedan antepuestos como Islas litorales.

Durante el Eoceno Inferior, en aparente concordancia se depositan los estratos de la Formación Cosmito, de facies en parte marina, en parte continental; la alternancia anuncia en este momento el cese del funcionamiento del graben como cubeta sedimentaria marina.

Durante el oligoceno y mioceno no hay testigos sedimentarios; la fosa es solevantada por

nuevas fases tectónicas, sinorogénicas y sus sedimentos son fallados y basculados.

En discordancia sobre este relieve de falla bastante evolucionado, casi nivelado por los sistemas morfogenéticos tropicales terciarios, se depositan los sedimentos conglomerádicos del Plioceno Superior o Formación Andalién. Es posible que esta acumulación corresponda a un piemon del río Andalién, correlativo del sollevamiento andino costero del Plioceno Superior. Ellos afloran solamente en los Inselbergs orientales y fueron depositados en ambiente continental.

Casi en período Villafranquiana, cuando el dominio andino se impacta con la última crisis orogénica, la fosa de Concepción es afectada por una tercera fase tectónica sinorogénica que rejuvenece todas sus unidades estructurales; vuelve a sufrir subsidencia, los inselbergs terciarios juegan nuevamente en sus fallas, los bloques costeros se sollevan y un mar muy bajo invade el sector hundido. La tectónica postpliocénica afecta la formación Andalién.

Pero la escasa profundidad del mar Pliopleistocénico impide la sedimentación propiamente marina. Finalmente, al pleistoceno reciente la llegada de las arenas negras del Bío Bío en forma rápida, casi catastrófica y la ausencia de subsidencia, terminan por calmarla hasta concluir en la situación actual. Hoy la llanura sigue extendiéndose, los escarpes evolucionando, ayudados por el hombre.

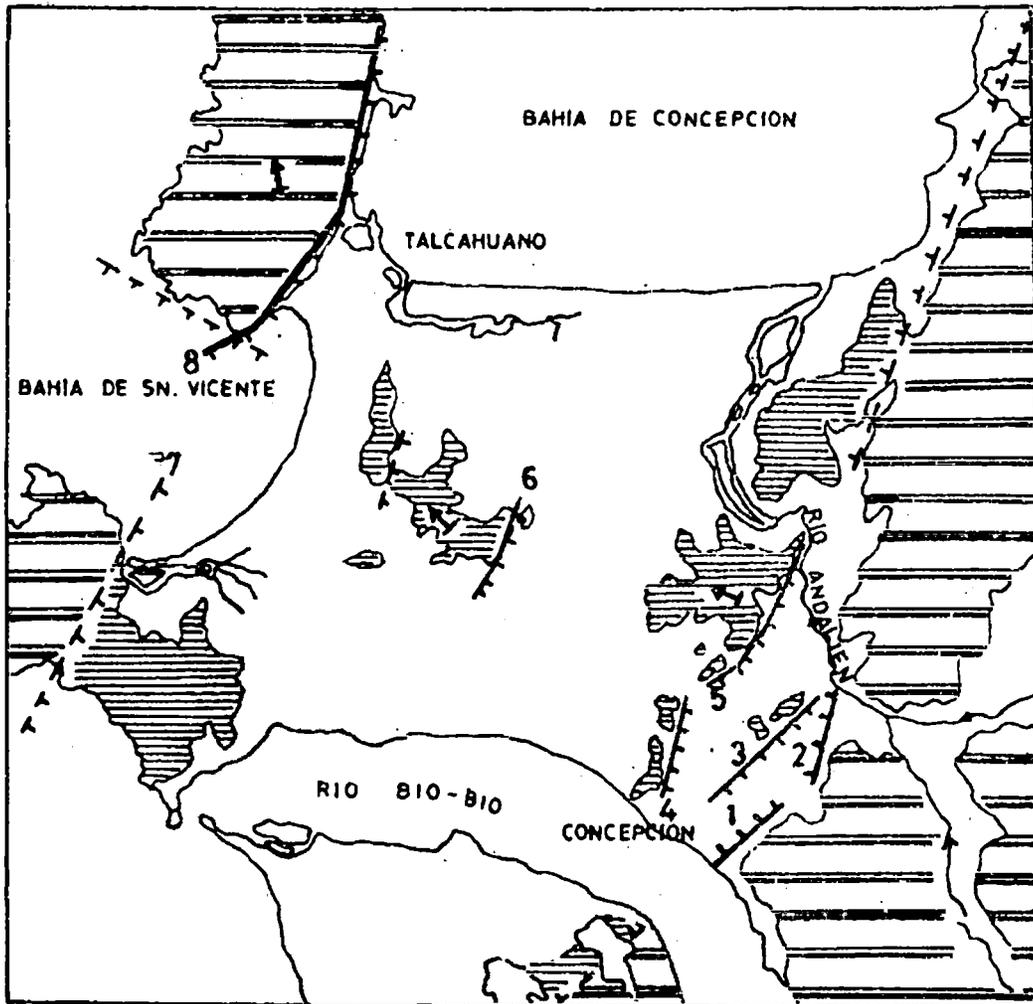
III EL COMPORTAMIENTO DE LA FOSA DE CONCEPCION FRENTE A LOS MOVIMIENTOS SISMICOS

Hemos definido la región de Concepción y Talcahuano como una llanura tectónica estructuralmente ligada a los Andes, específicamente a la Cordillera Costera Andina. Su posición en el margen litoral de la montaña le da una gran inestabilidad tectónica que se traduce en una densa red de fallas.

La Fig. 10 muestra la carta tectónica de Concepción; en ella se observan dos fallas principales (de San Vicente, y de Concepción) que limitan el graben de Concepción-Talcahuano y seis fallas menores inferidas por Galli. El centro de la ciudad de Concepción se emplaza en una cuenca estructural pequeña encuadrada por las Fallas de Lo Pequén, Cerro Caracol y la Pólvora. El resto de la ciudad está al pie de las Fallas de Chacabucc y Chepe, al oeste. La ciudad de Talcahuano también muestra en su sitio fallas secundarias: la Falla de Hualpencillo y la Falla que separa el cerro La U del Cerro San Miguel.

Además de explicar muchos aspectos del relieve las fallas pueden dar al sector una gran vulnerabilidad sísmica de efectos físicos importantes para la ciudad emplazada. Desde fenómenos de balanceo tectónico, fracturas, deslizamientos, licuefacción, hasta asentamientos podrían presentarse según la textura y composición del subsuelo.

FIG. Nº 10 _ CARTA TECTÓNICA DE LA LLANURA DE
 CONCEPCION - TALCAHUANO.



0 1 2 3 Km.

LEYENDA

-  FALLA
-  FALLA PROBABLE
-  PENDIENTE ESTRUCTURAL

FALLAS:

- 1 _ CARACOL
- 2 _ LO PEQUEN
- 3 _ LA POLVORA
- 4 _ CHEPE
- 5 _ CHACABUCO
- 6 _ HUALPENCILLO
- 7 _ HUALPEN
- 8 _ SN. VICENTE

1.- EFFECTOS TECTONICOS PROVOCADOS POR LOS SISMOS EN
LA FOSA DE CONCEPCION

En la mayoría de las regiones sísmicas del planeta existen fallas al menos en profundidad, pero ellas pueden haber sido soldadas por la presión interna. Gracias a la elasticidad de las rocas los movimientos geológicos van acumulando fuerzas durante decenas o centenas de años hasta hacer saltar bruscamente la soldadura. Cuando la ruptura se produce en un punto, la fuerza se reporta a los puntos vecinos y la falla rejuvenece. Las fases de ruptura sucesiva de las rocas superficiales o profundas engendran los temblores de tierra y en algunos casos, rejuvenecimiento visible pero débil de los escarpes de falla o de las unidades estructurales regionales, más sensibles.

Al parecer esto explicaría los efectos que han provocado los dos últimos terremotos en la zona: el de 1939 y 1960.

Los ingenieros Dobry y Poblete (IDIEM) han demostrado, comparando mediciones topográficas hechas por el I.G.M. antes y después de los sismos, que la depresión intermedia, cordillera de la costa y la fosa de Concepción se han comportado como unidades tectónicas, solevándose o hundiéndose independientemente, con el movimiento.

Efectivamente, los autores citados comparando las nivelaciones hechas por el I.G.M. en el tramo Chillán- Talcahuano para el año 1935 y 1939, encontraron diferencias de altura relativa de hasta 2 metros, que fueron atribuidos al terre

moto de 1939.

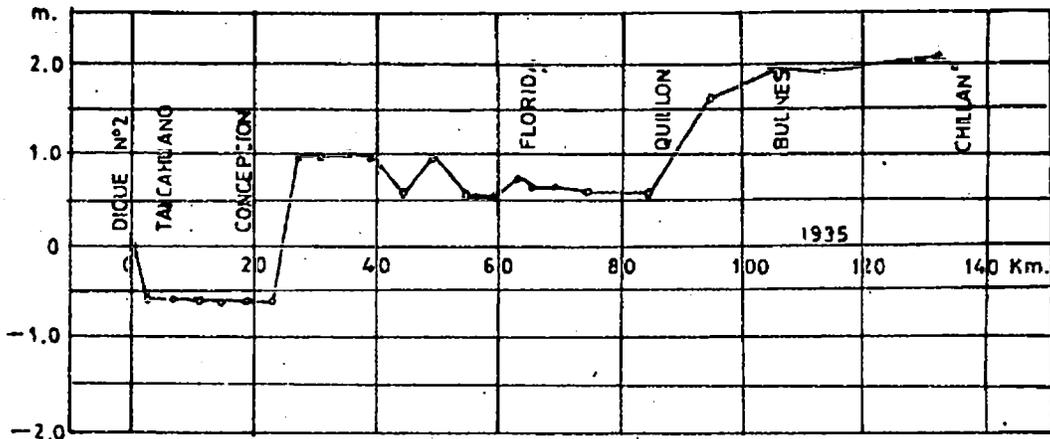
La fig. 11 a muestra estas diferencias. La fosa de Concepción sufrió un hundimiento bastante uniforme, en tanto la CC se sollevó disimétricamente, hasta 1 metro en la falla de Concepción y 50 cm. en el escarpe de Falla oriental, cerca de Quillón. Por su parte, la depresión intermedia se presenta dos metros más alta que la medición hecha en 1935.

