



# **INFORME: ESTRATIGRAFÍA SOCAVÓN NORTE CONCÓN REGIÓN DE VALPARAÍSO**

Edwin González Abarca

*Geólogo*



**INFORME TECNICO**

**SUBDIRECCIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA**

**NOVIEMBRE 2023**

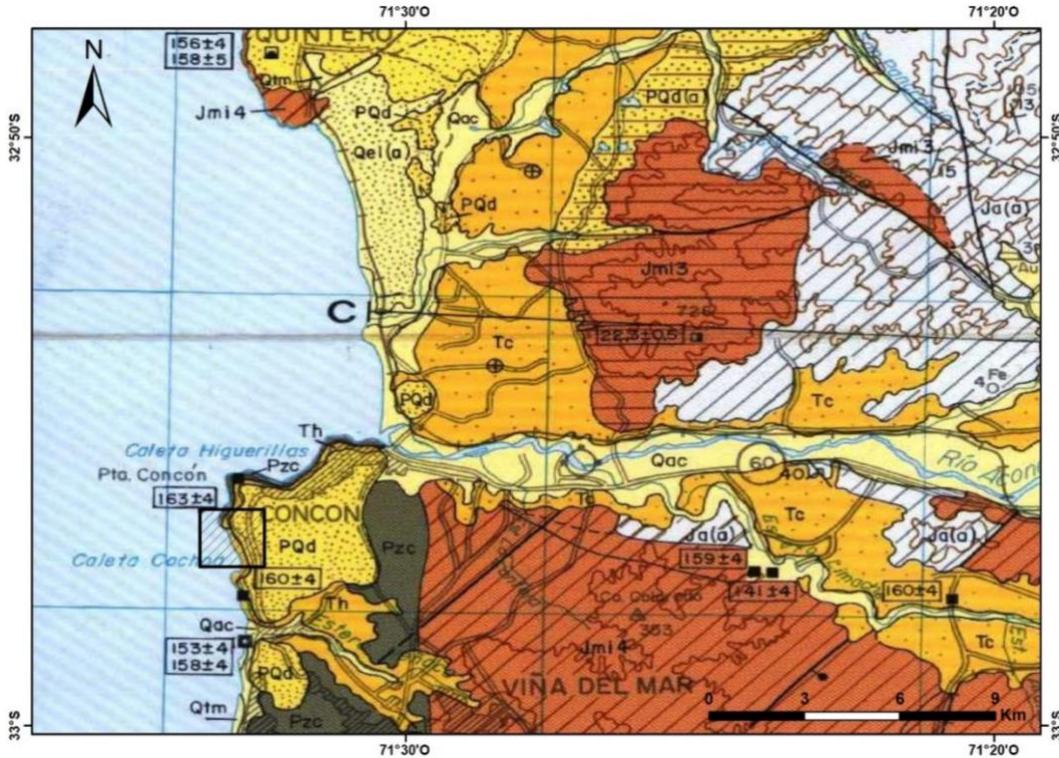
## **1. Introducción**

Los días 22 de agosto y 10 de septiembre de 2023 y en dos lugares del escarpe costero del sector denominado "Dunas de Concón" se generaron deslizamientos de arenas con la formación de la respectiva cárcava. Por otra parte, este sector, ubicado en el límite entre las comunas de Viña del Mar y la de Concón, es objeto de una creciente expansión inmobiliaria, que se ha traducido en la construcción de varios edificios de gran altura. Los deslizamientos dejaron en situación de inestabilidad y extremo riesgo de derrumbe a los más cercanos a las cárcavas. Esta emergencia ha sido enfrentada por diversas instituciones bajo la coordinación de SENAPRED. En el caso de SERNAGEOMIN y como consecuencia de las evaluaciones iniciales llevadas a cabo por profesionales del Departamento de Geología Aplicada y del de Geología General, se realiza un constante monitoreo mediante dron y el día 05 de octubre de 2023, este autor realizó trabajo en terreno con el objetivo de estudiar los estratos expuestos en las laderas de la cárcava. En este informe se compilan los antecedentes geológicos de las principales unidades que afloran dentro del área, se realiza una interpretación visual de las fotografías tomadas mediante dron y de los estratos vistos en terreno, y por último se realiza una columna estratigráfica con la compilación de observaciones e interpretaciones.

## **2. Objetivo**

Los objetivos de este estudio son:

- A. Revisar los antecedentes geológicos del área de Concón, Región de Valparaíso.
- B. Realizar una prospección en terreno y revisar las fotografías tomadas con dron por los profesionales de la Unidad de Geología Aplicada y correlacionar con los antecedentes reunidos.
- C. Realizar una columna estratigráfica e interpretar los ambientes sedimentarios representados en los sedimentos que quedaron expuestos en el Socavón Norte.



