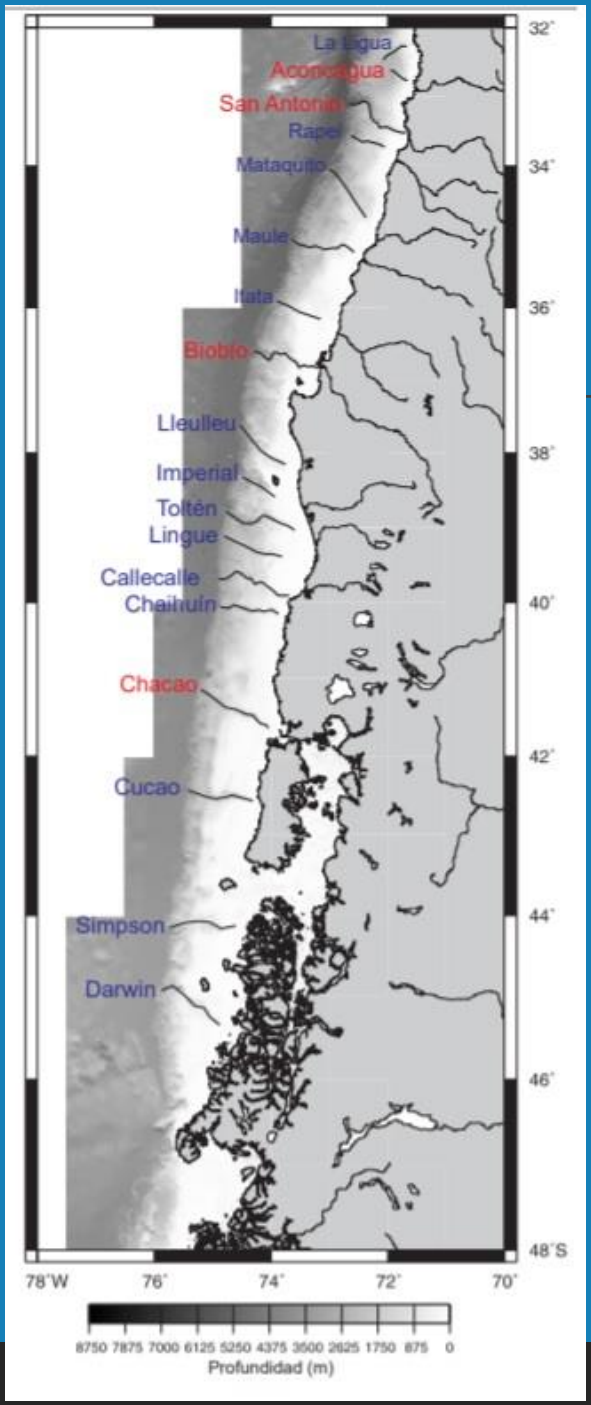
Un viaje por el planeta Azul

Segunda temporada

Cañones submarinos
Puntos de surgencia

En particular el margen continental chileno, el cual se extiende a lo largo del segmento suroccidental de Sudamérica, se puede dividir en tres segmentos según la tectónica de placas. El primero desde Arica hasta la Península de Taitao. El segundo desde allí hasta la boca occidental del estrecho de Magallanes y el tercero desde allí hasta el Cabo de Hornos (Díaz, 2010)

Camila Ahrendt
24/07/2020



Los cañones submarinos son valles normalmente sinuosos y angostos que cortan la plataforma y el talud continental.

Un cañón típico presenta forma transversal de “V” y paredes abruptas. Sus cabeceras se encuentran próximas a la costa y se asocian a la presencia de ríos en el continente.

Normalmente la boca de los cañones submarinos se encuentra en la base del margen continental.

Los cañones representan un importante conducto para el transporte de sedimentos terrígenos desde la costa hacia las grandes profundidades.

A lo largo del margen continental chileno existen varios cañones submarinos, siendo más numerosos en la zona sur que en la norte.

Esto se debe principalmente a que en la zona sur existe una mayor cantidad de ríos, cuyos aportes sedimentarios permiten la generación de corrientes de turbidez, y otros fenómenos erosivos submarinos, favoreciéndose la creación, el desgaste y la profundización de los cañones submarinos.

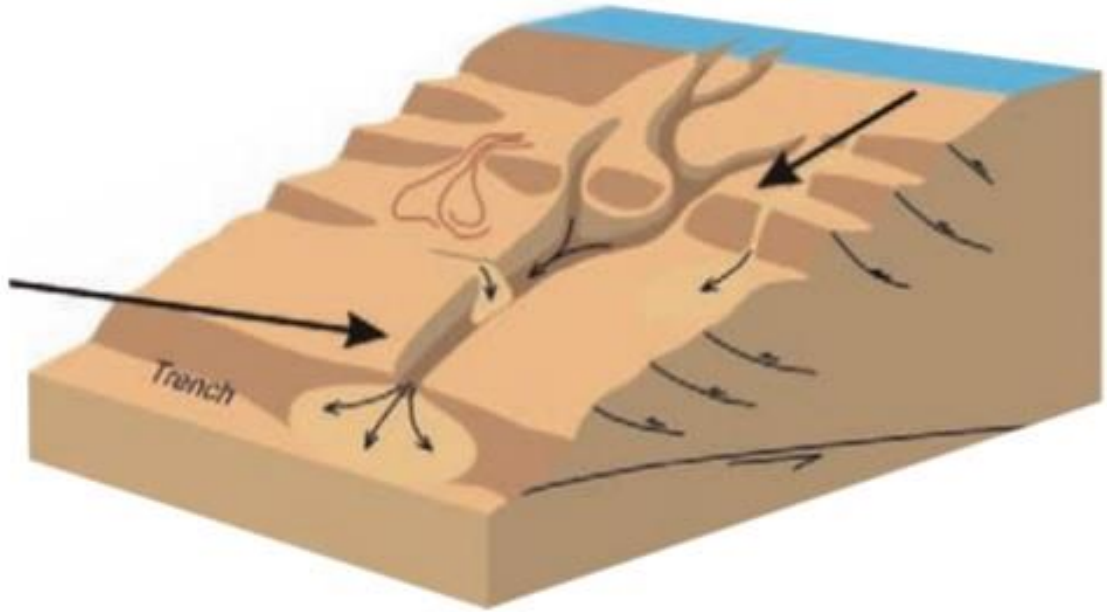
Camila Ahrendt
24/07/2020

Precipitación de partículas en suspensión

Ingreso de material clástico a lo largo de la costa

Corrientes de turbidez de baja densidad en cuencas de intrapendientes o en la fosa (trench).

Flujos de masa de alta densidad (flujos de detritos, corrientes de turbidez, desmoronamientos) en cañones.



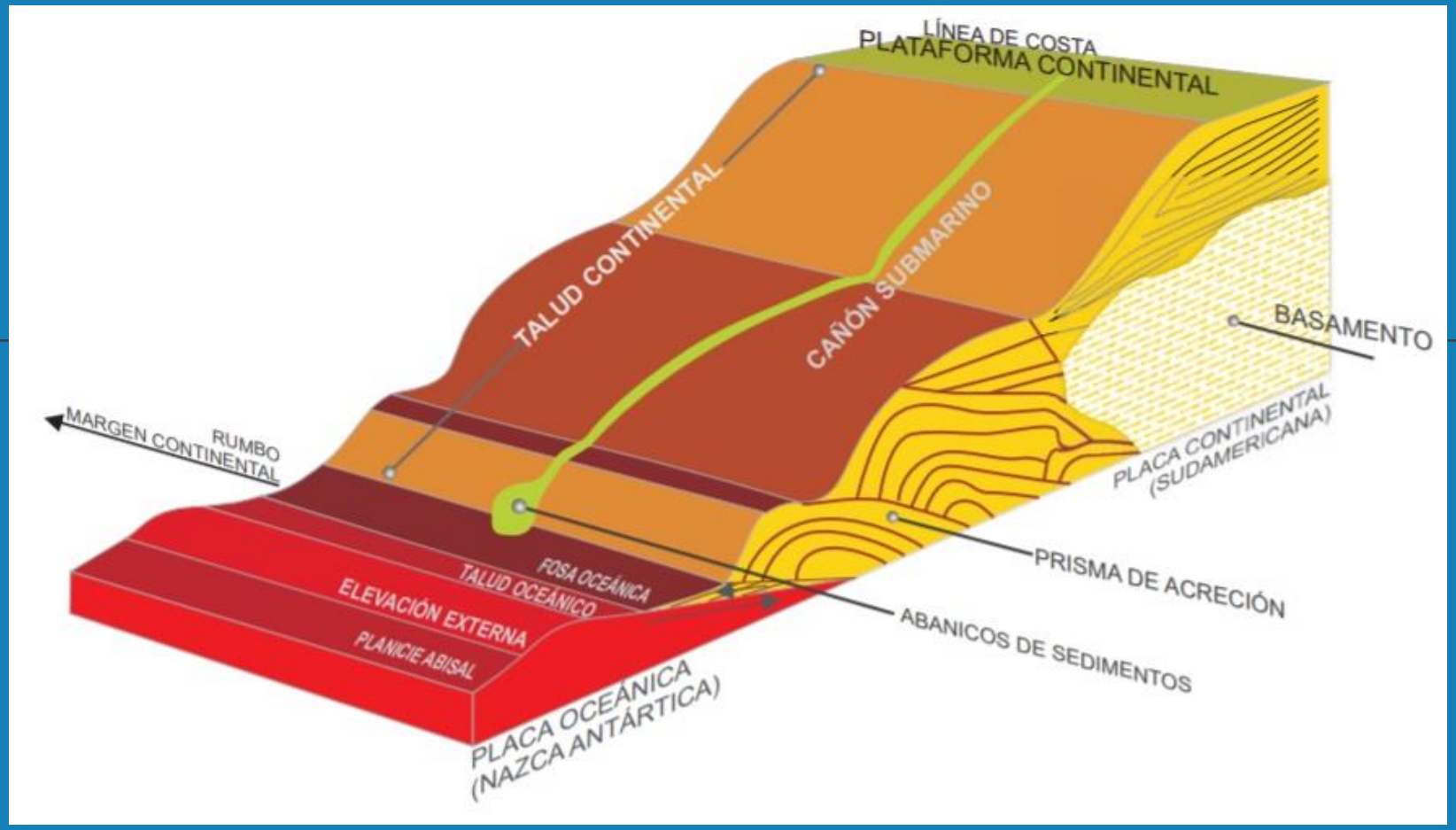
El talud continental de Chile está dominado por tres procesos:

(1) En los cañones, corrientes de turbidez transportan sedimentos de la costa y de la plataforma directamente a la fosa.

(2) (2) En el talud, deslizamientos de masa, a veces activadas por terremotos, mueven grandes cantidades de sedimento hacia la fosa en una forma episódica.