Resumiendo entre Chillán y la falla de Concepción hay diferencias positivas de 1 a 2 metros pero entre la falla de Concepción y la ciudad de Talcahuano hay diferencias negativas de hasta 1.60 metros ya que un bloque se hunde y el otro se solleva.

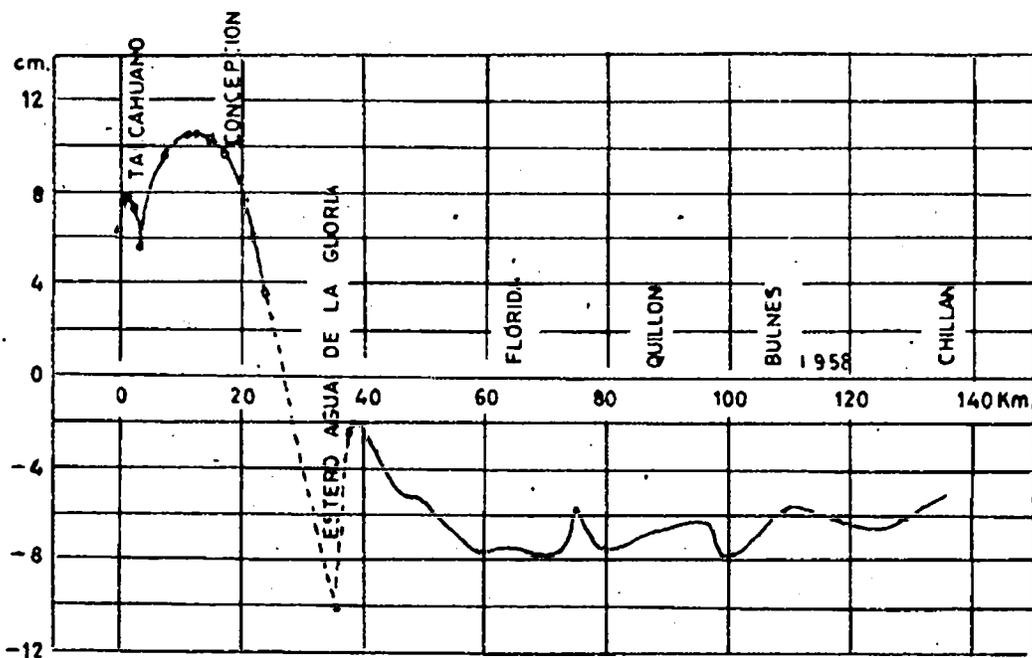
Nuevas nivelaciones hechas en 1958 y 1960, antes y después del terremoto que afectó todo el Sur de Chile, muestran un comportamiento tectónico contrario y de menor intensidad en cada una de las unidades estructurales citadas.

En la fig. 11 b se puede apreciar que a diferencia del anterior la fosa de Concepción-Talcahuano ahora se solleva 11 cm. En cuanto la depresión intermedia y la CC sufre un leve hundimiento. Como siempre el macizo costero actúa como un bloque monoclinal. En el oeste se hunde solo 2 cm, en tanto en el este subsidе 8 cms; la depresión intermedia por su parte, se resiente con un hundimiento un poco mayor, de 6 cms.

FIG. Nº 11 _ COMPORTAMIENTO TECTONICO DE LA FOSA DE CONCEPCION FRENTE A LOS SISMOS DE 1960 Y 1939



A - DIFERENCIA DE ALTURA ENTRE LAS NIVELACIONES 1935 - 1939



B - DIFERENCIA DE ALTURA ENTRE LAS NIVELACIONES 1958 - 1960

FUENTE: DOBRY-POBLETE _ DATOS _ I.G.M.

El sector sísmicamente más sensible en ambos acontecimientos ha sido la Falla de Concepción. Al parecer las fallas secundarias no han jugado como tales al momento de los sismos.

Al comienzo se trató de explicar los hundimientos como consecuencia de un asentamiento o compactación del material rocoso o sedimentario, pero la variedad litológica que afecta indujeron a dar un carácter tectónico a estos movimientos verticales. Además, el hundimiento de la fosa de Concepción-Talcahuano durante el terremoto de 1939, aparece como un hecho bastante uniforme lo que es muy raro, según Dobry, en compactación de sedimentos heterogeneos.

Es muy probable que fenómenos parecidos hayan ocurrido en tantos otros acontecimientos sísmicos que han azotado la región, directa o indirectamente. En los últimos 400 años (según informe de Greve en 1949) se han registrado 47 terremotos en el sur de Chile; 10 de ellos han tenido su epicentro en nuestra región.

HISTORIA SISMICA DE CONCEPCION (GREVE-1949)

Día	MES	AÑO	I-MM (Intensidad del sismo)
28	Octubre	1562	11
8	Febrero	1570	11
15	Marzo	1657	11
25	Mayo	1751	11
20	Enero	1816	8
24	Diciembre	1831	8
20	Febrero	1835	11
23	Julio	1898	8
24	Enero	1939	11
21	Mayo	1960	7,5

Cualquier actividad • expansión del emplazamiento actual de las ciudades en estudio debe contemplar esta inestabilidad tectónica para prevenir riesgo.

2.- OTROS EFECTOS SISMICOS

Deslizamientos, fracturas, túmulos de fango y asentamientos son otros efectos sísmicos de importancia en el estudio de un sitio urbano. Estudios de terreno y recopilaciones verbales hechas por Galli en la región, acusan accidentes de este tipo durante el sismo del 21 de Mayo de 1960.

Deslizamientos:

Se han producido en terrazas de arenas no compactadas y en los escarpes de pendientes fuertes donde la roca se presenta muy meteorizada.

En el lado oriental de la barra de la desembocadura se produjo un deslizamiento de 80 metros de longitud y 1,60 metros de profundidad con rumbo N NO- SSO. El mismo tipo de fenómeno se observó en la terraza de la parte Sur de la desembocadura, próxima al río (Veyl- 1960).

En el borde oriental de Cerro Chepe se produjeron deslizamientos pequeños de forma semicircular con una superficie deslizada de aproximadamente 50 metros². Las rocas afectadas correspondieron al complejo terciario y a granito muy descompuesto (Gally - 1960).

Al oeste del mismo cerro, a 200 metros de la entrada del camino que lleva a la Bocatoma de Corfo, también se produjo un deslizamiento de regulares proporciones, que arrastró granito descompuesto y tierra vegetal. El mismo fenómeno se observó en el borde norte del camino que va de Huachipato a Bocatoma Bío Bío. Este último deslizamiento abarcó una superficie cercana a los 300 metros², de forma semicircular; las rocas deslizadas fueron del conjunto sedimentario cretácico-terciario de Cerro Las Higueras.

En el Cerro La Pólvora, en el extremo occidental de la Calle Lientur y al Este del Cerro se observó una fractura semicircular con rechazo de unos 30 cms. y longitud cercana a los 50 metros, de gran peligro para los habitantes ubicados al pie del Cerro. En el mismo lugar ocurrieron deslizamientos y pudo estimarse que quedó en peligro de derrumbe un área de 200-250 metros². El terreno corresponde con la litología de los otros lugares.

Túmulos de Fango:

Son fenómenos menores que pueden tenerse en cuenta para la estimación de suelos de fundación, aunque no tienen mayor importancia en la consideración general del sitio urbano.

Según Galli túmulos de lodo o volcancitos se formaron durante el terremoto de 1960 en terrenos saturados y asociados a fracturas de deslizamientos. Se presentaron ellos, en las terrazas más bajas del Bío Bío, cerca de la desembocadura, dando pequeños montículos arenosos y

fangosos de 30 cm. de diametro por 30 cm de alto. Podrían atribuirse a la compactación de sedimentos saturados.

Fenómenos de Compactación

También se constató que el sismo de mayo de 1960 compactó los sedimentos aluviales arenosos en diferentes lugares de la ciudad. En el Barrio Universitario el Instituto de Química tuvo un emplazamiento vertical de 20 cms.; en Lorenzo Arenas las casas fueron hundidas en algunos casos hasta 15 cms.; lo mismo ocurrió en Refinería de Azúcar de Penco.

El asentamiento mayor y los daños más graves se observaron, no obstante, sobre terrenos rellenos artificialmente, con escombros y basuras. El extremo norte del puente carretero sobre el Bío Bío sufrió notorios daños; él se asienta sobre rellenos artificial. Se pudo comprobar un descenso de hasta 40 cm. con respecto a su nivel primitivo. Iguales observaciones se hicieron en los pasos sobre nivel. Experiencias recogidas en otros lugares del mundo indican que el suelo con relleno artificial es probablemente el peor comportamiento ante el paso de ondas sísmicas.

