



## **GEOLOGIA URBANA DE TALCAHUANO**

**Jorge Quezada\*, Adriano Cecioni\*, Harry Esterio\*, Verónica Pineda\***

### **RESUMEN**

En la comuna de Talcahuano, existen sedimentos inconsolidados, rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias con un alto grado de meteorización y discontinuidades físicas. La ocupación antrópica de los cerros donde afloran estas rocas y de los antiguos lechos fluviales, puede generar pérdidas como consecuencia de terremotos, remociones en masa, inundaciones y anegamientos. Se presenta un mapa con las zonas de mayor riesgo geológico, en relación a las características geológicas que permitiría minimizar los efectos de estos fenómenos efectuando una planificación urbana adecuada.

### **1. INTRODUCCION**

La Comuna de Talcahuano es la segunda en número de habitantes de la VIII Región. Su rápido crecimiento como zona portuaria, industrial y residencial, se realizó sin una planificación adecuada, que a simple vista, se manifiesta por su gran contaminación. Menos evidentes, son los riesgos geológicos originados por fenómenos naturales periódicos. El presente estudio pretende señalar los riesgos geológicos de la Comuna de Talcahuano, en relación a las características geológicas del lugar.

### **2. MARCO GEOGRAFICO**

La comuna de Talcahuano se localiza en la zona costera de la VIII Región, al NW de la ciudad de Concepción (Fig. 1). La ciudad de Talcahuano se emplaza en el centro de la comuna y sus coordenadas geográficas son 36°43' S y 73°06' W. El área de la comuna es de 148,2 km<sup>2</sup> y su población es de 248.543 habitantes (según censo de 1992), siendo la de mayor densidad de la Región del Bío Bío con 1.677,1 habitantes/km<sup>2</sup>. Como rasgos del relieve, se distingue una extensa llanura deltaica, localizada al Norte del río Bío Bío, entre las penínsulas de Hualpén y Tumbes por el Oeste, la Cordillera de la Costa por el Este y la Bahía de Concepción por el Norte. La llanura es interrumpida por cerros isla como San Miguel, San Martín, Las Pulgas, Cerro de la U, Cerro Verde, El Morro y David Fuentes cuyas cotas no sobrepasan los 90 m y están muy erosionados. Las Penínsulas de Hualpén y Tumbes corresponden a plataformas de abrasión marina y sus altitudes no sobrepasan los 200 m, no obstante, sobresalen de la Península de Hualpén los cerros Teta Norte (238 m) y Teta Sur (246 m), que constituyen las mayores elevaciones de la zona.

### **3. MARCO GEOLOGICO**

Las unidades litológicas que se presentan en el área de estudio se ilustran en la Fig.2 y son:

A) Rocas metamórficas (Pzm), de edad Carbonífero Superior, corresponden a filitas y esquistos, que corresponden a la Serie Oriental del Basamento Metamórfico que se distribuyen en las Penínsulas de Hualpén y Tumbes e Isla Quiriquina.

\* Universidad de Concepción. Depto. Ciencias de la Tierra.  
Casilla 3-C, Concepción, Chile.