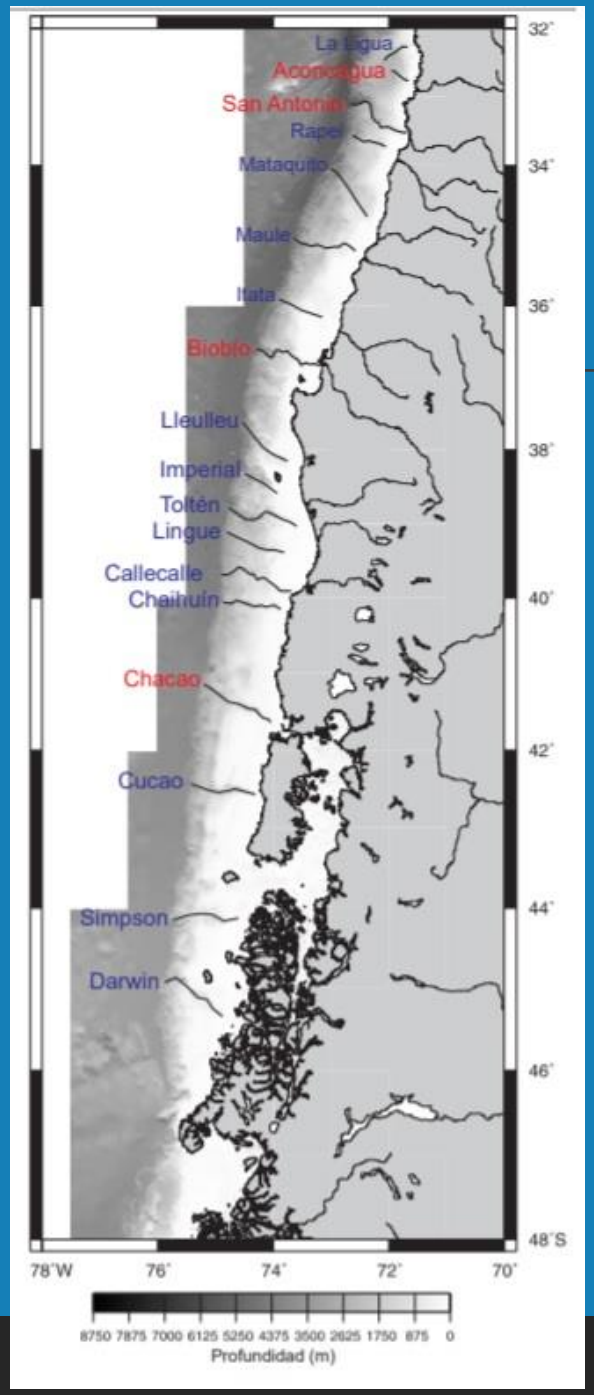
(3) (3) Material orgánico y arcilla fina eólica y volcánica es depositado por la columna de agua.

Camila Ahrendt
24/07/2020



Los sedimentos que están depositados en el talud continental son una mezcla de: sedimentos transportados a través de cañones submarinos; los cuales sirven como vías de transporte entre la costa y la fosa. La mayoría de estos sedimentos están depositados como abanicos submarinos de gran tamaño, ubicados en la base inferior de los cañones, quedando sólo restos escasos de estos sedimentos en el talud

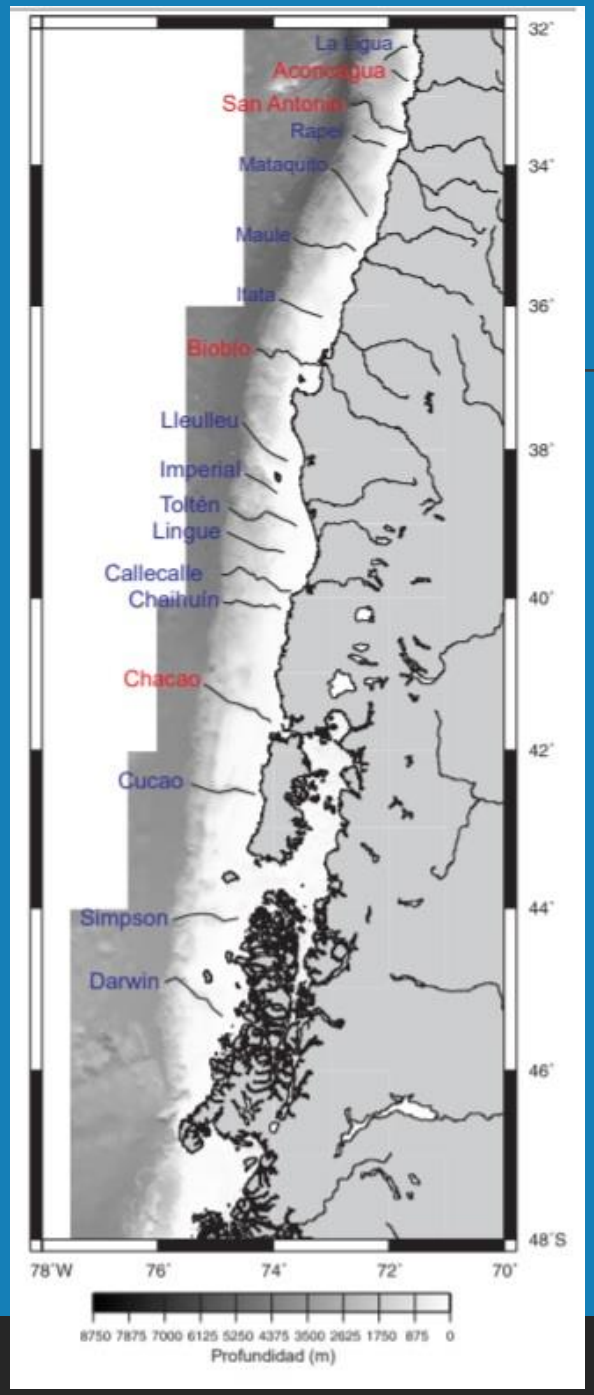
Camila Ahrendt
24/07/2020



SEDIMENTOS

Estas características de la topografía del fondo, determinan la distribución de las partículas en el margen continental, afectando los aportes terrestres y la producción orgánica tanto bentónica como en la columna de agua. Esto determina el tipo de material que se deposita en la plataforma y el talud. En este sentido, los cañones submarinos permiten el transporte de gran cantidad de material que es canalizado directamente hacia el talud, los cuales pueden ser transportados hacia zonas más profundas, en función de la intensidad de las corrientes (Melo et al., 2007).

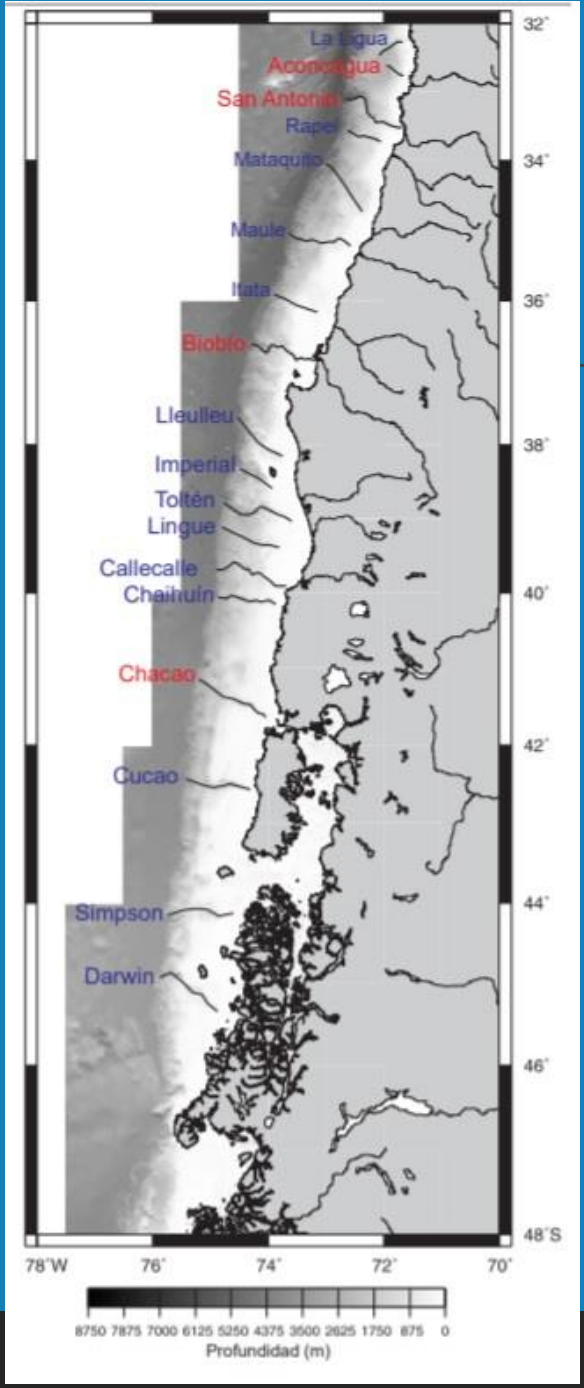
Camila Ahrendt
24/07/2020



IMPORTANCIA

El interés en los cañones submarinos está dado porque estas formaciones son hábitats que interrumpen la aparente homogeneidad de la plataforma continental y contribuyen a la alta productividad biológica que se observa en estos ecosistemas. Los cañones son estructuras geomorfológicas con una mayor riqueza de nutrientes que áreas adyacentes, favoreciendo una alta biodiversidad. En estas formaciones se asientan comunidades de suspensívoros que estructuran hábitats que sirven de refugio y alimento para numerosas especies; y han propiciado procesos de especiación, observándose un fuerte endemismo (Hickey, 1995; Gili et al., 1999; Bosley et al., 2004).