De lo expuesto se concluye que el grado de inestabilidad sísmica de cualquiera unidad física del sitio de Concepción-Talcahuano, dependerá de la combinación de los cuatro factores citados:

- a) Cercanía de fallas activas como la de Arauco y fallas inestables como las de San Vicente y Concepción.

- b) Presencia de sedimentos arenosos jóvenes, sueltos aún no asentados.
- c) Recubrimiento superficial de los suelos con rellenos artificiales, especialmente en aquellos sectores que ya presentaban aspectos naturales negativos antes de su ocupación. Se rellena principalmente suelos de mal drenaje, con anegamiento invernal o permanente o suelos arenosos de origen eólico, inestables.
- d) Saturación de los horizontes superficiales del suelo por una napa freática muy alta. En el conjunto de los análisis que se refieren al comportamiento sísmico de los suelos parece resaltar como factor de relativa importancia la posición de la napa freática respecto a la superficie del terreno. Estudios de Galli citados anteriormente, mencionan fenómenos de compactación sedimentológica ocasionados por el sismo del 60 debido a la presencia de suelos saturados.

Medvedev, por su parte, indica que en un suelo con napa superficial la vibración sísmica podría llegar a duplicar su aceleración en relación con un suelo similar que la tuviera a más de 10 metros de profundidad.

Esto nos obliga a estudiar su distribución. Desgraciadamente sólo fue posible obtener datos completos del sitio de Concepción y algunos datos aislados del sitio de Talcahuano, en todo caso las conclusiones podrían reunir de patrón de comparación para cualquier estudio de napa que a futuro se realice en el puerto.

IV EL NIVEL FREÁTICO EN LA ALTA TERRAZA DE CONCEPCION

y en algunos puntos del sitio de Talcahuano.

Según datos disponibles sintetizados en el Cuadro Nº 1 y el esquema cartográfico adjunto en la figura Nº 12, correspondiente a los autores Dobry-Foblete, el nivel freático en Concepción y Talcahuano se ubicaría entre 0 y 10 metros de profundidad media, dependiendo principalmente su posición de la configuración morfolitológica y topográfica del área.

Las cotas más altas de la napa, pero a la vez su mayor profundidad, se sitúan entre las calles Cochrane- Avenida Manuel Rodríguez y Calles Tucapel- Rengo, en la parte más elevada de la terraza superior del Bío Bío. Las isolíneas describen pendientes fuertes del nivel freático hacia el río Bío Bío, Pajonal de Chepe y antiguo Pajonal del Barrio Universitario; sin embargo, su pendiente es relativamente suave hacia el Andalién. Esto hace suponer que los dos ríos que limitan la terraza por el Noreste y sudeste sirven de receptáculos al drenaje subterráneo; su nivel topográfico es siempre inferior a éste.

Su posición, en cambio, es casi superficial en los lechos abandonados del Andalién o del río Bío-Bío. En los perfiles topográficos y litológicos de la Figura 13a se ve bien esta relación. Mediciones hechas al oeste de Avenida Ejército y ONO del mercado Lorenzo Arenas, sobre el curso abandonado principal del Bío Bío la napa tiene una profundidad media de 0.5 metros, aunque en invierno se instala sobre la superficie. Situación parecida se observa en la figura 13b en la intersección de la calle Lientur con Carrera; ella se ubica

a 1,7 metros de profundidad mientras en la alta terraza vecina se encuentra 2 a 3 veces más profunda (Lautaro con Farros Arana tiene 3.9 metros de profundidad y en la Plaza de los Tribunales: 1,5 mts.) Su nivel es más superficial que aquellos de la terraza de inundación del Andalién. Analizando las características morfológicas del área, esta unidad correspondería a un antiguo corredor de drenaje de la Laguna Las Tres Pascualas hacia el Andalién, inundado en parte por arenas eólicas, pero con una base pedológica muy impermeable; turbosa. Esta repartición superficial del nivel freático es propio de defluviaciones abandonadas, pero también de las áreas periféricas a una laguna, de las depresiones interdunarias, de las rinconadas al borde de los cerros etc.

Por otra parte, las columnas litológicas destacan una cierta correlación entre su profundidad y las facies de los bancos sedimentológicos. Su posición está estrechamente vinculada a horizontes limosos o arcillosos, más impermeables.

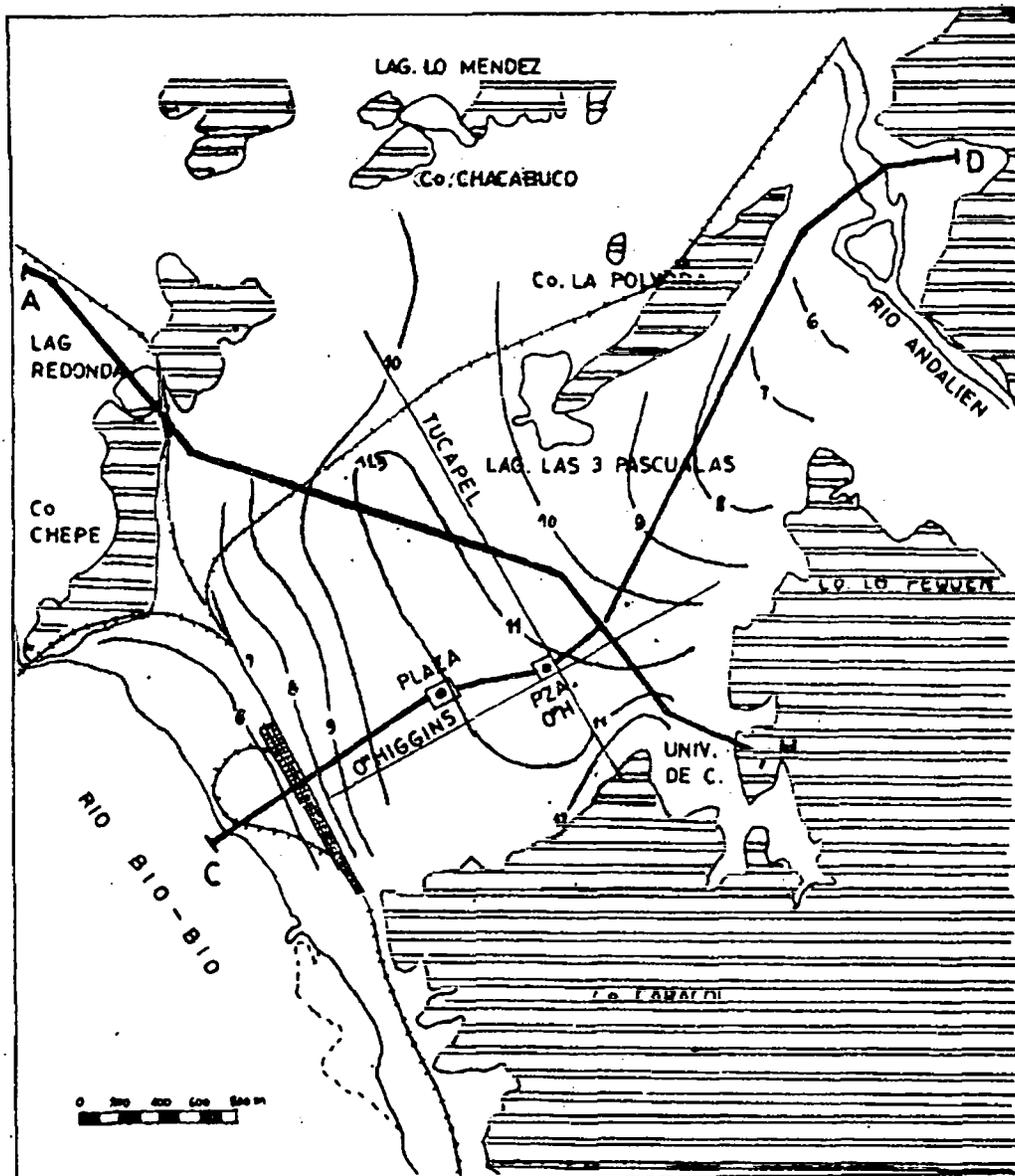
En la columna 1a, correspondiente a perforaciones hechas en el barrio Universitario-Instituto de Arte, la napa está aproximadamente a 2,5 metros sobre un banco limoso-coluvial interestratificado en las arenas finas, negras y limosas del Río Bío. (1).-

En la columna 2a el relleno artificial actúa como estrato permeable el nivel freático se dispone sobre las arenas finas puras, sin colusiones, menos permeables que el relleno.

En la columna 4a su posición está ligada a un pequeño banco arcilloso impermeable; su altura topográfica notablemente más baja que la preceden-

(1) Los limos son apartados por las coluvias del escarpe cordillerano.

FIG. Nº 12 — ESQUEMA DE ISOLINEAS DE NAPA FREATICA EN CONCEPCION.



FUENTE DOBRY-POBLETE _ REVISTA IDIEM _ DIC. 1968

te se explica por antecedentes morfológicos, el sondaje fue hecho en el borde oriental de la falla. La Pólvora y sobre una probable antigua defluviación del Andalién hacia el Bío Bío.

En la columna 5a, en cambio, las arenas Bío Bío con una granulometría gruesa a mediana proporcionan una gran permeabilidad y la napa se localiza a más de 8 metros de profundidad en el mes de Febrero.

Finalmente, en Lorenzo Arenas (9a, ella se instala sobre las arcillas turbosas del Bío Bío abandonado saturando incluso la base de los rellenos artificiales. La situación es idéntica para el subsuelo en que se emplaza el mercado y parte de la Población Lorenzo Arenas 2, Sector que fue ganado por la ciudad en extensión a los pajonales.