**Figura 1.** Mapa geológico del área de estudio, extraído de Hojas Quillota y Portillo (Rivano *et al.*, 1993): Unidad Cochoa **Pzc**, Formación Horcón **Th**, Formación Confluencia **Tc**, Sedimentos eólicos antiguos **PQd**, Sedimentos eólicos y litorales **Qel**.

### 3. Antecedentes geológicos

La geología de la costa de la Región de Valparaíso (33°S) se caracteriza por los afloramientos de la Formación Horcón, los cuales están representados por una morfología característica de terrazas de abrasión marina y acantilados, denominados por Giménez (2012) como acantilados activos que están expuestos por 8 Km de extensión en todo el sector comprendido entre caleta Horcón y el sector norte de Maitencillo (Carrillo-Briceño *et al.*, 2013) y también unos kilómetros más al sur en el estero Reñaca y borde costero de Concón (Rivano, *et al.* 1993). En la parte alta de los acantilados han sido descritos depósitos de arenas de edad Pleistoceno-Holoceno, los que debido al transporte eólico de sus componentes presentan morfologías de duna de tipo barján y parabólicas (Cuevas, 2017).

La Formación Horcón fue recientemente descrita como una unidad geológica depositada en un contexto de regresión marina (disminución del nivel del mar y avance de la línea de costa hacia el oeste), que evidenciaría el paso de un ambiente de plataforma continental a un ambiente de estuario y posteriormente deltaico (Fernández, 2020). Estos estratos corresponden a arenas, limos y arcillas de colores claros y ocasionales niveles de gravas (Thomas, 1958). La sedimentación continental contemporánea quedó registrada en la Formación Confluencia, que corresponde a gravas, arenas y limos semi consolidados. La edad ¿miocena-pliocena? de la Formación Confluencia ha sido determinada tentativamente en base a relaciones de contacto con la Formación Coquimbo en el norte (32°S) y con la Formación Horcón en el área de estudio (Rivano *et al.*, 1993; Cuevas 2017). La relación estratigráfica entre estas formaciones suele estar enmascarada por los depósitos eólicos y aluviales recientes (Rivano *et al.*, 1993).

A continuación, se hace una descripción detallada de las unidades sedimentarias expuestas en las paredes de la cárcava del Socavón Norte (Fig.3), ordenadas de más antigua a más moderna. Se ha excluido en este apartado la descripción del basamento cristalino (Unidad Cochoa Pzc).

### **FORMACIÓN HORCÓN (Mioceno Medio-Pleistoceno Inferior)**

**Definición, distribución y relaciones estratigráficas.** Definida originalmente por Thomas (1958) como un conjunto de sedimentos compactados estratificados, que afloran en los acantilados costeros entre Caleta Horcón y Maitencillo y que se extienden hasta los pies de los cerros de Puchuncaví (Thomas, 1958; Cuevas, 2007). Posteriormente Rivano *et al.* (1993) sugieren incluir dentro de esta formación a los sedimentos litorales que forman parte del acantilado costero entre Viña del Mar y Concón, además de reconocerla en los cortes y esteros de quebradas de las planicies litorales entre los ríos Aconcagua y Catapilco, y en diferentes sitios hacia el continente, entre La Laguna y Cachagua, y en parte Quintero y Ventanas. Esta unidad se encuentra depositada en inconformidad sobre los granitoides paleozoicos pertenecientes a la Unidad Cochoa (Pzc) y engrana lateralmente con la Formación Confluencia (Mioceno-Plioceno) (Rivano *et al.*, 1993). El techo subyace en discordancia erosiva a depósitos aluviales y paleodunas de edad pleistocena/holocena (Thomas 1958; Álvarez, 1963).

**Litología.** La Formación Horcón está conformada por niveles sub-horizontales de arenas, arenas arcillosas, arcillas y limos de color gris a pardo con menores intercalaciones de gravas y coquinas, con una potencia mínima de 40 a 50 m. Según Carrillo-Briceño *et al.* (2013) en toda la secuencia estratigráfica de la Fm. Horcón, se puede distinguir un intervalo inferior, con un espesor que no supera los 8 m, caracterizado por una secuencia de gravas y arenas verdosas con algunas concreciones calcáreas de color blanco. Mientras que el intervalo superior estaría caracterizado por la presencia de capas finas a gruesas, de colores claros y poco consolidadas, las cuales se encuentran intercaladas con algunas capas de gravas, y clastos de hasta 10 cm, de forma redondeada, aplanada y discoidal, formando dos estratos bien definidos a lo largo de toda la secuencia, en estos niveles los fósiles son abundantes, y hasta el momento han sido reconocidos 60 taxones (Carrillo-Briceño *et al.*, 2013).