Camila Ahrendt
24/07/2020



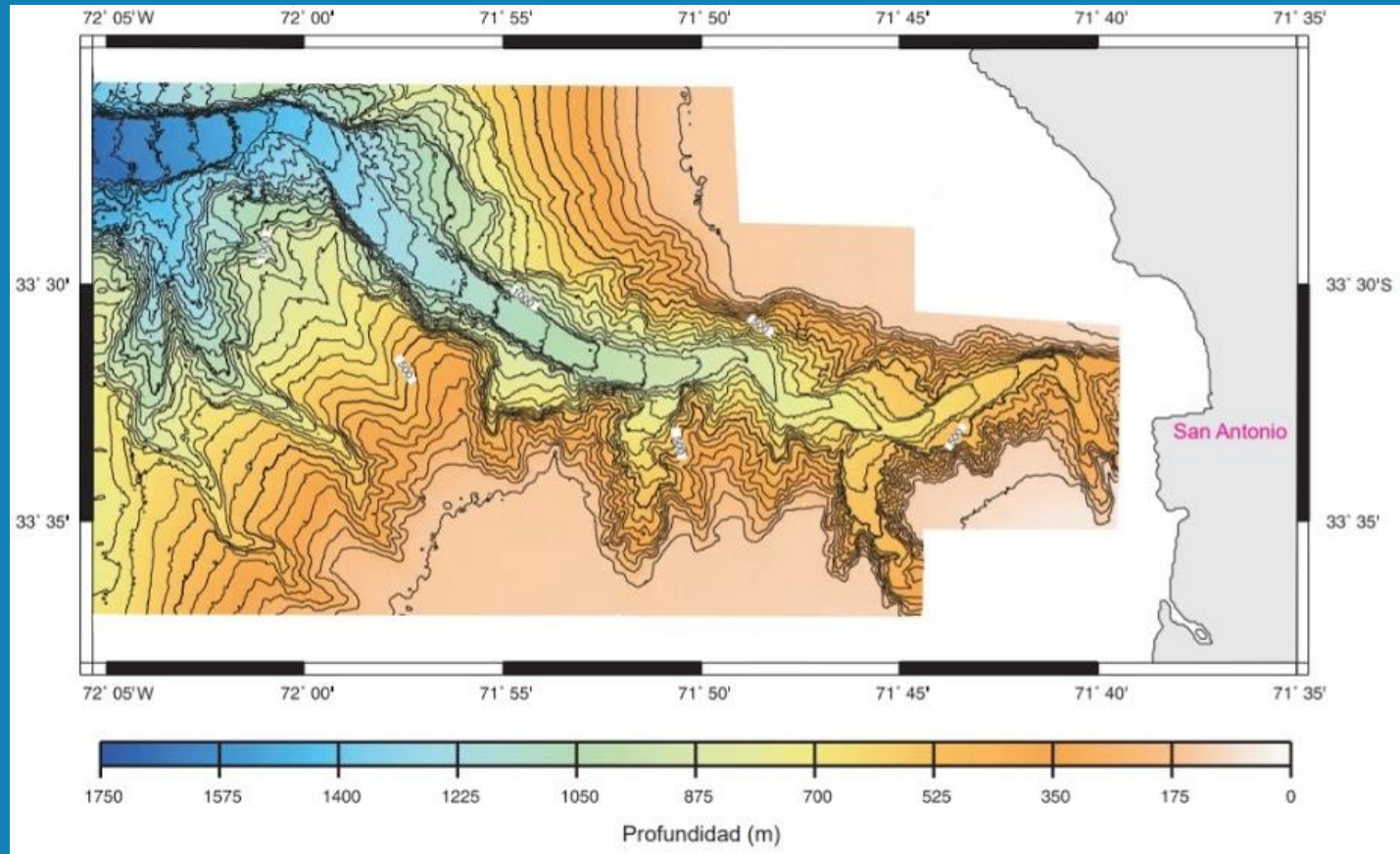
En el mar jurisdiccional chileno, incluidos los cañones submarinos, existen evidencias de la presencia de diversos recursos minerales; sin embargo, este conocimiento no es completo.

Hasta ahora sólo podemos hablar de recursos potenciales porque se han muestreado en un área con latitud, longitud y profundidad conocida, pero no se sabe aún si son explotables con provecho económico, faltando elementos de juicio para su mejor evaluación que, entre otros, son el precio a futuro de los metales, el costo de las nuevas tecnologías y la cubicación de los prospectos específicos.

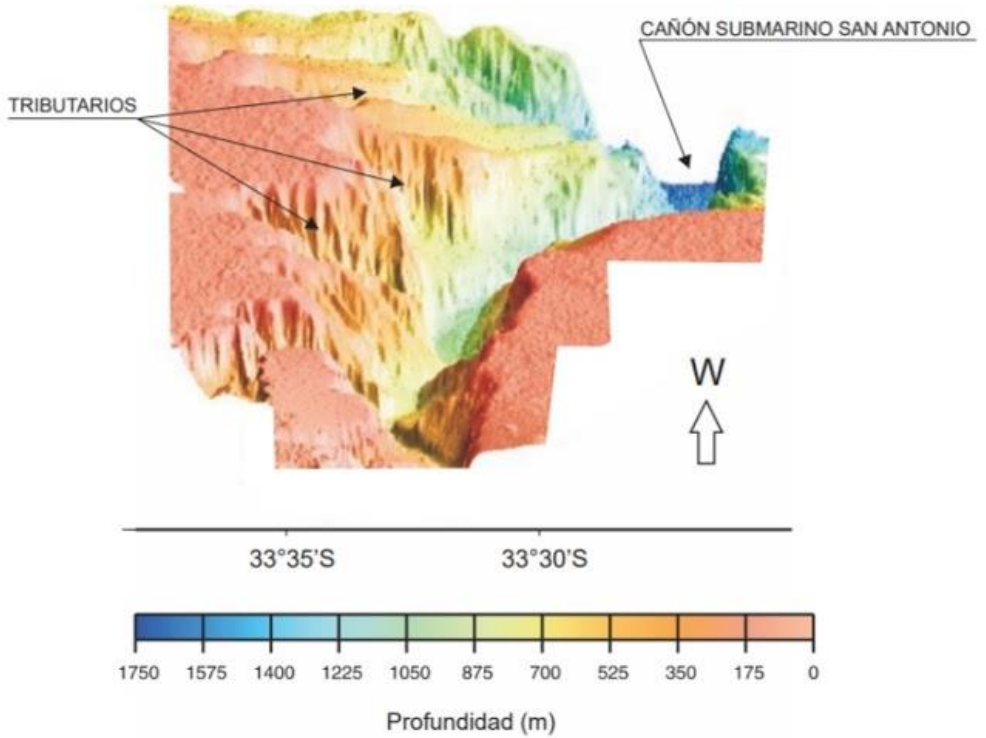
No obstante, la presión potencial de uso de estos recursos en el futuro, así como aceites, gas y/o petróleo, deben ser considerados. En Chile, existen diversas investigaciones asociadas a los cañones submarinos, desarrolladas para estudiar características morfotectónicas, por su asociación con la ocurrencia de sismos en el país; y otras investigaciones que tienen como propósito la prospección de minerales y fuentes de energía geotérmica.

Estas investigaciones no son de carácter pública y no es posible acceder a información técnica.

Camila Ahrendt
24/07/2020



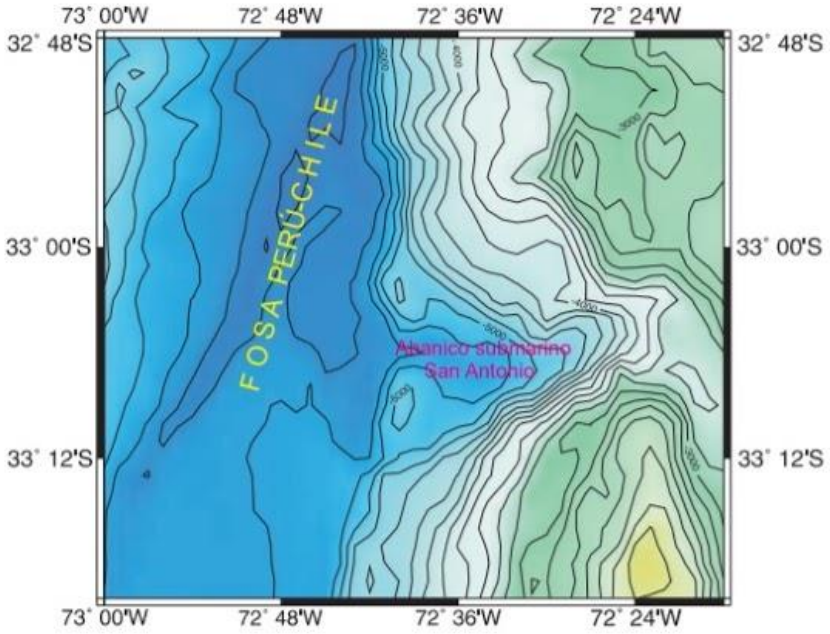
Detalle del área de la cabeza del cañón submarino San Antonio. Contornos cada 50 m.



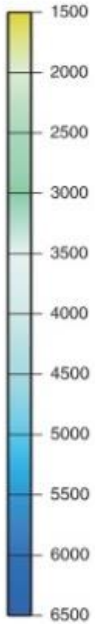
Modelo 3D del área de la cabeza del cañón submarino San Antonio. Vista del 90°, elevación 25°.

En la zona de Valparaíso se encuentran tres cañones submarinos importantes: el cañón San Antonio (Hagen et al., 1996), frente al puerto de San Antonio; el cañón Aconcagua (Von Huene et al., 1995), casi frente a la desembocadura del río Aconcagua y el cañón La Ligua (Von Huene et al., 1995), más al norte del Aconcagua y casi frente a la localidad del mismo nombre. De éstos, el San Antonio es el más grande.

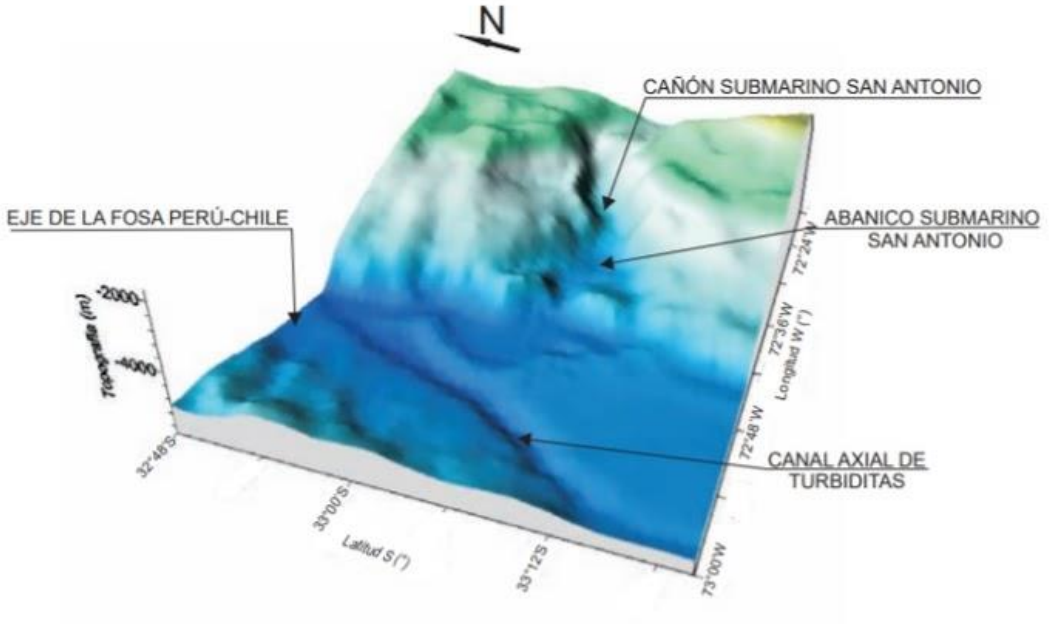
Camila Ahrendt
24/07/2020



Detalle del área de la boca del cañón submarino San Antonio. Contornos cada 200 m.