La posición topográfica siempre más baja de los ríos Andalién y Bío Bío es un antecedente de su origen; ello significa que es exclusivamente alimentada por las aguas lluvias incluyendo el drenaje de los cerros cercanos.

Su altura muy emparentada con la repartición pluviométrica. La crecida brusca se produce en los meses de Julio - Agosto, con un desplazamiento de 1-2 meses de las lluvias más intensas; aún más el gráfico indica un efecto acumulativo de los períodos lluviosos en el nivel de la napa freática.

FIG. Nº 13A — CORTE TOPOGRAFICO ESE - ONO DE LA NAPA FREATICA EN LA LLANURA DE CONCEPCION Y SU RELACION CON LA LITOLOGIA.

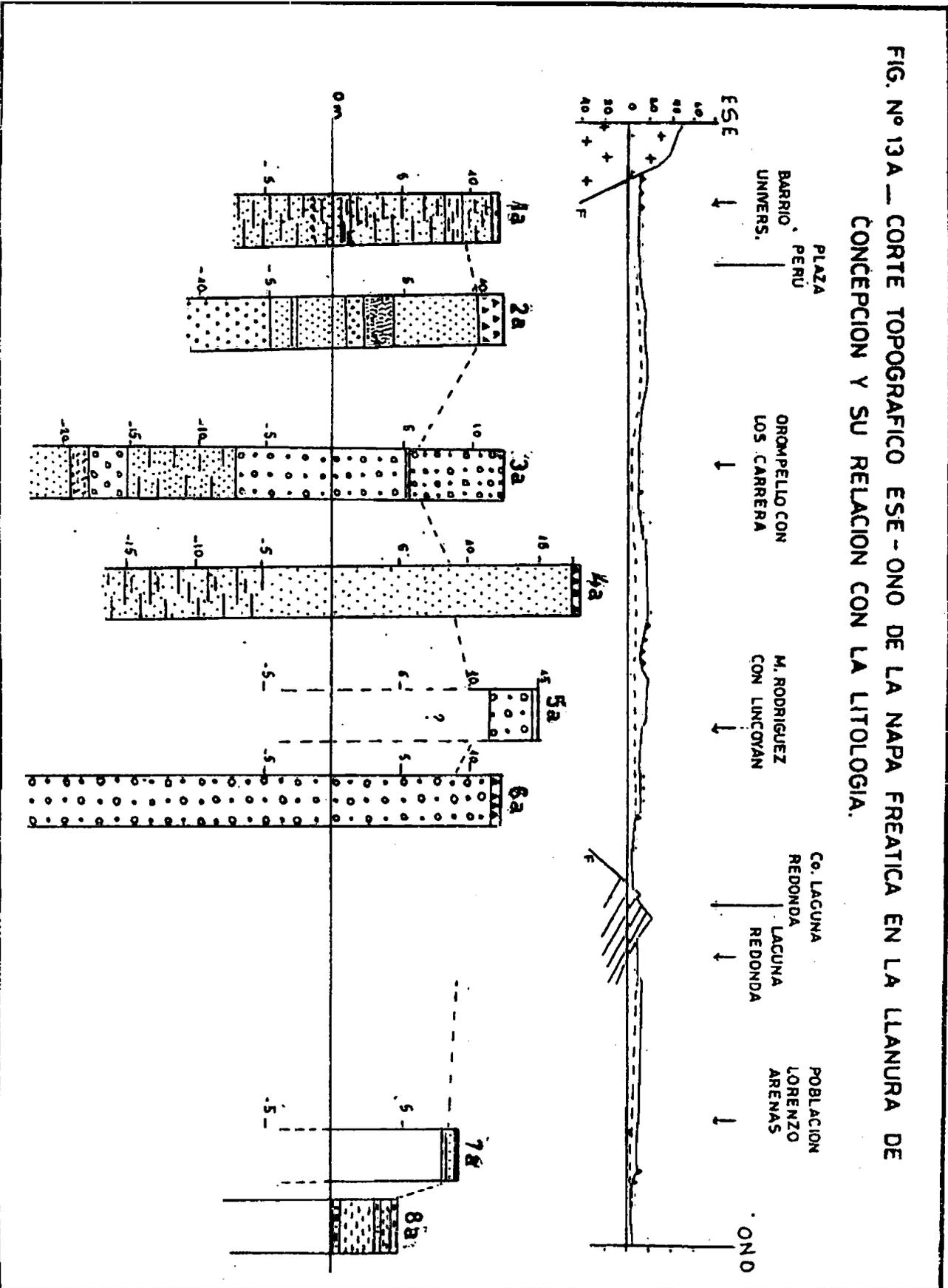
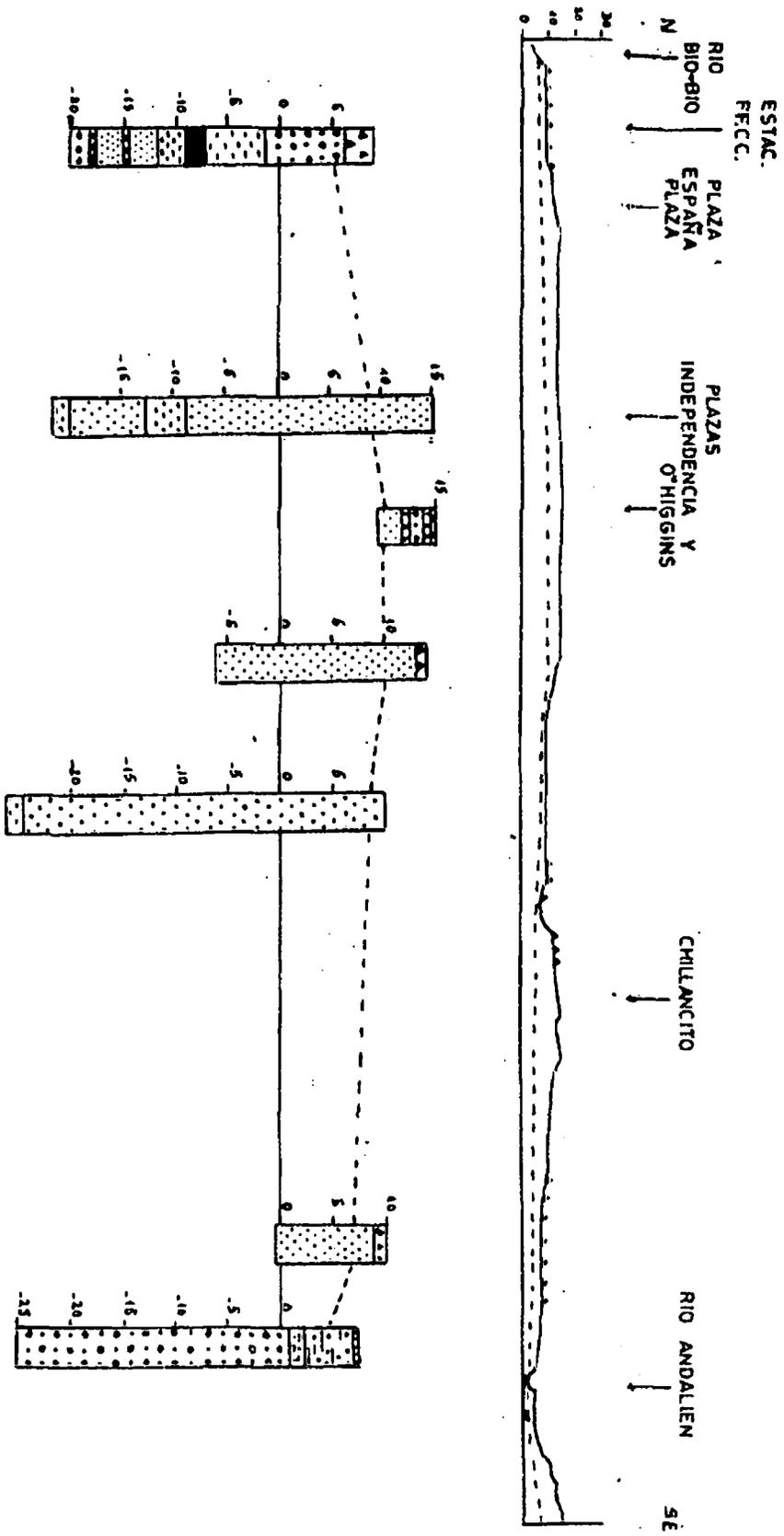
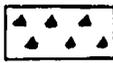
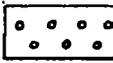
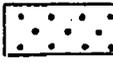
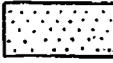
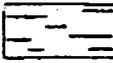
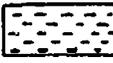
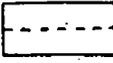


FIG. N°13B — CORTE TOPOGRAFICO N-SE DE LA NAPA FREATICA EN LA LLANURA DE CONCEPCION Y SU RELACION CON LA LITOLOGIA.