Fernández (2020) describe dos columnas estratigráficas de la Formación Horcón próximas a Concón, una en Playa Luna Sur y la otra en Caleta Horcón, con 17 y 10 m de potencia, respectivamente. Estas se conforman de paquetes de areniscas macizas a estratificadas de grano fino a medio, con moldes internos de bivalvos y gastrópodos, localmente bioturbadas y que hacia el techo poseen intercalaciones de gravas de tamaño de gravilla a canto, polimícticos matriz soportados, de base erosiva y clastos subredondeados. Para la secuencia expuesta en caleta Horcón describe que los niveles de arenas compactadas se intercalan entre arenas muy finas a muy gruesas y presentan intercalaciones de limos y arcillas, con estructuras como calcos de carga, laminación convoluta, laminación heterolítica y estratificación cruzada de bajo ángulo. Además, con menor presencia de bioturbaciones que en playa Luna Sur.

**Edades y correlaciones.** La Formación Horcón contiene fósiles de bivalvos en la base que sugieren edad Miocena (Tavera, 1960) y condrictios fósiles que sugieren una edad pliocena para el techo (Carrillo-Briceño *et al.* 2013). Los primeros estudios paleontológicos realizados por Tavera en 1957 (Thomas 1958) asignaron la fauna marina al Mioceno, mientras que estudios posteriores (Tavera, 1960) indicaron que la fauna de esta formación tiene formas que serían atribuibles al Mioceno (*Dentalium* sp. aff. *sulcasum* Sow. var. *mayus* Sow; *Balanus psittacus* Mol. var. *minor* Phil) y otras al Plioceno (*Monoceras pyrulatus* Phillippi; *Monoceras blavillei* d'Orb; *Monoceras doliaris* Phil; *Monoceras laevi* Phil; "Yoldia"?). En opinión de Covacevich (en Rivano *et al.*, 1993), si bien la fauna es esencialmente del Plioceno, no se puede descartar edades miocenas para la base de la Formación Horcón (Cuevas, 2017).

En base a dataciones U-PB en circones, la edad de la Formación Horcón comprende desde el Mioceno Medio a Pleistoceno temprano, e indican una máxima edad de depositación del Mioceno superior (Messiniano) para las paleodunas presentes en la base de esta misma ( $6.2 \pm 0.2$  Ma), una época pliocena (Zancleano) ( $4.1 \pm 0.1$  Ma) en la localidad de Mantagua y una época pleistocena temprana de edad calabriana ( $1.6 \pm 0.7$  Ma)) para la Formación Horcón en su localidad tipo en Caleta Horcón (Cuevas, 2017).

La Formación Horcón se correlaciona cronológicamente con las Formaciones Coquimbo y Bahía Inglesa Hacia el Norte, y 100 Km hacia el sur con las Formaciones neógenas que constituyen el Grupo Darwin, las formaciones Navidad, Licanheu, Rapel y La Cueva (Gutiérrez *et al.*, 2013).

**Ambiente de depositación.** Cuevas (2017) describe los afloramientos de Mantagua, Quintero y Marga-Marga, sugiriendo un ambiente marino que varía desde una plataforma continental a un ambiente deltaico, el cual correspondería a un delta tipo Gilbert, desarrollado en un ambiente de alta pendiente asociado a la Falla Marga-Marga. Mientras que, Fernández (2020) interpreta los niveles estratigráficos de sus 7 secciones descritas entre playa Las Ágatas, (al norte de Quirilluca) y Caleta Horcón como un sistema marino transicional, que en aproximadamente 20 m grada desde un ambiente de plataforma continental (frente de playa) en la base, a planicies de marea (estuario), frente deltaico y depósitos post litorales hacia el techo.

### **FORMACIÓN CONFLUENCIA (Mioceno Medio-Plioceno superior)**

Descrita por Espiñeira (1989) y definida como una secuencia de 50 a 100 m de espesor de gravas y ripios con intercalaciones de arenas poco consolidadas, donde las gravas presentan imbricaciones en sus clastos mayores (Rivano y Sepulveda, 1991). Rivano *et al.* (1993) enmienda la Formación Confluencia como gravas, arenas y limos semi-consolidados con intercalaciones calcáreas. Esta unidad yace en inconformidad sobre el Batolito Costero, engranando lateralmente al sur con la Formación Horcón y al norte con la Formación Coquimbo. A su vez subyace en discordancia de erosión a sedimentos eólicos y aluviales (Espiñeira *et al.*, 1989; Rivano *et al.*, 1993). La edad asignada a esta formación comprende el Mioceno-Plioceno, sugerida por los engranajes laterales con las formaciones Horcón y Coquimbo (Rivano *et al.*, 1993). Por su parte la Formación Confluencia es de carácter continental y está conformada por un Miembro 1 fluvial y otro Miembro 2 eólico. El Miembro 1 fue depositado por un río trenzado a meándrico en su desembocadura con carga de fondo dominante y el Miembro eólico 2, previamente señalado como paleodunas, representa campos de dunas de tipo barján, depositadas bajo un régimen de viento SW similar al actual (Cuevas, 2017).