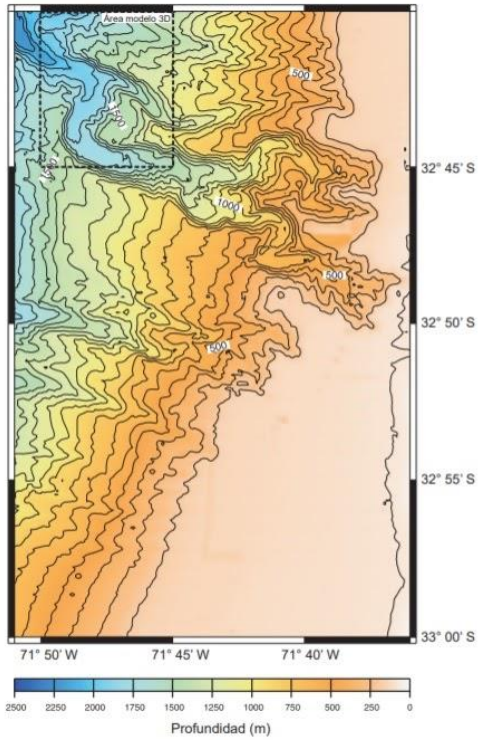
Profundidad (m)



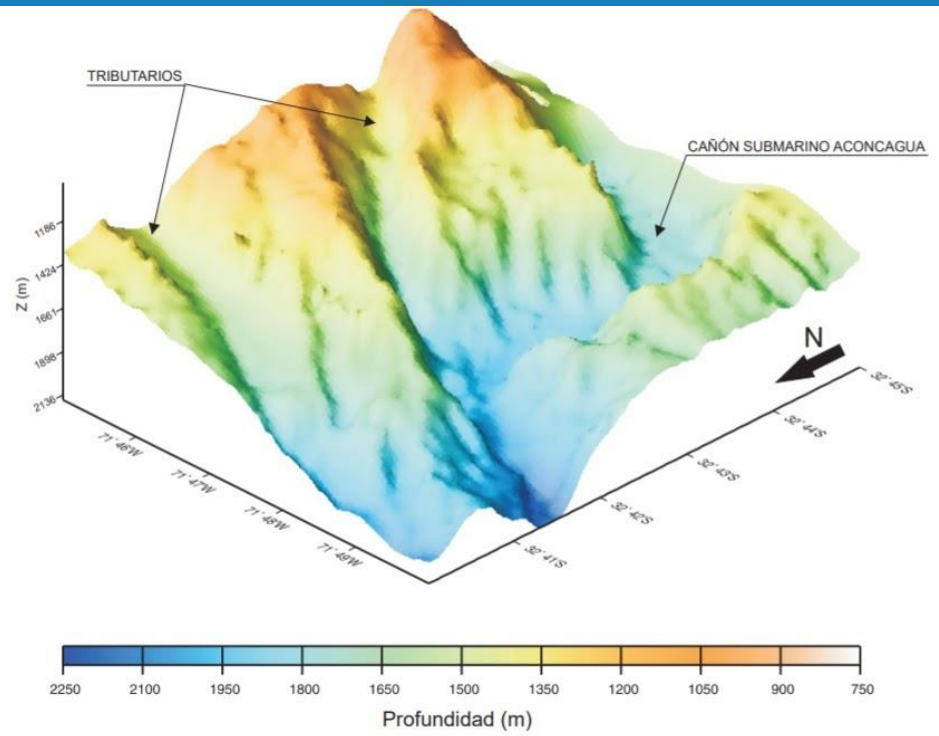
Modelo 3D del área de la boca del cañón submarino San Antonio. Vista del 250°, elevación 30°.

El cañón San Antonio bordea el lado sur de la cuenca Valparaíso. Tiene un largo sobre 170 km, una pendiente de 2º desde su cabeza hasta unos 80 km de la costa y luego cambia a 6,3º hasta su desembocadura (Hagen et al., 1996). Esta última área está erosionada, por lo tanto el abanico abisal sedimentario se encuentra poco desarrollado (Von Huene et al., 1995). Su sinuosidad es de 1,25 (relación entre el largo del eje y largo del cañón en línea recta) y tiene aproximadamente una forma de “U” en varias secciones a lo largo de él. El cañón es aparentemente alimentado por los sedimentos provenientes del río Maipo durante períodos de alta descarga. La forma de “U” puede ser causada por depósitos de turbiditas y escombros que cubren el piso del cañón (Hagen et al.,1996).

Camila Ahrendt
24/07/2020



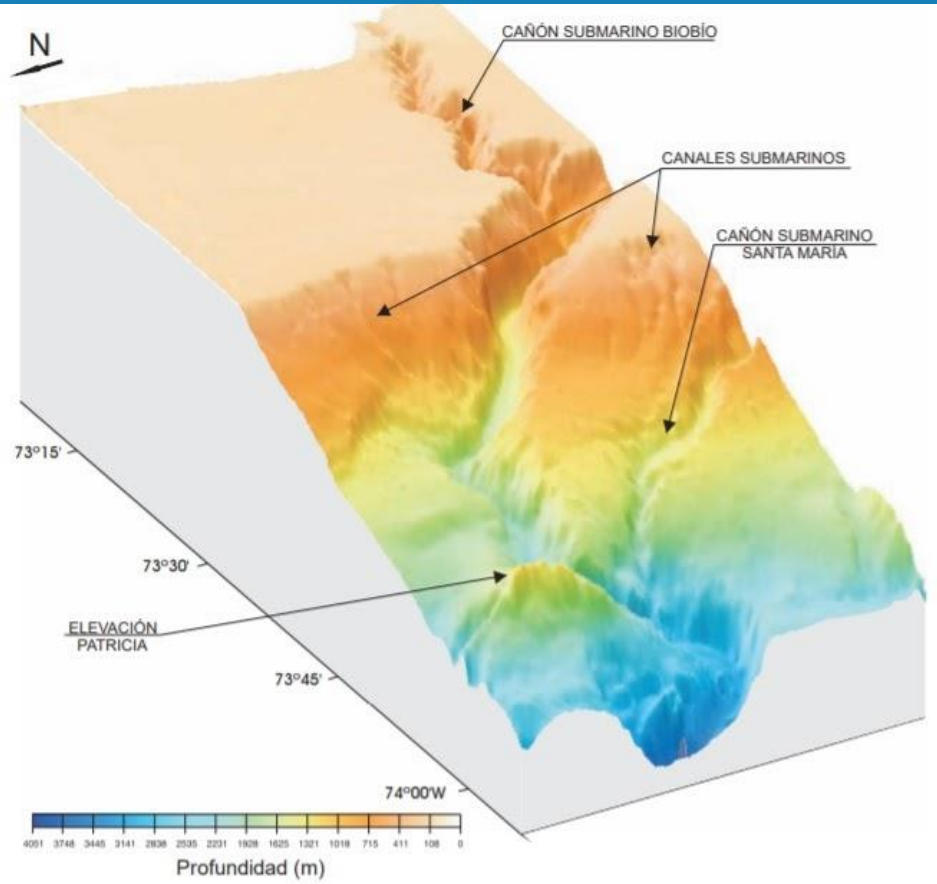
Detalle del área del cañón submarino Aconcagua. Contornos cada 100 m.



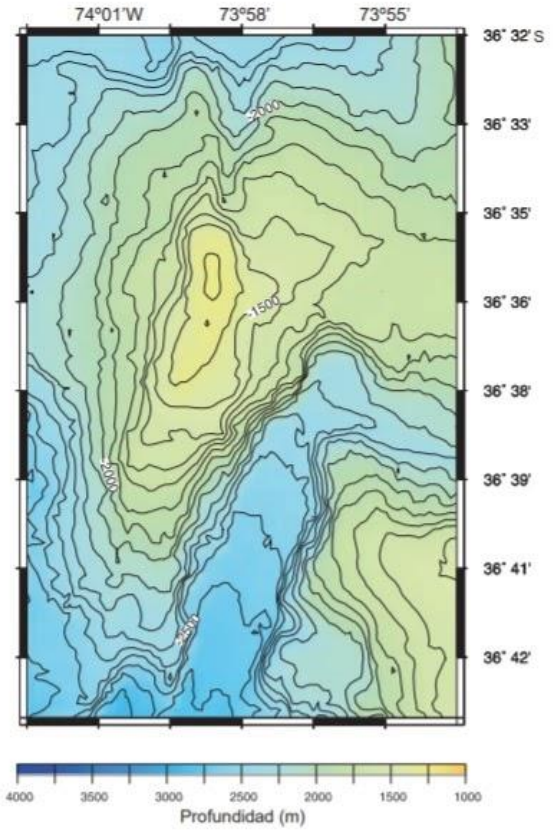
Modelo 3D del área cercana a la cabeza del cañón submarino Aconcagua. Vista del 315°, elevación 30°.

El cañón Aconcagua se ha cartografiado con mayor detalle en el sector de la cabeza y tronco, encontrándose que se presenta sinuoso. Es alimentado también por varios cañones tributarios o canales que interceptan su eje en distintas profundidades. Al sur de este cañón y muy próximos a la ciudad de Valparaíso, existen varios cañones pequeños o canales submarinos que llevarían sedimentos directamente a la cuenca Valparaíso. Probablemente, estos canales estarían asociados a los esteros existentes entre el puerto de Valparaíso y el río Aconcagua.

Camila Ahrendt
24/07/2020



Modelo 3D con iluminación del cañón submarino Biobío. Vista del NW, elevación 40°.