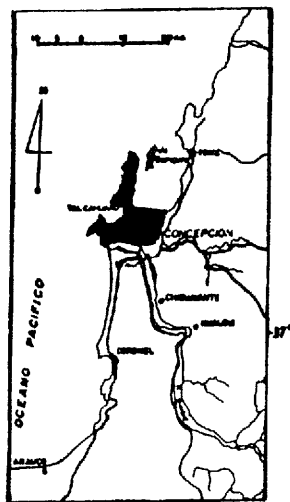


Fig. N°1.  
Mapa de localización

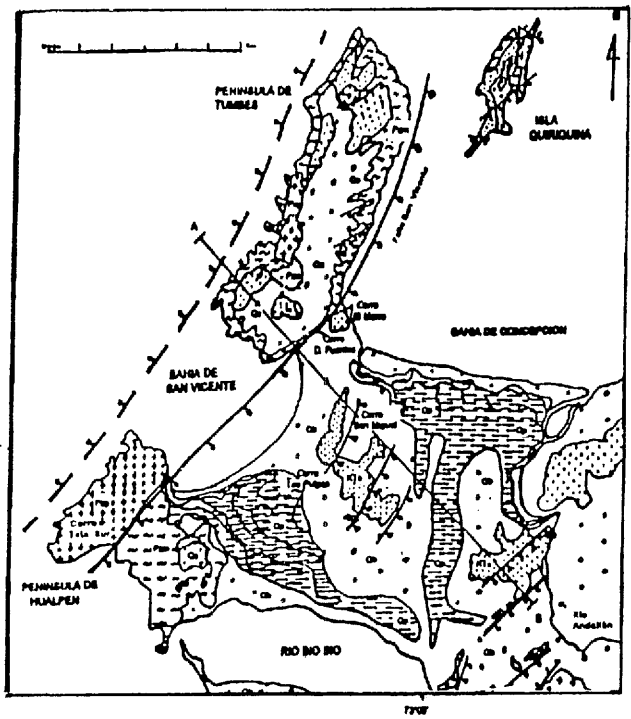


Fig. N°2  
Plano Geológico de Talcahuano

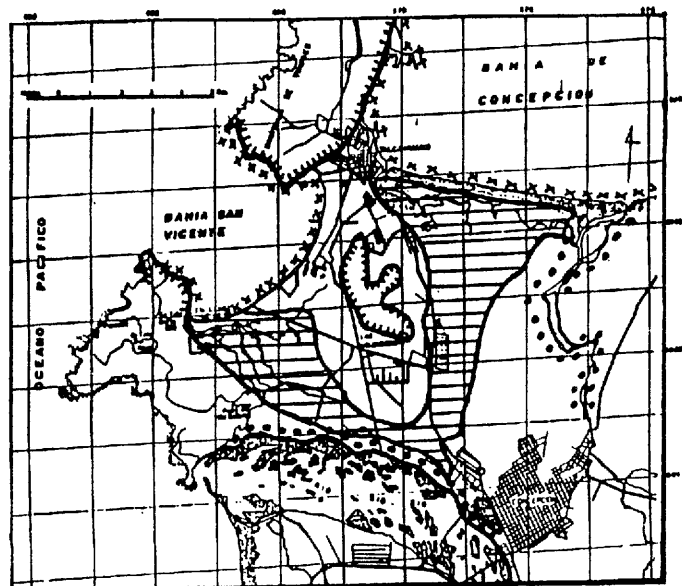
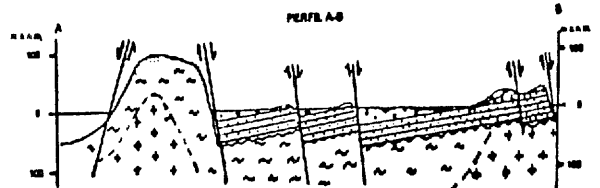


Fig. N°3.  
Riesgo geológico en la  
Comuna de Talcahuano

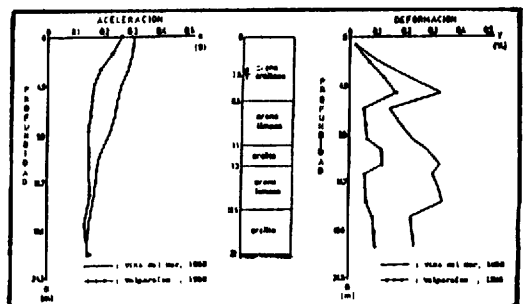


Fig. N°4  
Amplificación dinámica en el suelo del  
centro de Talcahuano (Gutiérrez, 1985<sup>3</sup>)

La foliación  $S_1$  es penetrativa, de rumbo E-NE y manteos variables entre  $40^\circ$  y  $70^\circ$  al Norte. En forma superpuesta, existe un plegamiento caracterizado por pliegues abiertos de gran radio de curvatura y poca amplitud y apretados pliegues tipo chevron. Sus ejes presentan rumbo E-NE y buzamiento variable. La intensa meteorización de estas rocas, genera arcillas rojas muy potentes y de gran expansividad.