### **SEDIMENTOS EÓLICOS ANTIGUOS O PALEODUNAS (PQd) Plioceno - Pleistoceno (Rivano *et al.*, 1993)**

Corresponden a sedimentos eólicos que se reconocen de manera discreta a lo largo de las planicies litorales y hacia dentro del continente de la CCW en Chile Central (Rivano *et al.*, 1993). Cubren tanto a las formaciones neógenas como a las rocas intrusivas paleozoicas y mesozoicas. Las arenas poco consolidadas son de color ocre con estratificación entrecruzada recurrente de unos pocos cm hasta 10 m. Su superficie ondulada y convexa indica dunas de tipo barjanes que se habrían depositado bajo direcciones de viento predominantemente NNE (Spalletti, 1980). Dadas las relaciones de contacto entre estos depósitos y las formaciones neógenas, se asigna una edad pliocena-pleistocena (Cuevas 2017).

### **SEDIMENTOS EÓLICOS Y LITORALES ACTUALES O RECIENTES (Qel) Cuaternario (Rivano *et al.* 1993, *emend.* Cuevas, 2017)**

Ubicados adyacentemente a la franja costera, se desarrollan al norte de puntas de acantilados (*headlands*) donde se resguarda de los vientos NNE y las corrientes marinas con dirección norte.

Reciben sus principales aportes sedimentarios de ríos que ayudan a construir los depósitos litorales como playas y al norte de ellas el viento construye depósitos eólicos con formas de dunas crecientes y morfologías parabólicas, en media luna y de barjanas (Cuevas 2017).

Dentro de los depósitos eólicos se reconocen distintos tipos: actuales y recientes (Fig. 4). Los depósitos eólicos actuales están representados por las dunas de Ritoque, adyacentes a la playa de Concón y al norte de la desembocadura del río Aconcagua, el cual aporta los sedimentos que son luego transportados por las corrientes marinas y eólicas desde el SW. Las dunas recientes, dunas colgantes o dunas de Concón están a una altura aproximada de 100 m s.n.m. emplazadas sobre el acantilado costero. Rivano et al (1993) incluyen las dunas de Concón dentro de la unidad Sedimentos eólicos antiguos o paleodunas (PQd) mientras que Cuevas (2017) las incluye dentro de los Sedimentos eólicos y litorales actuales o recientes (Qel), en este trabajo son incluidos dentro de este último grupo.



**Figura 2.** Mapa de ubicación de puntos de muestreo.

#### 4. Resultados

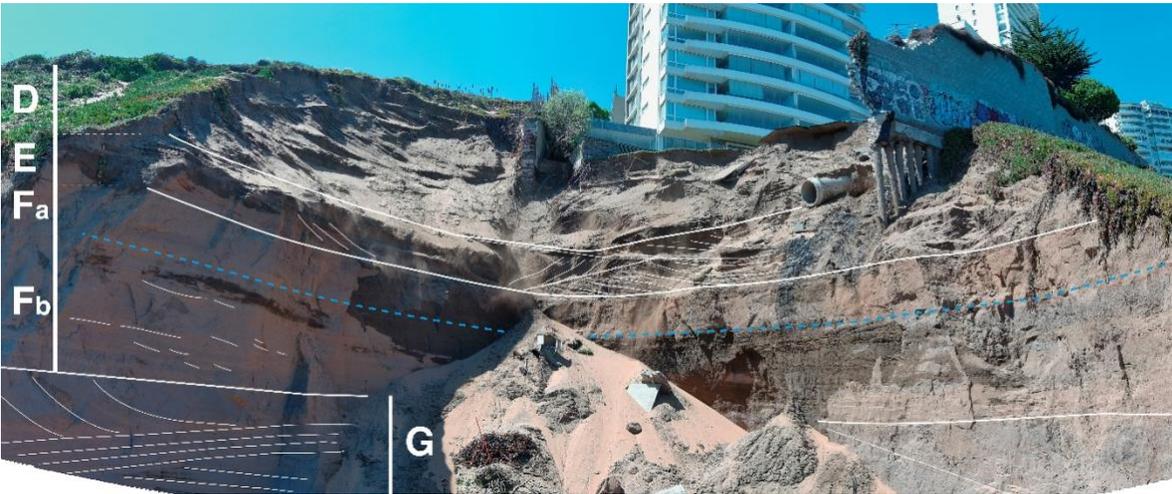
En este apartado se recoge la información geológica recabada durante el trabajo de prospección y análisis de las fotografías aéreas tomadas por los profesionales de la Unidad de Geología Aplicada. La descripción se realiza de techo a base.