LEYENDA DE FIG. N° 13A Y N° 13 B

- | | | |
|----|---|--|
| 1 |  | RELLENO ARTIFICIAL |
| 2 |  | ARENAS ALUVIALES GRUESAS DEL BIO-BIO |
| 3 |  | ” ” MEDIANAS ” ” |
| 4 |  | ” ” FINAS ” ” |
| 5 |  | BANCOS DE CONCHILLAS |
| 6 |  | LIMOS ALUVIALES BIO-BIO Y LIMOS COLUVIALES LATERALES |
| 7 |  | ” ” AMARILLOS DEL ANDALIEN |
| 8 |  | ARCILLAS ORGANICAS E INORGANICAS |
| 9 |  | ARENAS FINAS Y LIMOS CON RESTOS VEGETALES |
| 10 |  | NIVEL MEDIO DE LA NAPA FREATICA |

FUENTES:

1 - ESTUDIO GEOTECNICO N° 2 I.I.G.

2 - CARTA DE SITIO DE FUNDACION

DE LA CIUDAD DE CONCEPCION - GALLI

FIG. N° 14A - INFLUENCIA DE LA
PRÉCIPITACION MENSUAL EN LA
VARIACION DE LA NAPA FREATICA
EN EL CENTRO DE CONCEPCION - 1967

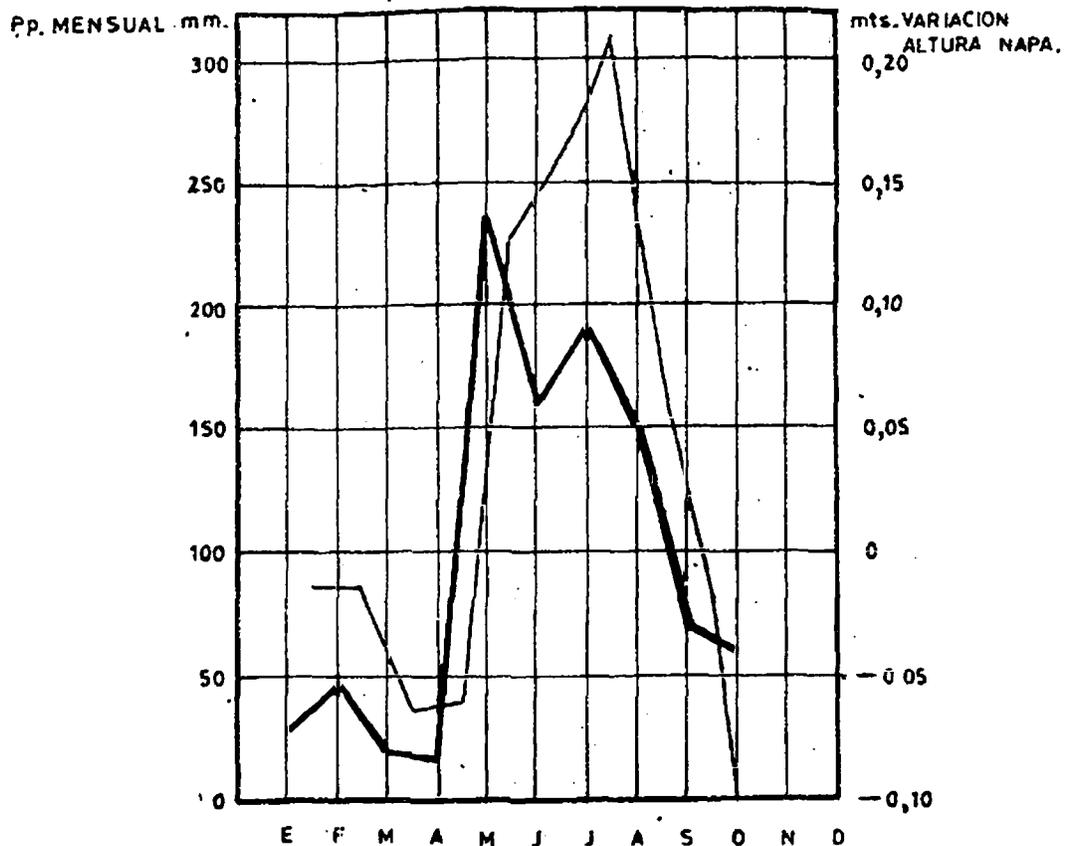
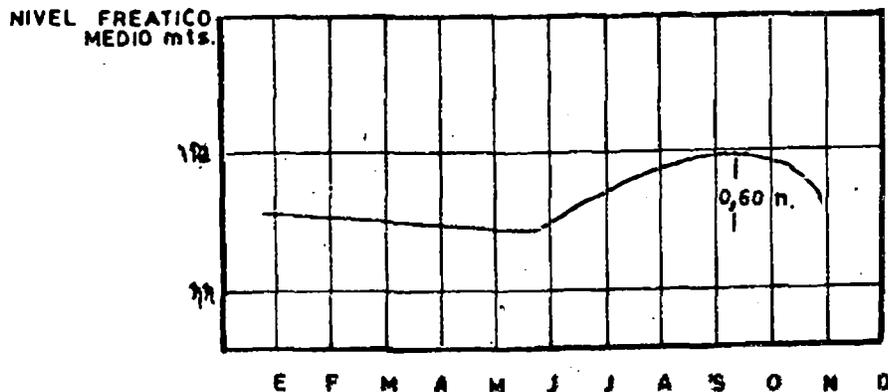


FIG. N° 14 B - NIVEL FREATICO MEDIO MENSUAL SOBRE EL
NIVEL DEL MAR EN EL CENTRO DE CONCEPCION - 1967



FUENTE DOBRY - POBLETE - IDIEM - 1968

La variación anual de su altura oscila entre 0.30 metros para suelos arenosos, permeables, hasta más de 1 metro en suelos orgánicos impermeables.

Hemos indicado la escasez de mediciones hechas en la comuna de Talcahuano al respecto, pero las que hay, confirman una génesis y distribución muy parecida a la de Concepción. Se trata de un nivel freático dependiente de las aguas de lluvia invernal, con pendiente de drenaje hacia los sectores de marismas, hacia el Río Bío Bío y hacia el mar. Su topografía inferior a la anterior está de acuerdo con una planicie litoral también más baja. Sin embargo las variaciones anuales de profundidad son más fuertes especialmente en las terrazas ribereñas del Bío Bío. (1,75 metros a 100 metros de Bocatomina CAP). En invierno se sitúa muy cerca del suelo 0,7 metros debido al gran aumento del nivel del río. Su altura es parecida en las depresiones interdunarias, mal drenadas, del este de Carriel Sur y del Norte del Bío Bío, pero es mayor para el caso de las áreas turbosas. Allí desciende del nivel del suelo solamente los meses de verano. En el resto de la planicie su nivel oscila entre 1,5 a 2 metros.

Finalmente, las cifras clasificadas en el cuadro Nº 1 para las diferentes unidades no hacen más que confirmar los principios anteriormente planteados.

Guadro Nº 1: DATOS DE NIVEL FREATICO EN METROS DE PROFUNDIDAD SOBRE LAS DISTINTAS UNIDADES DEL SITIO DE CONCEPCION - TALCAHUANO.

1.- Terraza alta del Bío Bío

Sector Central:

Plaza Independencia-----	4,8 m	Octubre 1957
Plaza O'Higgins-Tucapel----	5,1 m	Enero 1962
Cochrane- Angol-----	11 m	Mayo 1960
Cochrane-Orompello*-----	7 m	Abril 1960
Los Carrera- Angol-----	5,7 m	Julio 1960
Orompello-Los Carreña-----	5,8 m	Abril 1960
Colo-Colo-Bulnes-----	8.4 m	Febrero 1962
Paicavi-Bulnes-----	4 m	Febrero 1962
Salas- Rozas-----	5 m	Febrero 1962
Ongolmo-Bandera-----	4.3 m	Febrero 1962

Sector bordero:

Ejército-Avda. Argentina----	3 m	Febrero 1962
Janequeo-Barros Arana-----	3,9 m	Julio 1965
Paivavi-San Martín-----	2,8 m	Noviemb.1965
Lientur-Los Carrera-----	1,7 m	Febrero 1962

2.- El contacto con la Cordillera de la Costa: Area de depósitos coluviales en parte sepultados por rellenos artificiaales:

Parque Ecuador frente a A.Pinto	3,6 m	Septbre 1960
Parque Ecuador frente a Castellón	4 m	Febrero 1965
Parque Ecuador frente a Tucapel-	1,7 m	
Edmundo Larenas-Chacabuco-----	1,8 m?	
Avda. Roosevelt-Ainavillo-----	2,5 m	Mayo 1961

3.- Terraza alta del Bío Bío, Sector Norte modelado en dunas.

Menthriou-Janequeo----- 7,3 m Febrero 1962

4.- Terraza costanera con relleno artificial:

SO Cerro Chepe- Calle Rojas-- 2,4 m Febrero 1962
Victorino Lastarria-R.Claro-- 2,4 m Julio 1960
NO estación FF.CC.----- 2,6 m Julio 1960
NE pte.San Pedro viejo----- 5,3 m Junio 1960
O de Isla Mochita----- 3,7 m Octubre 1960
A 100 m de Bocatoma Cap----- 0,75 primavera
3,50 m otoño (1963)

5.- Terrazas del Andalién:

SE de Avenida Collac----- 1,1 (Agosto 1959)
E de recinto Endesa----- 3 m Febrero 1962
NO del Puente Andalién----- 2,4 m Febrero 1962

6.- Curso abandonado del Bío Bío y fondos lagunas desecadas.

Al N de Planta Nobis(L.Arenas)0,4 m Octubre 1957
Al S del Mercado----- 0,3 m Agosto 1958
Borde E Lag.Las 3 Pascualas--
Galbarino- Rozas----- 0,6 m 1960
Borde N Laguna Lo Custodio--- 0,8 m Octubre. 1960

7.- Llanura fluviomarina de Talcahuano.