B) Rocas Intrusivas (Pzg), de edad Carbonífero Superior, corresponde a granito y granito alcalino que intruyen a las rocas metamórficas y son asignadas al Batolito de la Costa. Estas rocas se distribuyen en el sector occidental de las penínsulas de Hualpén y Tumbes y se caracterizan por presentar cristales tabulares centimétricos de feldspatos. La meteorización de estas rocas forma el maicillo, material limoso que favorece la ocurrencia de procesos de remoción en masa debido a su baja cohesión (1).

C) Rocas sedimentarias (KTa). Corresponden a areniscas de las formaciones Quiriquina de edad Cretácico Superior y Curanilahue, de edad Eoceno Inferior. Las areniscas de la Formación Quiriquina son de origen marino somero y se caracterizan por abundante fauna cretácica, en cambio, las de la Formación Curanilahue, son de origen continental-litoral y tienen mantos de carbón. Se distribuyen en los cerros islas, Sur de Península de Tumbes e isla Quiriquina y sobreyacen en discordancia a las rocas metamórficas y graníticas. Entre la Formación Quiriquina y Formación Curanilahue, existe una discordancia de erosión. La potencia máxima de la cobertura sedimentaria es de 80 m. El rumbo de las capas fluctúa entre  $N30^\circ E$  y  $N60^\circ E$  y manteos entre  $5^\circ$  y  $15^\circ$  al NW. La meteorización de estas rocas origina limonita bandeada que disminuye la cohesión de estas rocas y arcillas.

D) Sedimentos inconsolidados (Qb, Qp, Qs). Corresponden principalmente a arenas medias negras constituidas principalmente por basalto, depositadas por el río Bío Bío (Arenas del Bío Bío, Qb). Este río, durante el Pleistoceno Superior formó un extenso delta, existiendo brazos que desembocaban en las bahías de Concepción, San Vicente y golfo de Arauco. Los depósitos de arena, originaron la llanura actual que permitió la comunicación entre las penínsulas de Tumbes y Hualpén y los diferentes cerros que formaban antiguas islas litorales, tal como la Isla Quiriquina. Existen niveles con abundantes bivalvos que indican variaciones del nivel del mar. La potencia estimada de este depósito en el área de estudio, es inferior a 60 m. Existen otros depósitos inconsolidados constituidos principalmente por limos que se desarrollan entre el río Bío Bío y las bahías de Concepción y San Vicente (Qp), que corresponden a antiguos lechos del río Bío Bío. En las penínsulas de Hualpén y Tumbes, existe una importante cubierta de suelo (Qs), originada por la meteorización de rocas graníticas y metamórficas y el desarrollo de abundante vegetación.

Estructuralmente, se tiene que el área de la comuna de Talcahuano corresponde a un horst y una fosa tectónica. El horst es conformado por las penínsulas de Hualpén y Tumbes y está limitado por fallas normales de rumbo Norte-Sur. Una de ellas es la Falla San Vicente, que se encuentra activa (2). La fosa corresponde a la Bahía de Concepción, limitada por la Cordillera de la Costa por el Este y el horst mencionado por el Oeste. Hacia el Sur, la fosa es rellenada por sedimentos inconsolidados fluviales de los ríos Bío Bío y Andalién, constituyendo la llanura deltaica. Los cerros islas que sobresalen de esta llanura, corresponden a bloques tectónicos basculados hacia el NW, limitados por fallas normales subverticales de rumbo NE-SW. La fosa se extiende hacia el Sur en dirección a Concepción, siendo limitada por la Falla Caracol (2, 5). Todas estas estructuras, indican una tectónica distensiva, que afecta tanto al basamento como a la cobertura, que actuó a partir del Eoceno.