De las aerofotografías, en el socavón norte de Concón desde el punto SOC-1, se logró identificar al menos 10 niveles con características estratigráficas distintivas. El Nivel A (fig. 3), ubicado por sobre la altura de avenida Costa Montemar, corresponde a arenas pobremente consolidadas, con aparentemente buena selección y estratificación cruzada (posiblemente de bajo ángulo). Mientras que para los niveles subyacentes B, C y D, no se observa un cambio sedimentológico, pero sí de disposición de los estratos, con estratificación cruzada de alto ángulo en sets de 2 a 4 m de espesor y cambios direccionales (figs. 3 y 4).

El Nivel E, ubicado bajo el colector (fig. 4), se conforma por 3 a 4 m de depósitos lenticulares de arenas con estratificación cruzada en artesas en sets de aproximadamente 1 m de espesor, cuya base es de tipo erosiva (fig. 4). Subyace el Nivel F, en el cual se observa un cambio de coloración, a gris pardo cálido y granulometría más fina, posiblemente a arenas arcillosas, se observan estructuras como: estratificación plana, estratificación cruzada de bajo ángulo y laminación ondulosa. Además, en este nivel se observa mayor retención del contenido de agua (fig. 4).



**Figura 3.** Mosaico de aerofotografías, se observan los niveles de arenas con estratificación cruzada A, B y C. A la derecha Edificio Kandinsky (Avda. Costa Montemar 80).



**Figura 4.** Mosaico de aerofotografías, se observan los niveles D, E, F y G. Arriba a la derecha Edificio Kandinsky (Avda. Costa Montemar 80), bajo este, tubo colector de aprox. 1 m de diámetro.

El Nivel G (figs. 4 y 5), aparentemente concordante con F, posee paquetes métricos de arenas con estratificación cruzada de bajo ángulo. Mientras que, para el Nivel H (fig. 5), se observa un cambio de coloración, a areniscas pardo-violáceas, levemente más oscuras, con una notoria estratificación cruzada sigmoidal, y a menor escala: laminación convoluta y calcos de carga, en el detalle se observa que este nivel posee intercalaciones centimétricas de limos-arcillas (figs. 5 y 6). El nivel I, subyace de forma erosiva a H, y posee una coloración pardo-claro, presenta estratificación plana a cruzada de bajo ángulo y clastos flotantes tamaño gravilla (fig. 6).



**Figura 5.** Mosaico de aerofotografías, se observan los niveles estratificados F, G y H. Arriba a la derecha Edificio Kandinsky (Avda. Costa Montemar 80), bajo este, tubo colector de aprox. 1 m de diámetro.