Sin modelado eólico----- 1,5-2m (1963) Verano
Con modelado eólico (Carriel S)2,5 m (1963) Verano
Depresiones interdunarias---- 0,7 m (1963) Verano

Fuente: Estudio Geotécnico Nº 2
(Apéndice)

Perfiles litológicos de sondajes y
excavaciones de Concepción. IIG.

V.- TIPOLOGIA DE SUELOS DE FUNDACION EN LA LLANURA
DE CONCEPCION - TALCAHUANO.

Considerando la exposición, pendiente topográfica, litológica, alteración de los materiales, permeabilidad, posición del nivel freático y resistencia sísmica de las rocas y del área se han agrupados los suelos según sus aptitudes para la instalación urbana.

Gran parte de esta clasificación fue extraída de estudios hechos por el geólogo Sr. Carlos Galli.

1.- Suelos que no presentan dificultades al emplazamiento urbano.

- a) Los relieves rocosos del complejo sedimentario terciario o del granito paleozoico no alterado o con roca poco meteorizada y pendientes menores de 10º, constituyen excelentes sitios de fundación urbana. La textura consistente de la roca inalterada le proporciona condiciones de impermeabilidad; como se trata de relieves de cierta altura la napa freática es profunda y débil. Ambos factores, dificultan la saturación de los sedimentos y por tanto aseguran la estabilidad de las vertientes.

Por desgracia, estas unidades se reducen a retazos de plataforma de erosión más o menos reciente, como aquella ocupada por el Puerto San Vicente, al pie de Tumbes; o a restos de plataformas de erosión que coronan los cerros La Galindo y Las Mercedes.

Por estar ubicados en interfluvios planos limitados por escarpes, es necesario proteger dichas vertientes con vegetación arbustiva y arborea y canalizar su drenaje invernal.

b.-La alta terraza aluvial y la planicie litoral del Bío Bío sin dunas.

Predominan en ella suelos arenosos constituidos fundamentalmente por arenas media a gruesa de 0,25 a 1 cm. de diámetro, permeable, gris oscura, bastante homogénea, con algunos porcentajes de limos finos intercalados en horizontes profundos. En la terraza superior del centro de Concepción los horizontes limosos se encuentran a 20 metros, lo mismo que en la llanura fluvio-marina de Hualpencillo.

Los depósitos arenosos se acumulan en grandes espesores sobre la llanura. Un sondeo realizado por IDIEM en Castellón, entre Barros y O'Higgins indican la presencia de arenas hasta 107 metros de profundidad. Cálculos a partir de anomalías gravimétricas detectan la roca madre a 126 metros. Su gran espesor y permeabilidad le proporcionan su grado de compactación que aumenta con la profundidad y una mapa freática siempre subterránea, motivo por el cual la llanura no presenta peligro de licuaciones en caso de sismos.

Los inconvenientes se presentan cuando las arenas son heterogéneas y contienen lentes arcilloso- limosos o coluviales más superficial, aportados lateralmente. Es el caso de las áreas de contacto de la terraza o planicie litoral con los cerros islas con el Horst de Tumbes, con el escarpe cordillerano o con los bordes de los lechos pantanosos abandonados. En estas condiciones los depósitos arenosos se hacen cada vez más impermeables adquiriendo las características de los sedimentos intercalados.

2.- Suelos que presentan inconvenientes a su ocupación.

a) Los depósitos coluviales de rocas sedimentarias o graníticas de borde de vertientes.

Tienen características deficientes como suelos de fundación. Además de estar ubicados, al pie de los cerros o en rinconadas de mal drenaje, rodeados de fuertes taludes, inestables ante los sismos o las lluvias, ellos constituyen por sí mismos suelos de poca estabilidad.

Los aportes coluviales son transportados de los cerros islas y de la cordillera de la Costa.

La arena coluvial proveniente de la alteración de sedimentos terciarios contiene una gran cantidad de limos y arcillas que le atribuyen una plasticidad muy alta o muy baja. Por su parte la arena coluvial gra-

nítica aportada por los escarpes cordilleros, además de arcillas plásticas tienen bancos más porosos de maicillo cuya excesiva cantidad de vacíos configura una textura favorable a los asentamientos sísmicos y licuaciones.

La vecindad de laderas de pendientes fuertes amenaza estos sitios con fenómenos de deslizamientos, soliflucción o escurrimiento limo-arcilloso superficial estacionales abundantes. Si no se toma la precaución de cubrir las vertientes con vegetación, el maicillo tiene una gran tendencia a ser arrastrado por el agua, junto con el material arcilloso, cubriendo dichos sectores con napas de barro en invierno.

Dentro de esta clasificación se incluye el Barrio Universitario de Concepción, las llanuras de contacto de los Cerros Chacabuco, Chepe, La Pólvoa, Las Higueras, Tumbes etc.

b) La llanura baja areno-limosa modelada en dunas.

Corresponde dar esta clasificación al sector norte de la alta terraza Bío Bío, al borde oriental de Carriel Sur y a parte de la llanura fluvio-marina de Hualpencillo.

Constituida por arenas Bío Bío sueltas, de granulometría mediana a fina y gravas, esta llanura es de gran permeabilidad e inestabilidad topográfica. La reciente deposición de sus sedimentos no ha dado tiempo

el desarrollo de suelos y la implantación de un ambiente biostático equilibrado. La falta o mediocridad de la cubierta vegetal tiende a mantener una morfogénesis activa y un suelo móvil; el agua y especialmente el viento transporta las arenas con facilidad produciendo deflación en algunos sitios y acumulación en otros.

La distribución del nivel freático no es más favorable, la ondulación topográfica típica del modelado dunario y la textura permeable de los suelos, la ubican en el piso de la duna de modo que las depresiones entre cada cordón dunario, generalmente forman áreas de mal drenaje.

Áreas de topografía irregular, cambiante y con poca capacidad de soporte, ellos podrían ocasionar varios inconvenientes si no se toma la precaución de rellenar las depresiones, nivelar las dunas y estabilizar las arenas, compactándolos mecánicamente y cubriéndolas con vegetación. Así se podría evitar la erosión y los deslizamientos sísmicos desde las crestas dunarias.

3.- Sitios inadecuados al asentamiento urbano

- a) Los suelos que cubren las vertientes escarpadas de los cerros islas terciarios y de las plataformas pizarrosas.

Son áreas con múltiples inconvenientes. Pendientes siempre superiores a 10° y rocas de gran alteración hacen de éstos, suelos inestables. Dos horizontes de meteorización cubren las unidades. La superficie está cubierta

hasta 7 metros por un suelo vegetal compuesto de arcillas orgánicas de alta plasticidad, susceptibles de deslizarse, saturarse y solifluir. El resto de roca alterada contiene arcillas inorgánicas igualmente plásticas, limo inorgánico compresible o arena-arcillosa.

La arcilla de alteración actúa ante los agentes subaéreos como una roca muy deleznable. Las lluvias invernales la saturan con facilidad provocando derrumbes o drenando los en masa hacia la llanura. Sus fuertes taludes, además, son un peligro permanente de deslizamientos y fracturas ante crisis sísmicas.

Para el caso de las pizarras, hay que agregar que las pendientes de la foliación propias de su estructura podrían facilitar derrumbes; en caso de tener el mismo sentido que el escarpe, actuarían como verdaderos planos de deslizamientos.

b) Taludes graníticos del macizo costero, de fuerte pendiente, con alto grado de meteorización.

La roca granítica alterada tiene de 8 - 50 metros de espesor y presenta características litológicas autónomas, casi como si fuera un estrato yuxtapuesto a la roca madre. La alteración en su primera fase, se produce en balones que se descaman siguiendo líneas estructurales (¿diaclasas circulares?) hasta reducir la roca a maicillo,

cuando los minerales más frágiles han parti-
do (feldspatos y micas). El maicillo cons-
tituye un suelo denso y un poco permeable
cuando se presenta muy alterado, facil-
mente saturable por las aguas de lluvia.

Como está compuesta de arenas cuarcíferas
y limos arcillosos coagulantes tiene gran
plasticidad y estructura muy inestable. Así
es fácil que los taludes ayudados por la
fuertes pendientes, se inestabilicen ocasio-
nando grandes deslizamientos y derrumbes.

c) Lecho mayor y terrazas o planicies aluvia-
les de inundación ocasional de los ríos Anda-
lién y Bío Bío.

Son niveles aterrizados situados en regio-
nes ribereñas de los cursos hidrográficos.

En el río Bío Bío los sedimentos contiene
arena mediana (0,25 - 0,50 cm) limpia, per-
meable, gris oscura intercalada con horizon-
tes limosos-arcillosos.

En el Andalién estos depósitos están fosi-
lizando las arenas Bío Bío con un espesor
aproximado de 3 metros, forman una mezcla de
arenas finas, limos y arcillas en algunos
casos, asociados a material coluvial.

Ellos presentan una permeabilidad moderada.
Pueden producirse grandes oscilaciones de
su nivel freático; en verano la napa descien-
de a 3 metros y en invierno la podemos encon-
trar muy cerca de superficie o en superficie.

Fuera de tener poca estabilidad estos suelos compresibles cuando van acompañados con material coluvial, como sucede en las terrazas del andalién.