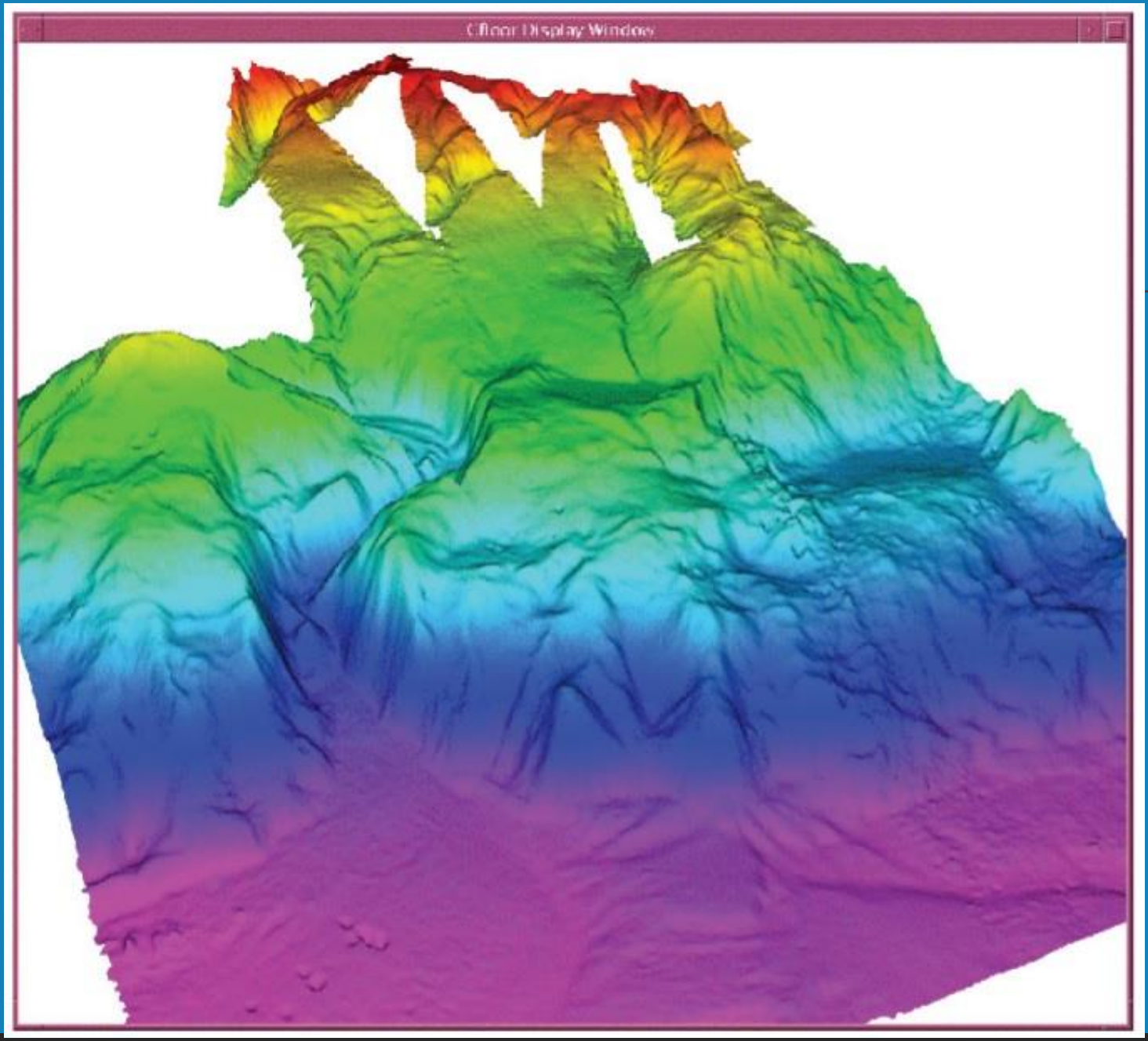


Mapa de contornos batimétricos de la elevación Patricia (cañón submarino Biobío). Contornos cada 100 m.

Está conformado por un valle de paredes abruptas que corta la plataforma y el talud continental. El largo del canal del cañón es de 134 km. Además el cañón tiene un ancho máximo de 8,1 km y mínimo de 3,2 km. Tiene una pendiente de 1,58º en la plataforma y de 2,16º en el talud. Cerca de la costa, el cañón presenta una forma transversal en "V" y más alejado de la costa, una forma en "U" (Pineda et al., 1997; Rodrigo, 1997)

Dadas las dimensiones y capacidad de transporte de sedimentos, el cañón submarino Biobío, junto con el San Antonio, es uno de los más importantes de Chile. Éste se ubica al norte del golfo de Arauco y comienza muy próximo a la desembocadura del río Biobío. Continúa en forma irregular hacia la fosa submarina donde finaliza en un amplio abanico abisal (Thornburg et al., 1990).

Camila Ahrendt
24/07/2020



En la cabecera y paredes del cañón, los mecanismos de transporte que favorecen la movilización de los sedimentos son principalmente flujos de escombros, de sedimentos fluizados y remociones, los que a su vez generan corrientes de turbidez (Pineda & Fanucci, 1994).

Diagrama batimétrico 3-D mostrando la terminación del cañón Biobío. La profundidad del cañón, una forma producida exclusivamente por la fuerza erosiva de transporte de sedimentos gruesos en su base, es de cerca de 1.000 m.

Camila Ahrendt
24/07/2020

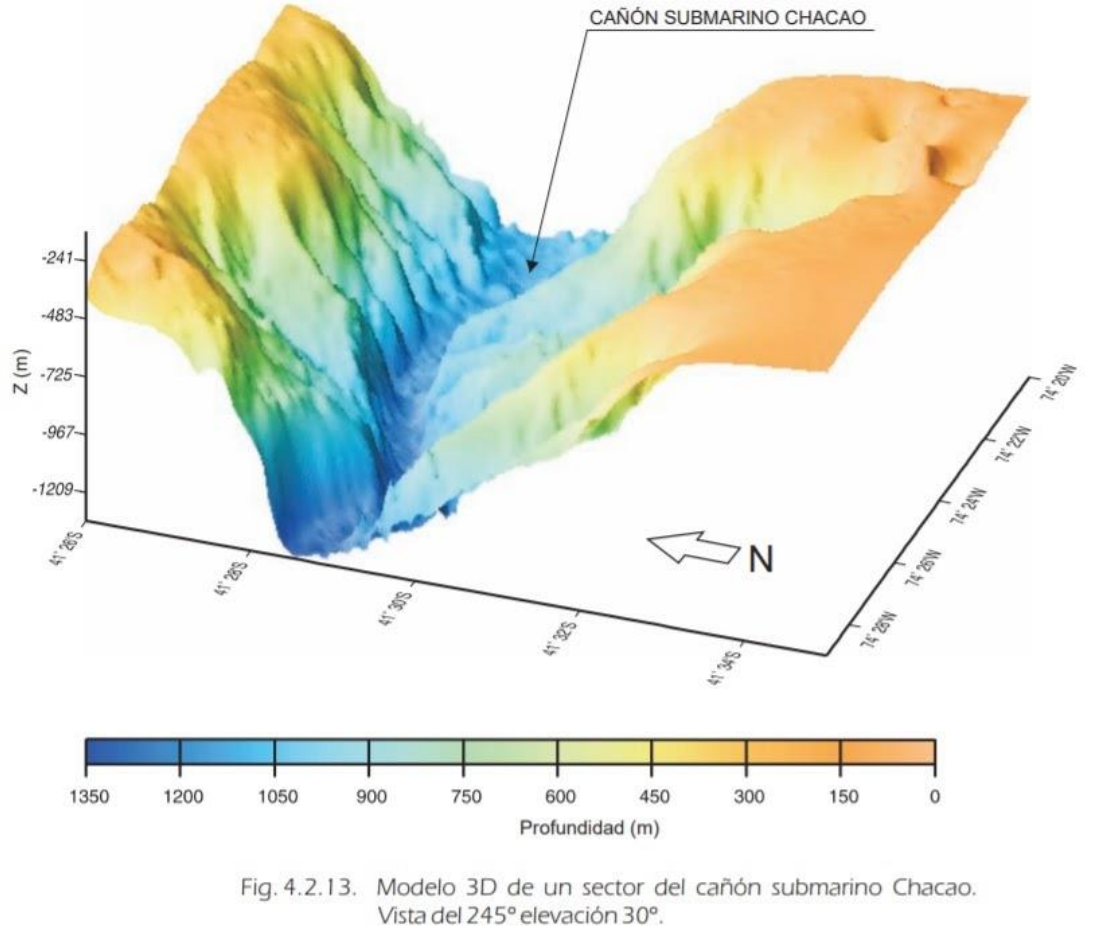
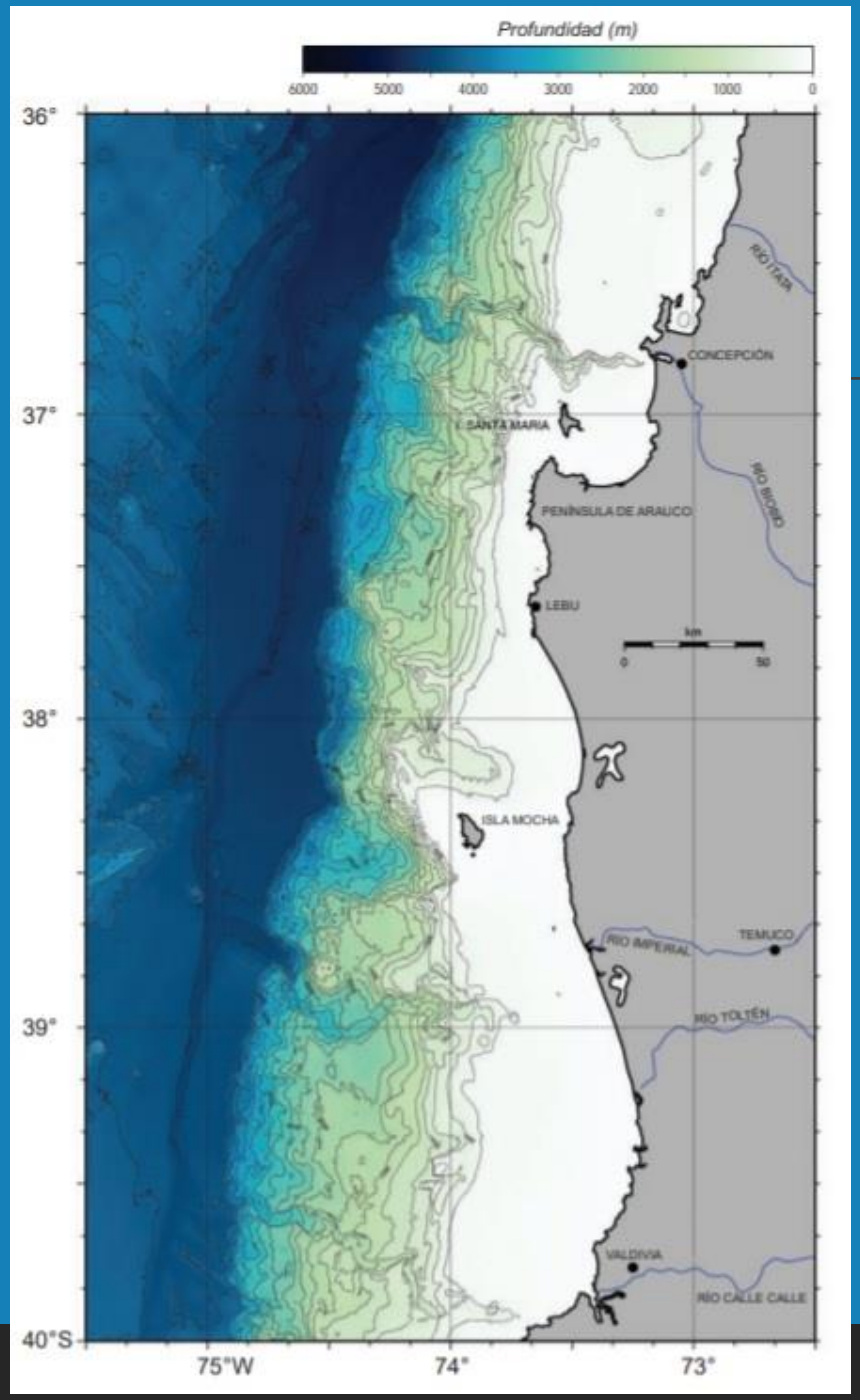


Fig. 4.2.13. Modelo 3D de un sector del cañón submarino Chacao. Vista del 245° elevación 30°.