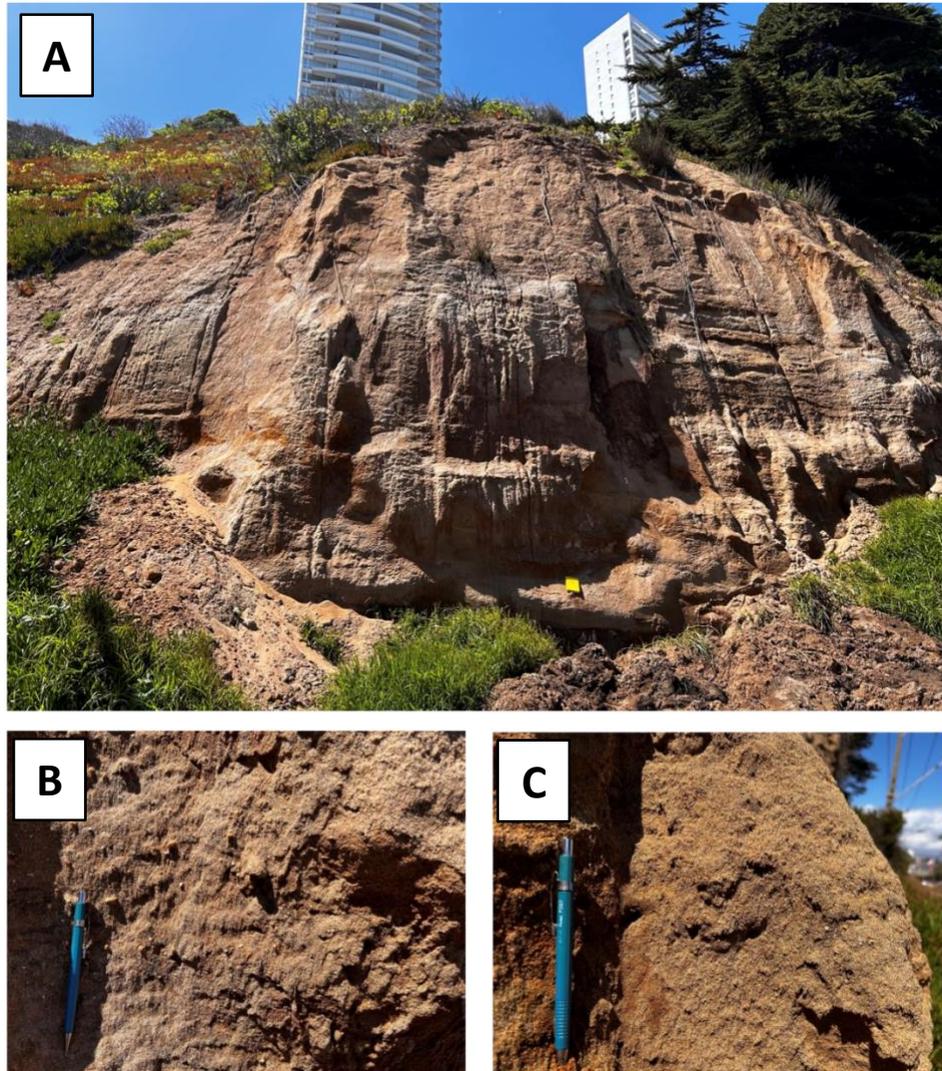
**Figura 6.** Mosaico de aerofotografías de los niveles estratificados H e I. Se observa estratificación y laminación convoluta en H y contacto basal erosivo y discordante.

Los niveles subyacentes al Nivel I no están claramente expuestos en el área del Socavón Norte y para continuar con los estratos subyacentes fue revisado un afloramiento de arenas semi consolidadas en el punto SOC-2 (fig.7), ubicado 30 m al sur del punto SOC-1, por el acceso de Avenida Borgoño.

En el punto SOC-2 (fig.-7), se observa un afloramiento de unos 8 a 10 m de espesor, compuesto por paquetes de 10 a 20 cm de areniscas pardo-anaranjadas semi consolidadas, de composición cuarzo feldespática y tamaño de grano medio a grueso, bien a moderadamente seleccionadas. Estos paquetes de areniscas presentan estratificación plana, ondulosa y cruzada de bajo ángulo, y presentan en su base intercalaciones de 5-10 cm de arenosas gravosas con guijarros de hasta 1 cm. Fue tomada una muestra de areniscas poco consolidadas de la base de esta sección (SOC2). Estas

areniscas continúan por lo menos por 10 metros más, bajo la avenida Borgoño, estando depositadas por sobre los granitoides paleozoicos de la Unidad Cochoa.

Aproximadamente 200 m hacia el noroeste del punto SOC-3, se observa techo de afloramiento que subyace en discordancia a las areniscas descritas en el punto previo, conformado por de granitos blanco-anaranjados y aparente dique de tonalita gris oscura pertenecientes a la Unidad Cochoa (Fig. 8). De manera complementaria, se observan en el punto SOC-4, niveles de areniscas con estratificación cruzada, ubicados por sobre el afloramiento de SOC2 y bajo los edificios afectados por el socavón (Fig. 5). Por último, fue obtenida una muestra de areniscas sobre el campo dunar de Concón en el punto SOC5, a modo de comparar con la muestra de areniscas SOC2.



**Figura 7.** A) vista general a afloramiento de areniscas estratificadas, punto SOC-2. B) areniscas gravosas C) Areniscas pardo-anaranjadas de grano medio y moderada selección.



**Figura 8.** Granitos y tonalitas del batolito costero, pertenecientes a la Unidad Cochoa, en discordancia bajo areniscas poco consolidadas.