#### 4. RIESGOS GEOLOGICOS

Sobre la base de lo anterior, existen diferentes riesgos geológicos en la Comuna de Talcahuano:

## 4.1 TERREMOTOS

La sismicidad del área costera de la VIII Región, se caracteriza por la gran magnitud que alcanzan los terremotos y su actividad pulsatoria, lo que significa que existe un gran período de quietud sísmica donde se acumula progresivamente la energía que se libera de una sola vez. Desde la época colonial, la historia sísmica indica un terremoto por siglo, con epicentro en el Océano Pacífico al NW de Talcahuano, cerca del litoral (1570, 1657, 1751 y 1835), los cuales originaron tsunamis. El de 1751, destruyó la antigua ciudad de Concepción, que se emplazaba en la actual Penco en el sector sudeste de la bahía de Concepción. El terremoto de 1835 provocó movimientos relativos de la Isla Quinquina y la Cordillera de la Costa. A pesar de que el desarrollo de Talcahuano como ciudad puerto comenzó después del traslado de la ciudad de Concepción, no se consideró para su emplazamiento el riesgo sísmico. El principal proceso asociado a un sismo que puede afectar la ciudad de Talcahuano, es un tsunami cuyo frente de ondas provenga del Norte, pues la bahía de Concepción es abierta en esa dirección, lo que junto a su poca profundidad, favorece el fenómeno de resonancia o amplificación de las ondas. Además, un sismo tsunamigénico cercano, significa que existe muy poco tiempo entre la ocurrencia del evento sísmico y el tsunami. Tsunamis provenientes del SW (4), serían atenuados en la Bahía de Concepción por el efecto de barrera de las penínsulas Lavapié, Hualpén y Tumbes, tal como ocurrió en 1960. Otro fenómeno generado como consecuencia de un sismo, es la compactación de sedimentos, que en el área de Talcahuano presenta condiciones favorables a su ocurrencia. Debido a que las Arenas del Bío Bío se depositaron rápidamente, existe abundante porosidad primaria rellena con agua, condición que favorece el fenómeno de licuefacción. Los puertos de Talcahuano y San Vicente, pueden verse seriamente afectados debido al uso de rellenos que se pueden compactar durante el sismo. La amplificación dinámica es otro fenómeno presente en el suelo de Talcahuano (3). Este fenómeno se manifiesta como un aumento de la amplitud y tiempo de las ondas sísmicas, debido a su paso por un medio de alta velocidad (rocas cristalinas), al de uno de baja velocidad (arenas inconsolidadas). En la ciudad de Talcahuano, este fenómeno puede verse favorecido además, por la poca profundidad a la que se encuentran las rocas bajo el suelo arenoso (30m aprox.). Existen modelos computacionales que permiten estimar cuantitativamente la amplificación dinámica (Fig. 4), que consideran la estratigrafía del subsuelo y las velocidades de las ondas en las diferentes capas. No obstante, para una descripción global del fenómeno, se debe determinar cambios de la estratigrafía del suelo y profundidad del basamento que no son constantes. Por último, hay que considerar la presencia de las fallas activas, como la Falla San Vicente (2) que tuvo desplazamientos decimétricos en los terremotos de 1939 y 1960, pueden provocar daños adicionales a las obras civiles.

## 4.2 REMOCIONES EN MASA

Estos procesos se manifiestan principalmente en las laderas de los cerros que corresponden a escarpes de falla (principalmente laderas Sur y Este). Este fenómeno se ve favorecido por la ocurrencia de abundantes precipitaciones en invierno, deforestación, rocas muy meteorizadas, discontinuidades físicas y cambios antrópicos. Los más comunes son las remociones en masa de tipo rotacional. Los materiales involucrados en estos procesos son principalmente, rocas metamórficas meteorizadas y arcillas. Los principales casos son producto de causas antrópicas debido a cortes de pie de taludes. Un ejemplo de este tipo, ocurrió el verano pasado en el Cerro Comou resultando 3 personas lesionadas. El manto de las rocas estratificadas es hacia el noroeste, por lo que taludes realizados en esa dirección, pueden ser susceptibles a la ocurrencia de remociones en masa de tipo traslacional. Las discontinuidades heredadas de la roca original en materiales meteorizados como diaclasas y foliación, favorecen la infiltración de agua y por lo tanto, una disminución de la cohesión. Un problema de subsidencia puede ocurrir en sectores del cerro David Fuentes donde los mantos de carbón en las areniscas de la Formación Curanilahue, han sido explotados artesanalmente como pirquenes.