El cañón Chacao fue identificado por Mordojovic (1974) y por Thornburg et al. (1990), debido a las características de los depósitos de sedimentos en su boca y por la asociación con el nacimiento del canal axial de la fosa Perú-Chile. El mapa batimétrico presentado muestra la cabecera y parte del tronco del cañón Chacao. Este tiene una orientación NW-SE. Su sinuosidad es baja, por lo menos en el área representada. La boca de este cañón está próxima a la boca occidental del canal Chacao y cercana a la desembocadura del río Maullín.

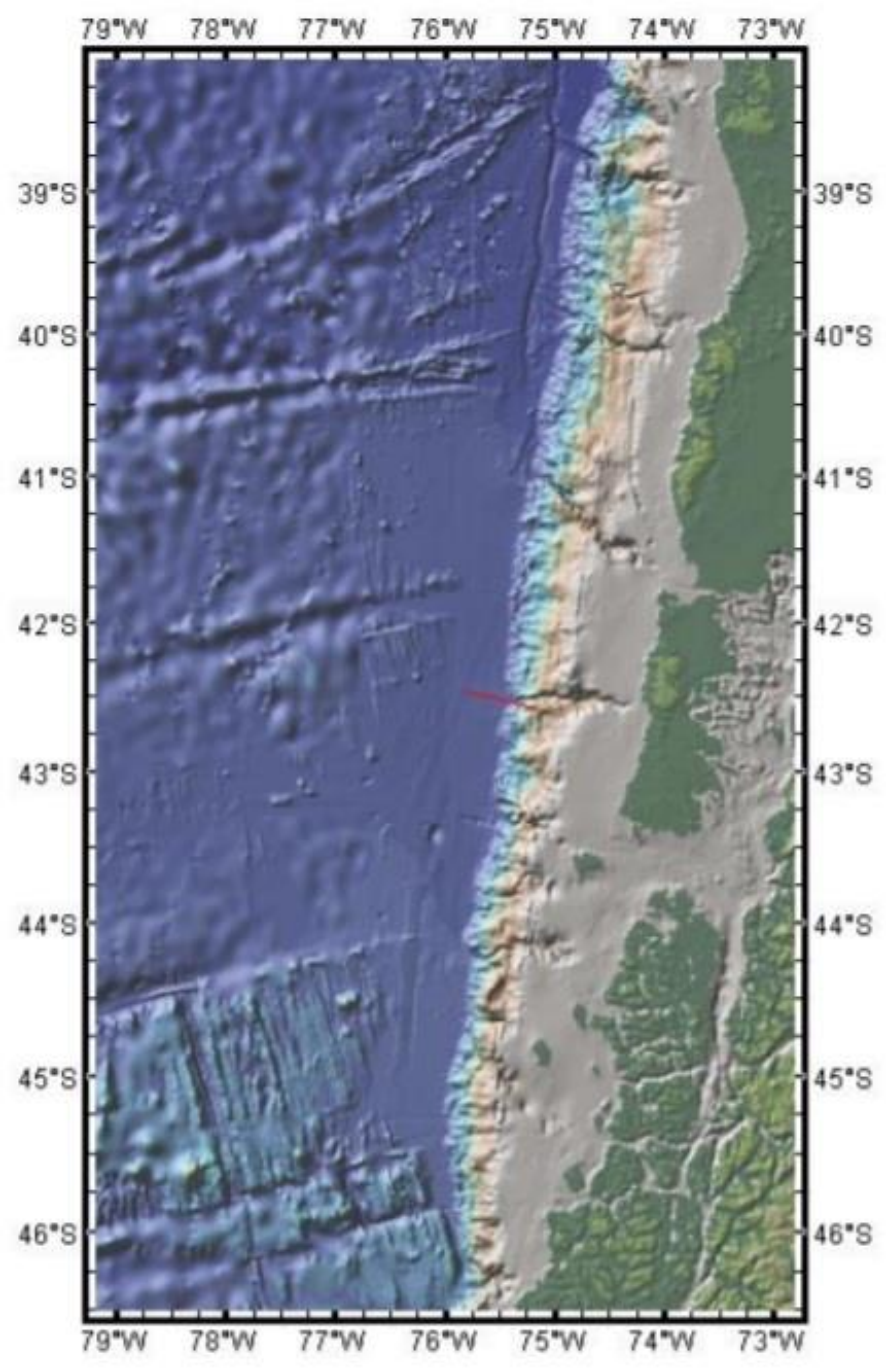
Estudios sedimentológicos, no publicados del SHOA, indican que la mayoría de los sedimentos de la cabeza del cañón son arenas. A medida que aumenta la profundidad los sedimentos se van tornando más finos. Los bordes del cañón, es decir, donde se produce el quiebre entre la plataforma y los flancos del cañón, se presentan irregulares y se observan pequeños canales que podrían aportan sedimentos hacia el eje.

Camila Ahrendt
24/07/2020



Mapa batimétrico de la región entre Concepción y Valdivia. En blanco: Plataforma Continental y regiones sin datos. Nótese la forma irregular del talud continental chileno, cortado por muchos cañones submarinos y fallas, en gran contraste con la superficie casi plana de la fosa Perú-Chile.

Camila Ahrendt
24/07/2020

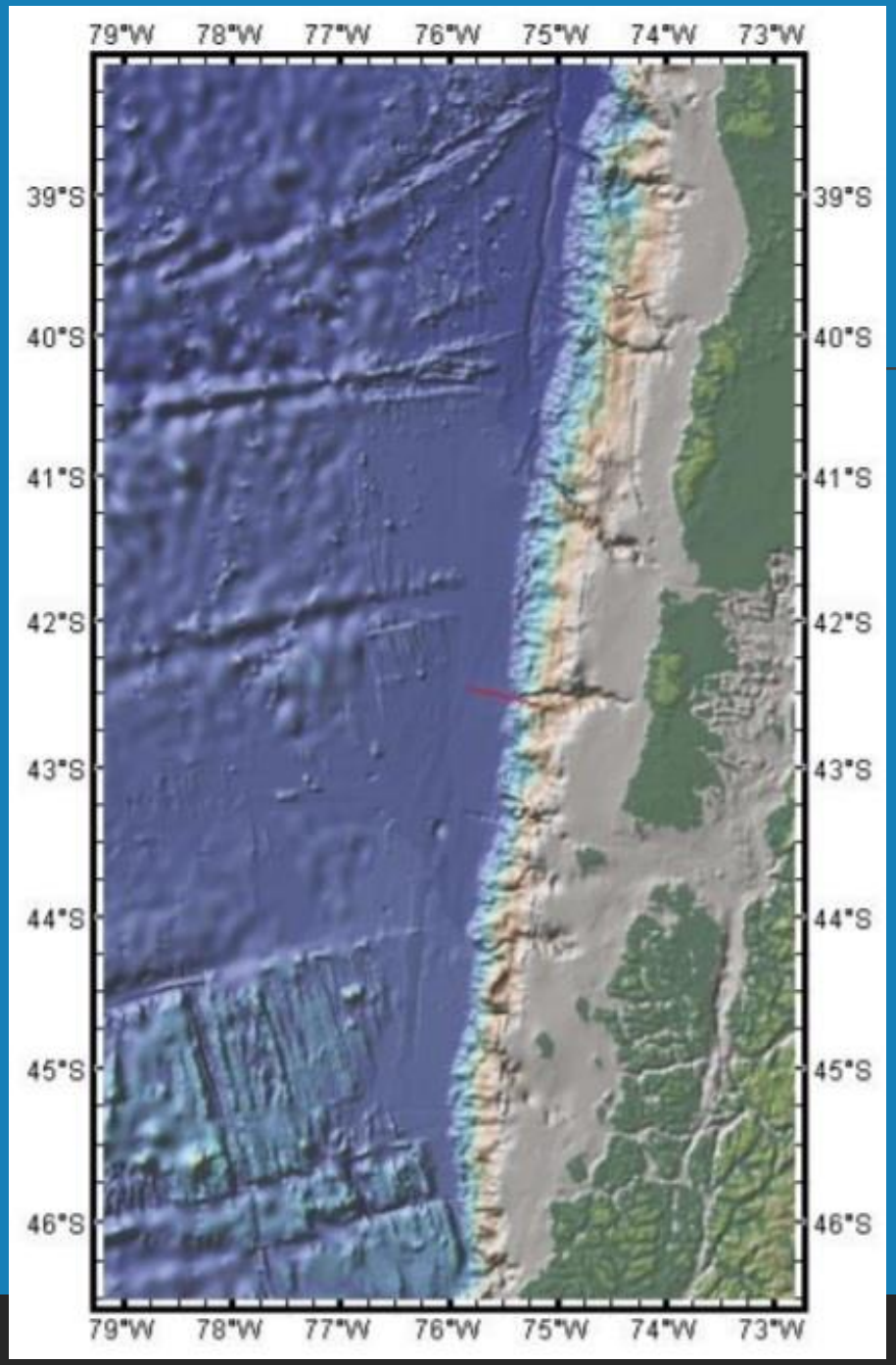


La tectónica de gravedad está definida como el deslizamiento de grandes porciones de rocas y sedimentos provenientes de depósitos de márgenes continentales que suelen generar capas sobre-presionadas (Fossen, 2010).

Estos deslizamientos se generan a través de corrientes de turbidez, las que son definidas como flujos o corrientes de gravedad de sedimentos hacia el lecho marino. Estas corrientes pueden ser generadas por movimientos sísmicos, descargas fluviales, erupciones volcánicas, etc. Y pueden ser transportadas a través de cañones submarinos, estos son, valles submarinos profundos y estrechos que se forman por la erosión en el talud continental (Kneller & Bucke, 2000). El depósito resultante de una corriente de turbidez, se denomina turbidita.

Adicionalmente, muchos sistemas de turbiditas están asociados a ríos, en donde la crecida de sistemas de turbiditas ocurren cuando sistemas fluviales descargan directamente en el margen continental (Kneller & Bucke,2000).