#### **4. Discusión: Análisis estratigráfico**

De las paredes de la cárcava norte y del afloramiento de areniscas en el punto (SOC-2), se logró agrupar los niveles observados en 4 asociaciones de facies, posteriormente interpretadas como 4 ambientes depositacionales, que en conjunto corresponden a un ambiente regresivo que gradaba desde depósitos de frente de playa en la base, a un ambiente deltaico y posteriormente a un ambiente continental eólico en la parte alta. A continuación, se describe cada uno de los ambientes depositacionales desde la base al techo (Fig. 9):

**Ambiente Depositacional 1 (AD1).** Conformado por un mínimo de 20 m (niveles I, J y K; fig. 9), de intercalaciones de areniscas de color pardo grisáceo a pardo anaranjado, poco a semi consolidadas de composición cuarzo feldespática y tamaño de grano medio a grueso, bien a moderadamente seleccionadas. Estos paquetes de areniscas presentan estratificación plana, ondulosa y cruzada de bajo ángulo, y presentan en su base intercalaciones de 5-10 cm de arenas gravosas con guijarros de hasta 1 cm. Están depositadas por sobre los granitoides paleozoicos de la Unidad Cochoa. Para esta unidad se interpreta un ambiente de plataforma continental de mediana energía, posiblemente asociado al frente de playa superior y se correlaciona con la Asociación de Facies 1 descrita por Fernández (2020).

**Ambiente Depositacional 2 (AD2).** Conformado por 8,5 m de areniscas medias a gruesas, de color gris oscuro (niveles Gy H; fig. 9), presenta estratificación cruzada de bajo ángulo en el techo y estratificación cruzada sigmoidal en la base. En la parte basal presenta intercalaciones centimétricas de areniscas finas a limosas, que representan intermitencia de períodos de baja energía, laminación convoluta y calcos de carga. En este contexto, la laminación convoluta es atribuible a niveles finos subyacentes que actúan como planos de despegue y altas pendientes para la formación de esta. Debido a la presencia de laminación sigmoidal y períodos de poca descarga intermitentes (laminas finas de limos), esta unidad es interpretada como depósitos distales de frente deltaico y se correlaciona con la Asociación de Facies 3 descrita en Fernández (2020).

**Ambiente Depositacional 3 (AD3).** Arenas finas a medias, con intercalaciones de arenas limosas (o arcillosas), estratificación plana a cruzada de bajo ángulo y laminación ondulosa. Posee una potencia de 5 m (Nivel F; Fig. 9) y es interpretado como depósitos de llanura deltaica. Posiblemente asociados a un *lagoon* o llanura de inundación. Se correlaciona lateralmente con los depósitos de *backshore* descritos por Fernández (2020) en la localidad de Playa Luna Norte.

**Ambiente Depositacional 4 (AD4).** Conformada por un mínimo de 13 m, y corresponder a la parte alta de la sucesión e incluye a los niveles A, B, C, D y E (Fig. 9), que subyacen a las dunas activas del campo dunar de Concón. Este nivel se caracteriza por la presencia de estratos lenticulares de

arenas pardas poco consolidadas de grano medio, bien seleccionadas con estratificación cruzada planar en sets de 2 a 3 m, de dirección variable. Se encuentra depositada de manera erosiva sobre AF2 y es interpretado como un ambiente continental de dunas eólicas y asociado a la unidad Depósitos eólicos y litorales actuales o recientes (Cuevas. 2017).