Por posición las áreas cubiertas por esta unidad están amenazadas por inundaciones periódicas. Semipantanosas, saturadas la mayor parte del año, ellos necesitan para ser ocupados rellenos artificiales, agravando su tendencia natural a la compactación, fracturación y derrumbe lateral en caso de sismos.

d) Cursos abandonados del Bío Bío, pajonales y Marismas

Presentan características semejantes a las rinconadas mal drenadas ubicadas entre los espolones de los cerros y las depresiones, entre dunas o rellenos artificiales.

Están compuestos por suelos altamente orgánicos y finos: arenas finas, limos, arcillas y restos vegetales; pueden además, observarse lentos interestratificados de coluvias y arenas Bío Bío. En general, son suelos impermeables principalmente cuando presentan gran cantidad de arcillas. El agua subterránea está muy cerca de superficie o aflora formando pantanos. Todos los inviernos el agua anega los antiguos fondos creando ambientes semi-lagunares donde se precipitan arcillas. Año a año la mediocre vegetación herbácea de primavera y verano muere en el seno de estas laguni-llas, formando turbas.

Por este motivo, son suelos poco estables, indeseables como sitios de fundación especialmente cuando son turbosos e inundables.

e) Áreas con rellenos artificiales

Los rellenos artificiales ocupan sitios con limitaciones, adecuados por el hombre en su conquista de espacio urbano.

Son importantes en la llanura; se usa el relleno para nivelar o elevar la topografía de una depresión, para rellenar lagunas zonas ribereñas anegadizas, para fijar el suelo y evitar la erosión, para rellenar marismas etc.

En Concepción, ellos cubren las terrazas costaneras del Bío Bío y Andalién (Puchacay), gran parte del lecho abandonados del Bío Bío que bordea el Cerro Chepe y Cerro Laguna Redonda; rellenos hay también en la probable antigua defluviación del Río Andalién hacia el Bío Bío bordeando la falla del Cerro La Pólvara- Cerro Amarillo, en las Rinconadas del Barrio Universitario, Pedro de Valdivia, Lonco Oriente y Chiguayante, como asimismo en muchas lagunas que perturban la terraza superior (Laguna Los Negros, Gavilán, Las Tres Pascualas).

En Talcahuano, la mayor parte de la ciudad se emplaza sobre rellenos artificiales. Bordeando la Bahía de San Vicente, Huachipato se asienta sobre rellenos que se prolongan hasta el pie de Tumbes. Por el Norte del Cerro David Fuentes hasta la rinconada

de las Higueras, al pie del Cerro de la U. y en el sector de Las Salinas, los suelos artificiales han arrebatado terreno al mar y a las marismas.

De espesores variables, suele alcanzar a veces hasta 5 metros como es el caso de la calle Andrés Bello cerca del Río Bío Bío en Concepción; hasta 12 metros en el terraplén del puente sobre la línea del Ferrocarril en Arturo Prat; de 6 a 8 metros en el Hospital Naval en Talcahuano.

De lo anterior se deduce que estos terrenos ocupan en general sectores bajos, subyacen a ellos barro, turbos o áreas pobremente drenadas. Sus características estructurales como suelos para emplazamiento urbano dependerán más que de su base natural, de la calidad y cantidad del material usado en el relleno. Puede estar constituido de basuras, chatarra, maicillo, arenas, material de demoliciones, etc.

Mientras más gruesa sea la textura del relleno mayor será su permeabilidad, pero también su inestabilidad sísmica. Si el material de relleno es heterogeneo u orgánico las posibilidades de asentamiento y de licuaciones aumentan.

En general, la parte inferior de los rellenos sobre antiguas áreas pantanosas o inundables se presentan saturadas de agua. El nivel freático está muy cerca de superficie principalmente en invierno. Su alto contenido de humedad y falta de cohesión los ha

con suelos muy inestables, de alta compresibilidad. Ellos son los sitios más inadecuados a la ocupación.

VI. CONCLUSIONES

La llanura de Concepción Talcahuano
un emplazamiento inadecuado para una
gran metrópoli regional.

El precedente análisis permite evaluar el emplazamiento de los núcleos urbanos de Concepción-Talcahuano como un sitio con grandes limitaciones físicas, especialmente geomorfológicas, para el desarrollo de una gran metrópoli regional de tipo tradicional.

Las desventajas más importantes serían las siguientes:

- 1.- Los espacios llanos del gravén sin grandes problemas para su ocupación están agotados. La llanura deltaica de aproximadamente 100 k² es en realidad mucho más estrecha; su carácter subsidente asegura el predominio de procesos morfogenéticos de acumulación, las divagaciones del río y la creación de lechos emigrantes, la desorganización del drenaje, la presencia de lagunas al abrigo de rinconadas etc, que accidentan la planicie litoral y la terraza, limitando aún más el espacio aprovechable.

Cualquier intento de expansión desbordará sus límites hacia sitios de menor calidad, de alto costo de adecuación. Tendrá que concretarse sobre la erosionada Cordillera de la Costa o hacia el Sur, en los suelos relativamente inestables de la llanura costera arenosa de Lomas Coloradas o fi

nalmente, sobre los pantanos y marismas, de gran insolubridad que circundan la bahía.

- 2.- Los escarpes de falla, acantilados muertos y vertientes en general de los relieves que dominan la llanura de acumulación son sectores potenciales de erosión antrópica intensiva.

El vigor de los taluds y la gran paleoalteración de las rocas sedimentarias, graníticas o metamórficas, ante cualquier des-mantelamiento vegetal, provocarán inevitablemente deslizamientos o derrumbes invernales, acumulación acelerada de napas de coluviones arcillosos e inundaciones importantes en los sectores llanos adyacentes.

Los cerros islas y la cordillera costera deben forestarse con especies autóctonas, su mejor destino será servir de pulmones vegetales a la ciudad, crear en ellos parques y museos naturales bien protegidos de la erosión.

- 3.- Las aguas fluviales que riegan la llanura atraen la instalación de Industrias, pero perturban las comunicaciones y amenazan con inundaciones estacionales el medio geográfico vecino.

Las terrazas ribereñas del Bío Bío y Andalién son sitios ideales para paseos, pero en ningún caso buenos suelos de fundación urbana. El régimen fluvial de los dos sistemas hidrográficos sufre un enorme crecimiento del caudal en período invernal ocasionando en estas áreas fuertes desbordes. La construcción de barreras y rellenos ostaneros, si bien canalizan los ríos y aminoran las inundaciones constituyen sitios muy inestables, de gran aceleración sísmica local. Es allí donde se pro-

duce fácilmente, deslizamientos laterales, fenómenos de compactación y derrumbes cuando la ciudad es azotada por terremotos.

4.- La mayor parte del sitio urbano de Concepción está constituido por dos grupos de sedimentos igualmente inestables y comprensibles: suelos arenosos, sueltos, dunarios muy permeables o suelos arcillosos, orgánicos, muy impermeables y anegadizos. En estas condiciones es imposible la construcción de una ciudad alta; cualquier movimiento sísmico de importancia podría producir licuaciones o asentamientos, desastrosos para construcciones pesadas.

5.- Finalmente como se constata a través de su historia, la llanura litoral de Concepción-Talcahuano es de una gran movilidad tectónica y sísmica.

Estructuras falladas, pendientes monoclinales y glacioeustatismo, organizan las principales unidades de relieves y compartimentan la depresión fluviomarina.

Cada cuarenta años, por lo menos, la ciudad es azotada por un terremoto destructivo acompañado de maremoto.

Esta inestabilidad se debe a su posición pericontinental, vecina a una cordillera volcánica joven con predominio de estructuras falladas. Efectivamente, cada terremoto está asociado a desgarramientos de fallas activas localizados muy cerca de la costa regional, como la falla de Arauco.

Aunque las fallas que limitan o accidentan el graven son relativamente estables, las unidades estructurales separadas por ellos han sufrido solevantamientos, subsidencias, derrumbes en vertientes de equilibrio precario o basculamientos al momento del paso de las ondas sísmicas, agravando los efectos.

Sintetizando, las limitaciones y ventajas geográficas del emplazamiento y localización de las ciudades estudiadas, están ligadas al mar.

El carácter litoral que favoreció la elección del sitio de la ciudad militar, capital de Frontera en el momento en que las comunicaciones terrestres eran difíciles, es el mismo que les impone limitaciones de tamaño y motiva el desarrollo de una ciudad industrial mediana, expandida a lo largo de la costa, estructurada por construcciones livianas y protegida de bosques.

Ligadas a él en su génesis, están además sus recursos energéticos carboníferos, sus bahías abrigadas y regularizadas con fondos adecuados para buenos puertos, sus playas y su clima templado casi mediterráneo.

Fuente de alimentos de consumo inmediato, fuente de materias primas industriales, vía de comunicación y transporte nacional e internacional, pintoresco marco turístico, seguirá siendo el mar el gran recurso natural regional. Si se considera con precaución las dificultades geográficas del sitio, la conurbación Concepción-Talcahuano podría asumir en el futuro el control regional, sin la grandeza de los metrópolis clásicas, pero a la vez sin sus graves problemas ecológicos y en un medio geográfico urbano bello y moderno.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Centro Interdisciplinario de Estudios Regionales
1978. Universidad Católica de Chile-Sede Thno.
"Concepción Metropolitano. Cartografía Preliminar"
- 2.- Galli Oliver, Carlos y Lemke, Richard W. 1963
"Investigación de Geología aplicada a la Ingeniería".
Provincia de Concepción I.I.G.
Boletín Nº 13.
- 3.- Galli O., Carlos y Lemke, R.W. 1967.
"El suelo de Fundación de Concepción"
Estudios Geotécnicos Nº 2, Instituto de Investigación Geológica.
- 4.- Laugenie, Claude. 1971. Departamento de Geografía.
Universidad de Concepción.
-"Croquis Geomorfológico Tomé-Lota".
-"Esbozo Morfoestructural de Chile Meridional".
-"La Llanura de Concepción-Talcahuano. Croquis geomorfológico".
- 5.- Mardones Flores, María 1975
Departamento de Geografía, Universidad de Concepción.
-"Características Geomorfológicas de la 8ª Región".
Artículo Diario El Sur Noviembre-18-1975. Escolaridades.
-"El espacio urbano de Concepción-Talcahuano: Características del Sitio". Informe y Cartografía elaborada para Cormu. 1975.
-"El sitio de la Ciudad de Talcahuano"
Artículo Diario Color Noviembre 6 - 1975
-"La Meseta de Hualpén"
Diario El Sur de Concepción. Marzo 21- 1976.