Camila Ahrendt
24/07/2020



A través de un estudio de sísmica de reflexión en la zona centro-sur de Chile, frente al cañón de Cucao, se pudo observar distintas estructuras geológicas interactuando entre sí. Por ejemplo, nos encontramos con la presencia de un cañón submarino y seguido de este una amplia zona de capas sedimentarias, o también llamadas turbiditas, las cuales se ven cortadas por lo que serían fallas del tipo transcurrente

Camila Ahrendt
24/07/2020

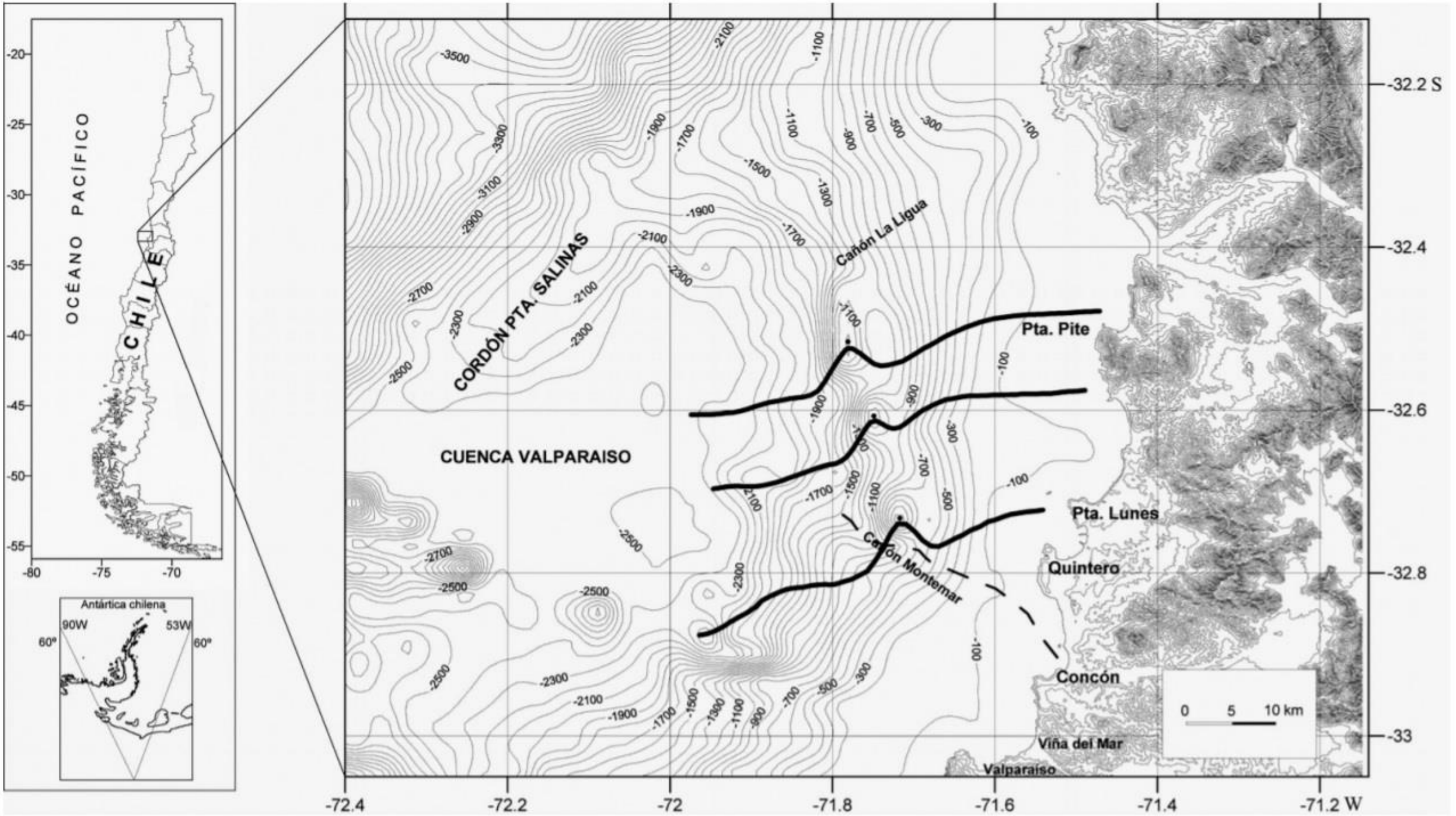
La tectónica de gravedad está definida como el deslizamiento de grandes porciones de rocas y sedimentos provenientes de depósitos de márgenes continentales que suelen generar capas sobre-presionadas (Fossen, 2010).

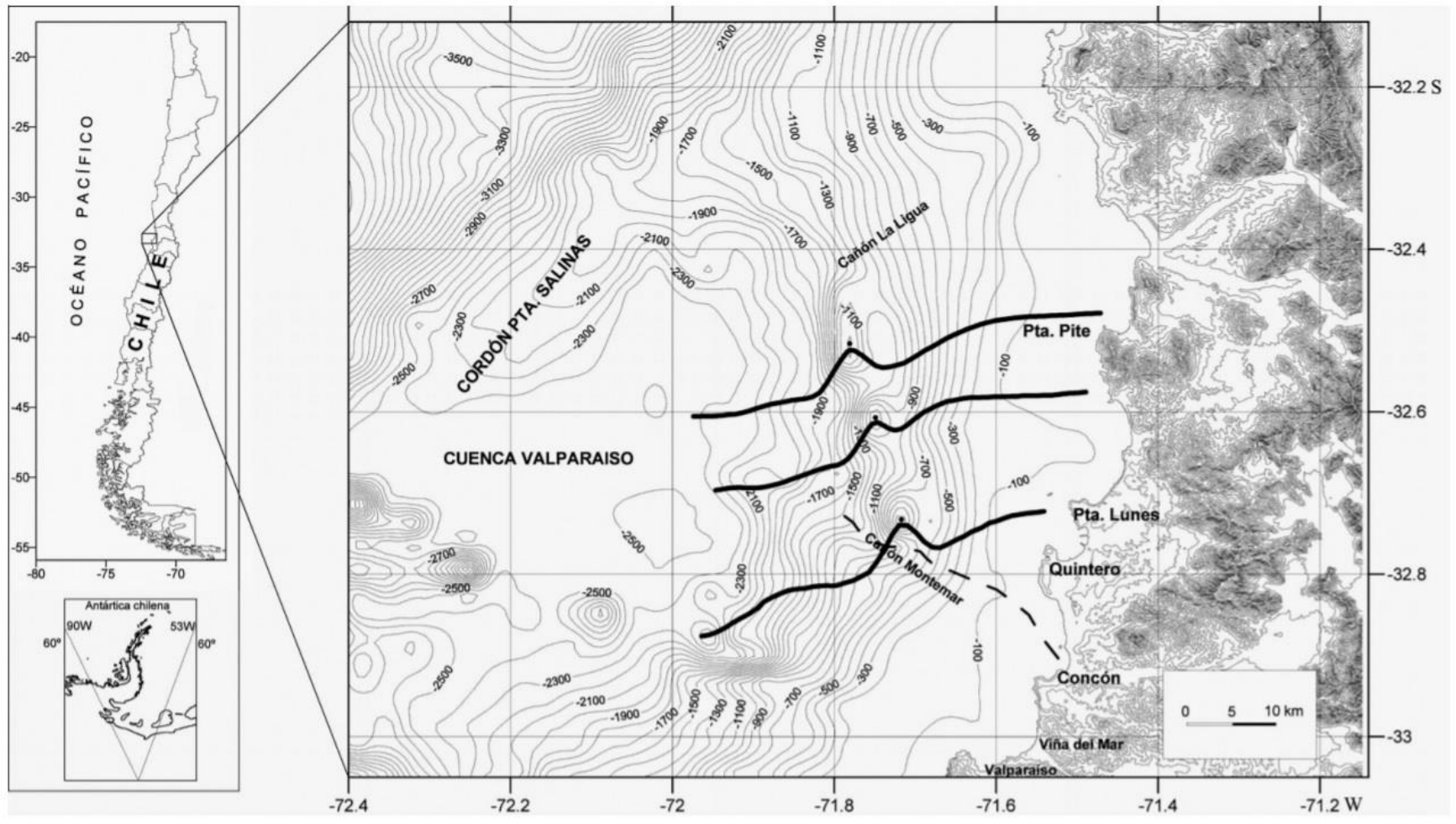
Estos deslizamientos se generan a través de corrientes de turbidez, las que son definidas como flujos o corrientes de gravedad de sedimentos hacia el lecho marino.

Estas corrientes pueden ser generadas por movimientos sísmicos, descargas fluviales, erupciones volcánicas, etc. Y pueden ser transportadas a través de cañones submarinos, estos son, valles submarinos profundos y estrechos que se forman por la erosión en el talud continental (Kneller & Bucke, 2000).

El depósito resultante de una corriente de turbidez, se denomina turbidita. Adicionalmente, muchos sistemas de turbiditas están asociados a ríos, en donde la crecida de sistemas de turbiditas ocurren cuando sistemas fluviales descargan directamente en el margen continental (Kneller & Bucke,2000).

Camila Ahrendt
24/07/2020


OCÉANO PACÍFICO
CHILE
Antártica chilena
90W
53W
60°
60°
CORDÓN PTA. SALINAS
Cañón La Ligua
CUENCA VALPARAISO
Pta. Pite
Pta. Lunes
Cañón Montemar
Quintero
Concón
Viña del Mar
Valparaíso
0 5 10 km
-32.2 S
-32.4
-32.6
-32.8
-33
-72.4
-72.2
-72
-71.8
-71.6
-71.4
-71.2 W