## 4.3 ANEGAMIENTOS E INUNDACIONES

Estos fenómenos se deben a la ocurrencia de intensas lluvias en invierno. El promedio anual es de 1.200mm. Los anegamientos se producen en la llanura deltaica, principalmente en paleocursos del río Bío Bío en la zona intercomunal de Talcahuano-Concepción-Penco, en las vecindades de la marisma de Rocuant (Canal el Morro), desembocadura del río Andalién y el estuario de Lengua en la bahía de San Vicente. Suelos finos impermeables, localizados en estos sectores, favorecen la ocurrencia de este proceso. Las inundaciones se originan principalmente, por las crecidas del río Bío Bío. El curso de este río, describe una gran curvatura hacia el Oeste, quedando la ribera convexa (erosiva) en el Norte. La velocidad de la corriente es máxima en este sector, por lo que el riesgo de desborde es muy alto. Se considera riesgoso si el nivel del agua supera los 8 m. En la actualidad, existen numerosas edificaciones que se están fundando sobre el lecho de inundación y paleocursos del río Bío Bío (Sectores de Hualpencillo e Intercomuna Concepción Talcahuano), limitando con los rellenos, la infiltración y escorrenría naturales. Por otro lado, el río Andalién que desemboca en la Bahía de Concepción al Este de Talcahuano, tiene un caudal medio de 10 m<sup>3</sup>/s, el que en crecidas excepcionales, puede superar los 300m<sup>3</sup>/s. El flujo e infiltración de sus aguas es hacia el Oeste, pudiendo conectar con el Canal El Morro y amenazar el cabezal Norte del Aeropuerto Carriel Sur.

## 5. CONCLUSIONES

\* El área de la comuna de Talcahuano, presenta riesgos geológicos como terremotos, remociones en masa, anegamientos e inundaciones. Un mapa actualizado sobre la geología urbana de Talcahuano, que señala las zonas más sensibles a la ocurrencia de estos fenómenos, puede mitigar los daños al facilitar una planificación urbana y conciencia ciudadana.

\* El riesgo sísmico se manifiesta principalmente por la ocurrencia de un tsunami proveniente del Norte. El área más sensible, es el Sur de la bahía de Concepción, entre las ciudades de Talcahuano y Penco. La amplificación dinámica tendría su máxima expresión en la ciudad de Talcahuano. Las fallas San Vicente y otras de carácter activo, pueden producir un daño adicional.

\* Los fenómenos de remoción en masa pueden ocurrir principalmente en laderas o cortes de cerros compuestos por rocas meteorizadas con muchas discontinuidades físicas o foliación en la misma dirección de la pendiente.

\* Las inundaciones se pueden manifestar en la ribera Norte del río Bío Bío. El río Andalién puede inundar la zona localizada entre Penco y Talcahuano al Sur de la bahía de Concepción. Los anegamientos se producirían en zonas bajas que fueron antiguos cursos del río Bío Bío.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) Cecioni, A; Quezada, J. 1994. Síntesis Preliminar de la Geología Urbana de Concepción in VII Congreso Geológico Chileno, U. De Concepción, Volumen N°1, pp 595-599. Concepción, Chile.
- (2) Galli, C. 1967. Geología Urbana y Suelo de Fundación de Concepción y Talcahuano. Informe inédito. Depto de Geología y Minerología, Universidad de Concepción. 248 pp.
- (3) Gutiérrez, A. 1985. Las Propiedades Dinámicas de los Suelos y su respuesta sísmica. Informe Inédito. Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería, Depto. Ing. Civil. 10 pp.
- (4) Mardones, M; Rodríguez, A.; Soto, J. 1994. Los Riesgos Naturales en la Comuna de Talcahuano in VII Congreso Geológico Chileno, U. de Concepción, Volumen N°1, pp 653-656. Concepción, Chile.
- (5) Quezada, J. 1996. Geología Urbana y Ambiental de la ciudad de Concepción. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Concepción. 143 pp. Concepción, Chile.