- 6.- Poblete, Mauricio y Ricardo Dobry 1967.
"Modelo Dinámico del Subsuelo de Concepción"
Memoria de Título Facultad de Ciencias Físicas
y Matemáticas. Universidad de Chile, Santiago.

- 7.- Saint Amant, Pierre 1961.
"Observación e interpretación de los terremotos
chilenos de 1960". Comunicaciones de la Escuela
de Geología Año Nº 2- Universidad de Chile.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas,
Santiago de Chile.

- 8.- Veyl Oñat, Carlos 1961.
"Contribución al Conocimiento de la Geología Re-
gional de la Provincia de Concepción".
Instituto de Química. Departamento de Geología.
Universidad de Concepción.

- 9.- Weischet, W. 1960.
"Contribución al Estudio de las transformaciones
geográficas en la parte septentrional del Sur
de Chile por efecto del sismo del 22 de Mayo 1960"
Anales de la Facultad de Ciencias Físicas y Ma-
temáticas. Universidad de Chile. Instituto
de Geología. Vol. 17 Publicación Nº 15 Santiago.

LEYENDA

CROQUIS GEOMORFOLOGICO DEL SITIO DE CONCEPCION

A.- DATOS ESTRUCTURALES

- 1.- Línea de falla probable.
- 2.- Línea de falla

B.- TIPOS DE RELIEVE:

La Cordillera de la Costa.

- 3.- Altas superficies disectadas de granito paleozoico, afectadas por escarpes de Falla, con fuertes pendientes
- 4.- Relieves graníticos sin problemas de pendiente.
- 5.- Escarpe de Falla.
- 6.- Vertientes de erosión.

El graven de Concepción

Los Relieves monoclinales:

- 7.- Cerros Islas de material sedimentario, principalmente areniscas continentales y/o marinas, con fuertes pendientes topográficas.
- 8.- Idem - Con pendientes débiles.
- 9.- Escarpe de falla y frente monoclinal.
- 10.- Acantilados muertos de débil altura.
- 11.- Escarpes de Erosión y acantilados muertos vigorosos.

La llanura arenosa.

- 12.- Alta terraza de arenas negras del Bío Bío, de fines del Würm.
- 13.- Terraza superior arenosa modelada en dunas con limos asociados.
- 14.- Terraza areno.-limosa del Andalién. Depósitos actuales.
- 15.- Escarpe de terraza bien definido.
- 16.- Escarpe de terraza probable.
- 17.- Sectores anegadizos y pantanos. Pajonales turbosos.
- 18.- Antiguo curso del Bío Bío.
- 19.- Dirección de las defluviaciones abandonadas.

Formas de Erosión y acumulación local

- 20.- Escarpe de corona de área deslizada reciente.
- 21.- Erosión de vertientes. Cabeccras de quebradas y rinconadas.
- 22.- Conos de coluviones de arena granítica y rocas sedimentarias clásticas.
- 23.- Sedimentos actuales del lecho mayor del Bío Bío.

C.- HIDROGRAFIA:

- 24.- Lagunas
- 25.- Río
- 26.- Esteros

D.- ACCION ANTROPICA

- 27.- Relleno artificial
- 28.- Corte en camino.

E.- TOPONIMOS.

Relieve

- 1.- Cerro Caracol
- 2.- Cerro La Pólvara
- 3.- Cerro Chepe
- 4.- Cerro Laguna Redonda
- 5.- Cerro Lo Galindo
- 6.- Cerro Chacabuco

Hidrografía

- L.R. Laguna Redonda
- T.P. Laguna Las Tres Pascualas
- L.G. Laguna Lo Galindo
- L.C. Laguna Lo Custodio
- L.M. Laguna Lo Méndez

INDICE DE MATERIAS

INTRODUCCION	
LA CIUDAD Y SU MEDIO GEOGRAFICO	Pgs. 1 - 5
I.- EL SITIO DE LAS CIUDADES DE CONCEPCION Y TALCAHUANO.	Pgs. 6 - 32
1.- EL MARCO FISICO GENERAL.	Pgs. 6 - 7
2.- ANALISIS DE LAS UNIDADES GEOMORFOLOGICAS.	Pgs. 7 - 31
a) EL HORST OCCIDENTAL DE GRANITO Y PIZARRAS, PALEOZOICAS.	Pgs. 7 - 13
- El horst de Tumbes.	Pgs. 8 - 11
- Los Cerros Teta y la Meseta de Hualpén.	Pgs. 11 - 13
b) LA CORDILLERA DE LA COSTA Y EL ESCARPE DE FALLA DE CONCEPCION.	Pgs. 13 - 18
- El modelado de la CC.	Pgs. 14 - 15
- El escarpe de Falla	Pgs. 15 - 16
- Los Valles.	Pgs. 16 - 18
c) EL GRAVEN DE CONCEPCION Y LA LLANURA DE ARENAS REGRAS DEL BIO BIO.	Pgs. 18 - 28
- La alta terraza aluvial.	Pgs. 19 - 21
- La llanura occidental: un delta submarino emergido.	Pgs. 21 - 28
d) LOS INSELBERGOS TERCIARIOS.	Pgs. 28 - 31
II. LA EVOLUCION GEOMORFOLOGICA DE LA FOSA DE CONCEPCION.	Pgs. 32 - 33.
III. EL COMPORTAMIENTO DE LA FOSA DE CONCEPCION FRENTE A LOS MOVIMIENTOS SISMICOS.	Pgs. 34 - 41

1.- EFECTOS TECTONICOS PROVOCADOS POR LOS SISMOS EN LA FOSA DE CONCEPCION.	Pgs.35 - 38
2.- OTROS EFECTOS SISMICOS.	Pgs.38 - 41
- Deslizamientos.	Pgs.38 - 39
- Túmulos de fango.	Pgs.39 - 40
- Fenómenos de compactación.	Pgs.40 - 41
IV. EL NIVEL FREATICO EN LA ALTA TERRAZA DE CONCEPCION Y EN ALGUNOS PUNTOS DEL SITIO DE TALCAHUANO.	Pgs.42 - 47
V. TIPOLOGIA DE SUELOS DE FUNDACION EN LA LLANURA DE CONCEPCION-TALCAHUANO.	Pgs.48 - 58
1.- Suelos que no presentan dificultades al emplazamiento urbano.	Pgs.48 - 50
2.- Suelos que presentan inconvenientes a su ocupación.	Pgs.50 - 52
3.- Sitios inadecuados al asentamiento urbano.	Pgs.52 - 58
VI. CONCLUSIONES:	
La llanura de Concepción-Talcahuano un emplazamiento inadecuado para una gran metrópoli regional.	Pgs.59 - 62

INDICE DE CARTAS Y GRAFICOS

- Fig. 1 Localización de las ciudades de Concepción y Talcahuano.
- Fig. 2 Croquis geomorfológico del sitio de Talcahuano.
- Fig. 3 A Las principales unidades de relieve: El litoral Tomé - Lota.
- Fig. 3 B Corte topográfico geológico de la Fosa Estructural de Concepción - Talcahuano.
- Fig. 4 A Corte topográfico - geológico transversal del Horst de Tumbes.
- Fig. 4 B Corte topográfico - geológico Longitudinal del Horst de Tumbes.
- Fig. 5 Cortes topográfico - geológicos de la plataforma de Hualpén y Cerros Tetas.
- Fig. 5 A Corte transversal Cerro Teta Sur - Plataforma de Hualpén.
- Fig. 5 B Corte Longitudinal Cerros Teta Norte y Sur.
- Fig. 5 C Corte Longitudinal Plataforma de Hualpén.
- Fig. 6 Nivel medio mensual del Bío Bío (1967) y precipitaciones en mm. (gráfico).
- Fig. 7 Croquis geomorfológico del sitio de Concepción.
- Fig. 8 Localización de muestras
Análisis granulométricos de muestras sedimentológicas del sitio de Talcahuano.
- Fig. 9 Gráficos de Análisis.
- Fig.10 Carta tectónica de la llanura de Concepción.
- Fig.11 Comportamiento tectónico de la Fosa de Concepción frente a los sismos de 1960 y 1939.

- Fig.12 Esquema de Isolíneas de napa freática en Concepción.
- Fig.13 A Corte topográfico ESE - ONO de la napa freática en la llanura de Concepción y su relación con la litología.
- Fig.13 B Corte topográfico N - SE de la napa freática en la llanura de Concepción y su relación con la litología.
- Fig.14 A Influencia de la precipitación mensual en la variación de la napa freática en el centro de Concepción (1967).
- Fig.14 B Nivel freático medio mensual sobre el nivel del mar en el centro de Concepción - 1967.