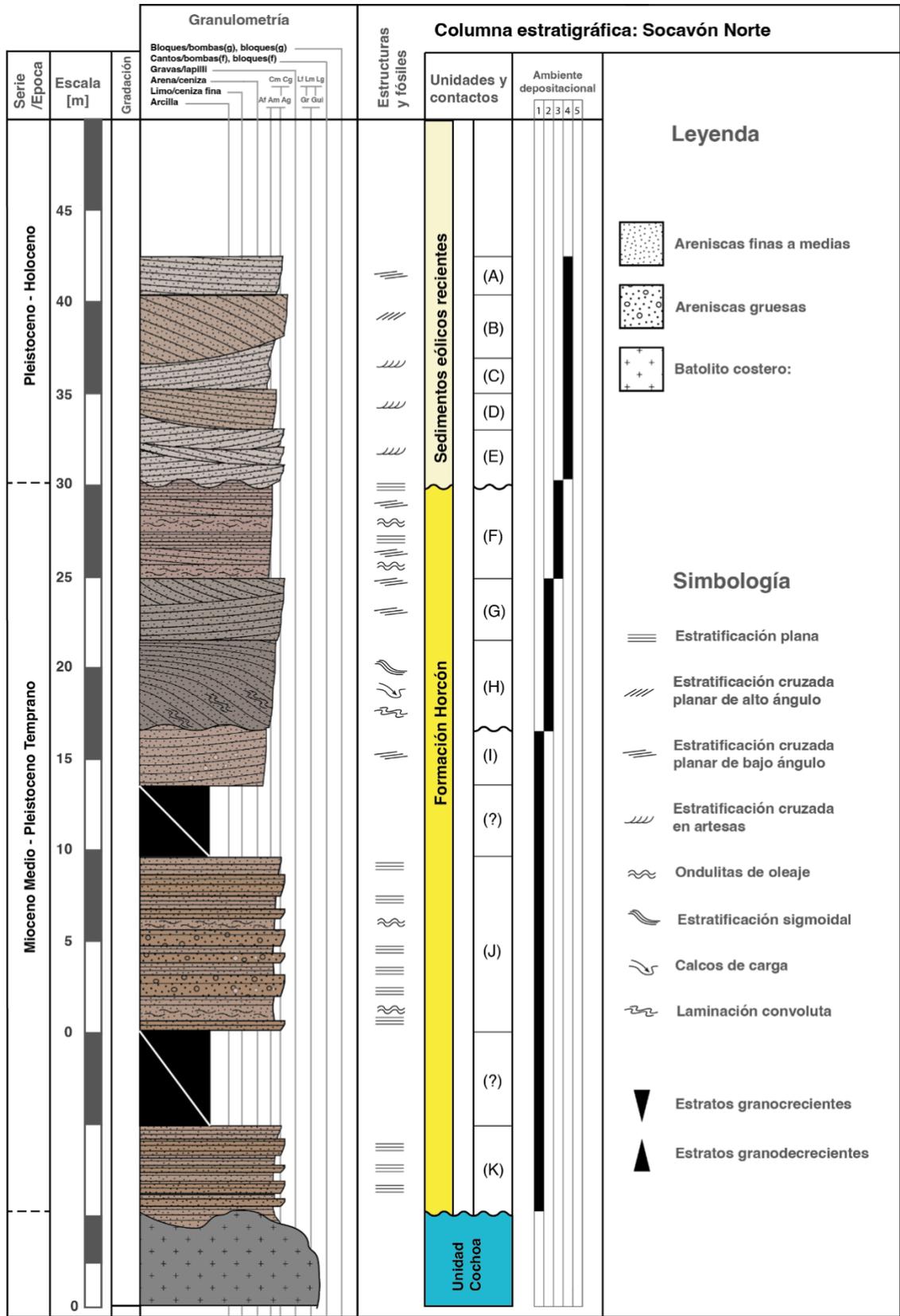


Figura 9. Columna estratigráfica del sector Socavón Norte.

## 5. Referencias

- Álvarez, L. 1963. Geología del área de Valparaíso-Viña del Mar (Chile): Instituto de Investigaciones Geológicas. P- 2-21.
- Carrillo-Briceño, J.; González-Barba, G.; Landaeta, M.; Nielsen, S. 2013. Fossil Chondrichthyans from the Upper Pliocene Horcón Formation, Valparaiso Regio, Central Chile en Revista Chilena de Historia Natural, vol. 86, n.2. pp. 191-206.
- Cuevas, R. 2017. Análisis de los depósitos sedimentarios Terciarios-Cuaternarios en el área de Quintero-Placilla (~33°S) y sus implicancias paleogeográficas. Memoria de Título, Departamento de Geología, Universidad de Chile.
- Espiñeira, D. 1989. Geología del Complejo Plutónico Papudo-Quintero: Aspectos cronológicos y geoquímicos. Departamento de Geología y Geofísica. Memoria de Título Departamento de Geología, Universidad de Chile.
- Fernández, D. 2020. Estratigrafía, petrografía y sedimentología de la Formación Horcón (Mioceno superior – Pleistoceno inferior) en su localidad tipo, Región de Valparaíso, Chile. Memoria de título, Escuela de Geología, Universidad Mayor. 116 p.
- Giménez, D. 2012. Caracterización de la estructura geomorfológica y dinámica costera de las ensenadas de La Ligua, Horcón y Quintay. Región de Valparaíso.
- Gutiérrez, N.; Hinojosa, L.; Le Roux, J.; Pedroza, V. 2013. Evidence for an Early-Middle Miocene age of the Navidad Formation (Central Chile): Paleontological, paleoclimatic and tectonic implications. *Andean Geology* 40(1), p. 66-78.
- Rivano, S.; Sepúlveda, P.; Boric, R.; Espiñeira, D. 1993. Hojas Quillota y Portillo. Carta Geológica de Chile No. 73, escala 1:250.000. Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Rivano, S.; Sepulveda, P. 1991. Hoja Illapel, Región de Coquimbo. Carta Geológica de Chile.
- Spalletti, L. 1980. Paleoambientes sedimentarios en secuencias silicoclásticas. IMPSEG, Facultad de Ciencias Naturales, UNP, Carrera de Investigador, CONICET, p. 175.
- Tavera, J. 1960. El Plioceno de Bahía Horcón en la Provincia de Valparaíso. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.
- Thomas, H. 1958. Geología de la Cordillera de la Costa entre el Valle de La Ligua y la Cuesta de Barriga. Santiago. IIG. Boletín nº2.