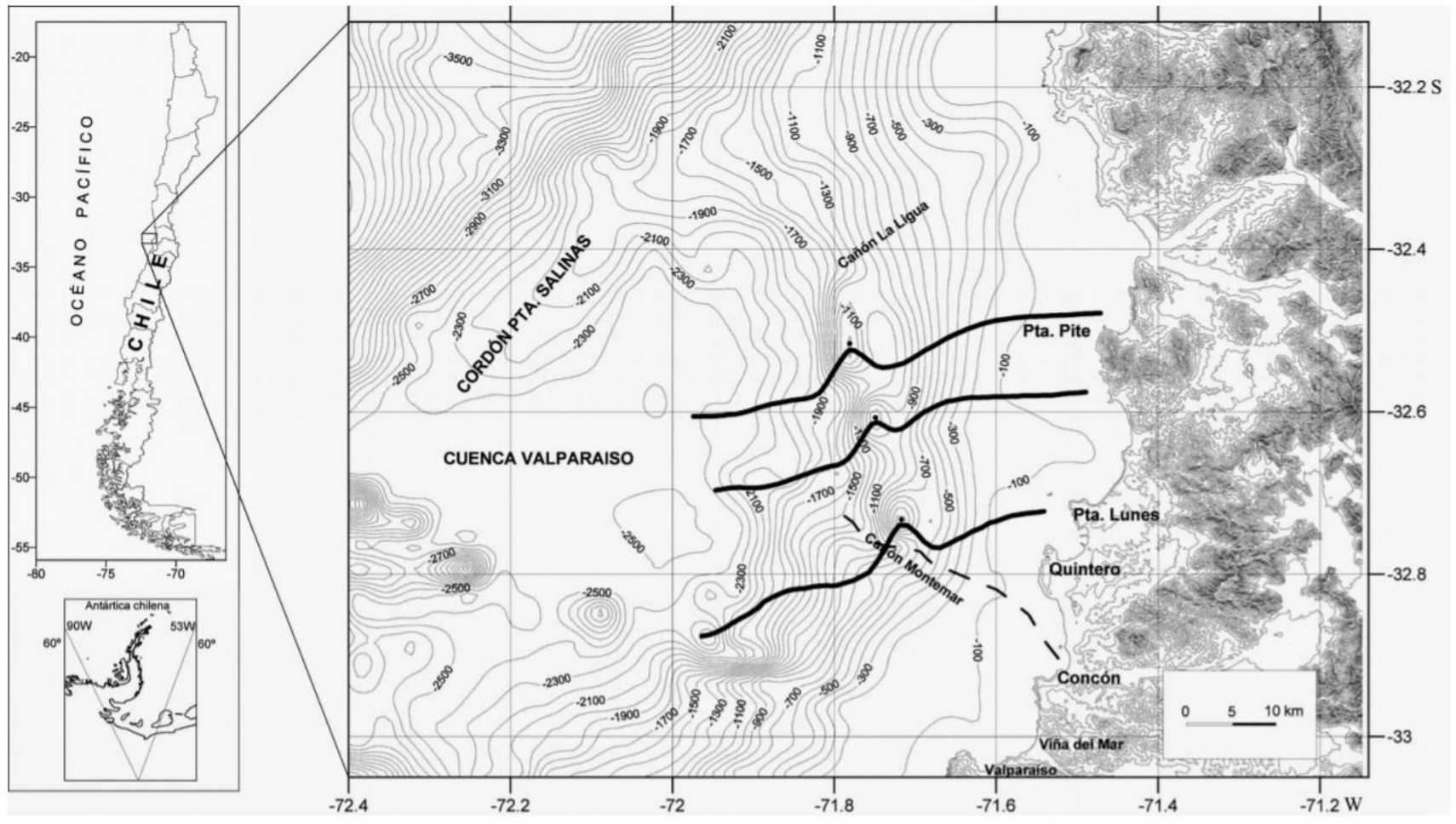


Mapa de ubicación del área de estudio mostrando la topografía costera y batimetría de la plataforma submarina, talud y cuenca de Valparaíso. Los trazos negros representan los perfiles transversales de los altos estructurales y la línea delgada segmentada conecta el Cañón Montemar con la boca del río Aconcagua

Perpendicularmente a la costa ocurre un particular fenómeno morfotectónico; está dividido en tres provincias fisiográficas: el talud superior que presenta una tectónica de bloques, una terraza colgante con una potencia importante de sedimentos que alcanza a varios kilómetros y el talud inferior que presenta un prisma de acreción y asperezas bajo él (von Huene et al. 1997, Yáñez et al. 2001).

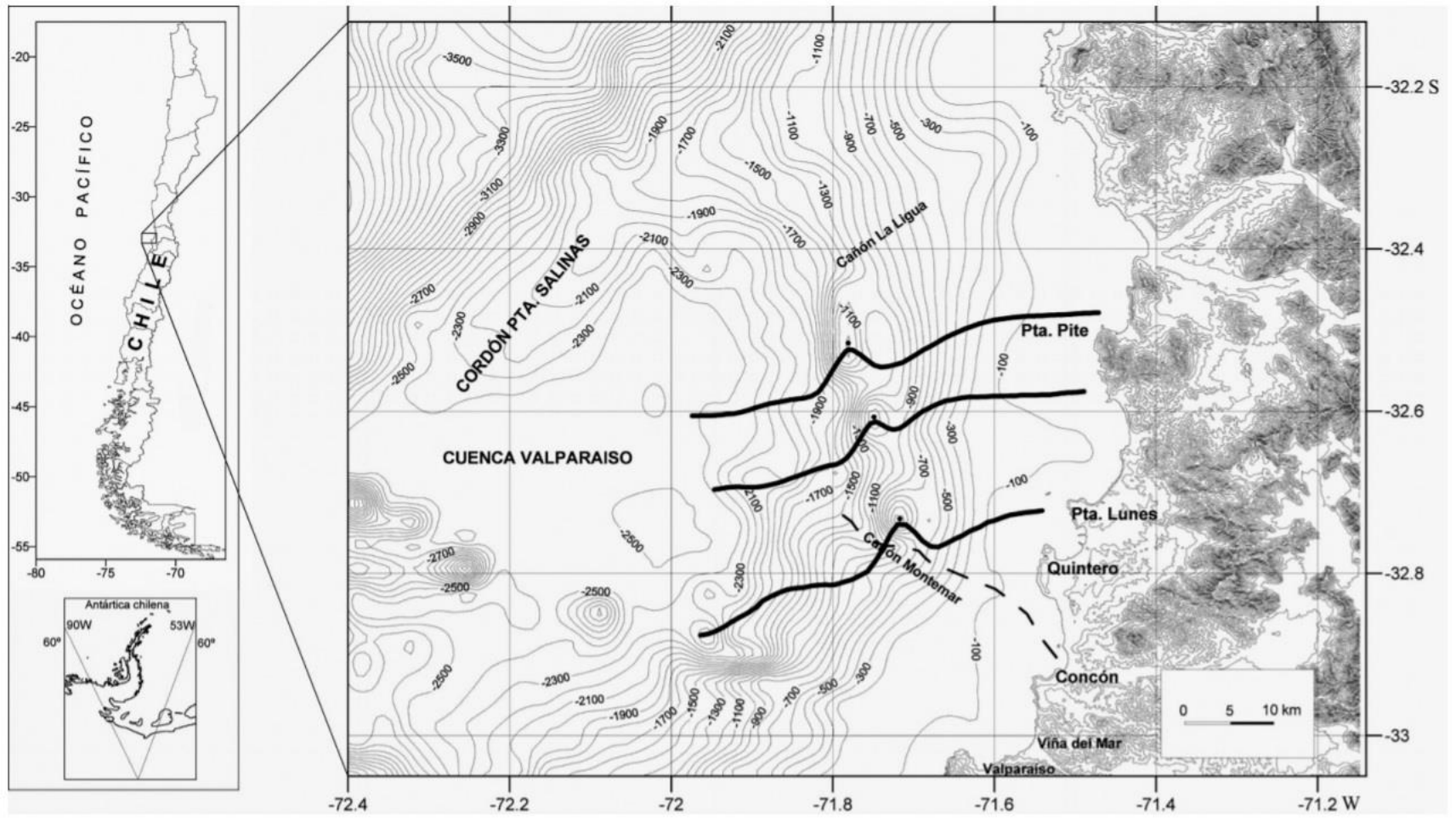
En el quiebre de pendiente entre la plataforma continental y el talud oceánico, a los 32,6°S

Camila Ahrendt
24/07/2020



En el talud superior hay dos cañones submarinos, La Ligua y Montemar (Vergara 1996) que convergen hacia la cuenca Valparaíso, donde desaparecen bajo el relleno sedimentario. La traza zigzagueante de ambos cañones evidencia un control estructural inducido por una tectónica de bloques (Scholl et al. 1970, von Huene et al. 1997).

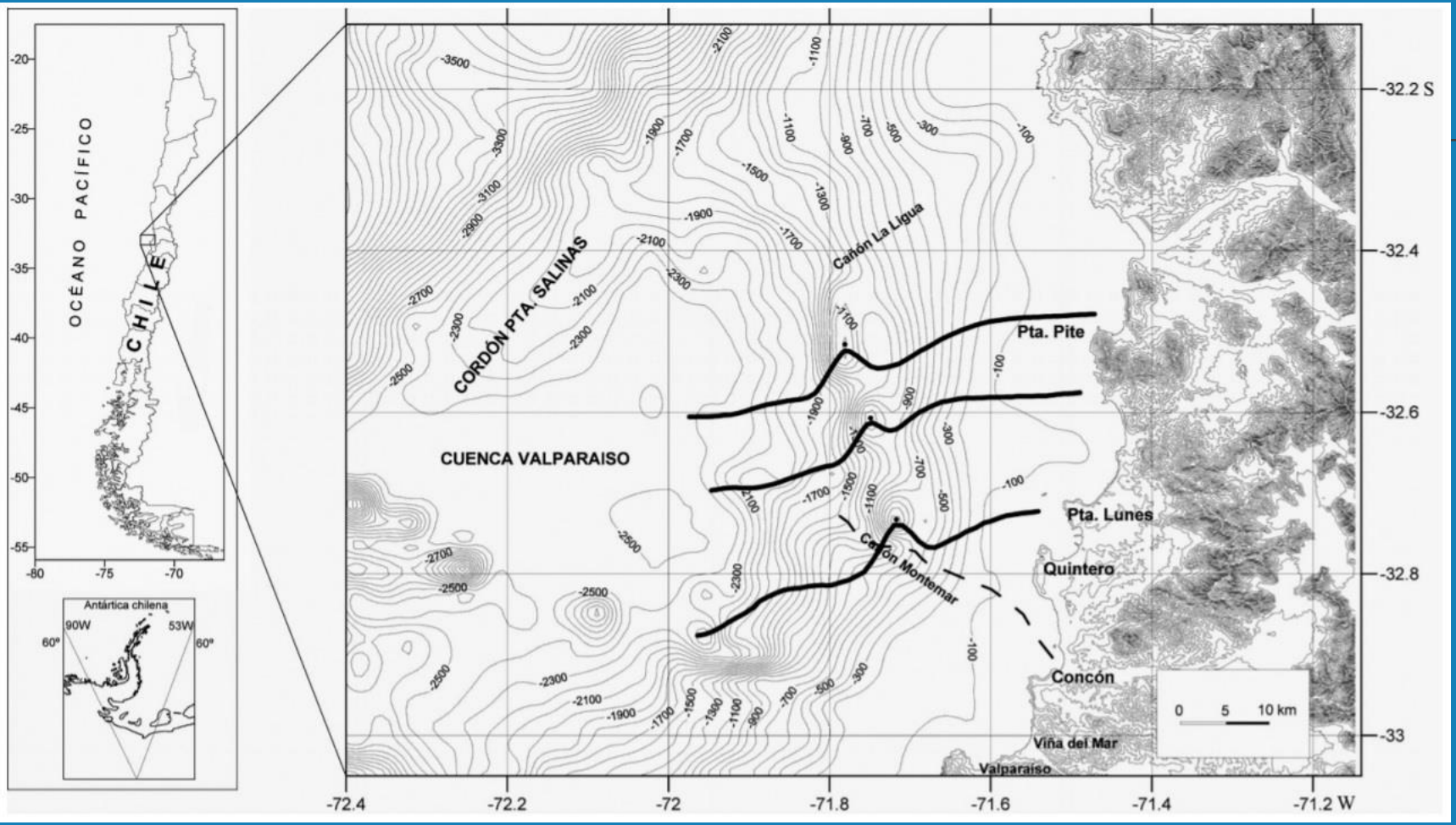
Camila Ahrendt
24/07/2020



La cuenca está rellena con un prisma sedimentario cuyo espesor fluctúa entre 2 km en la parte norte y más de 4 km en el sector sur.

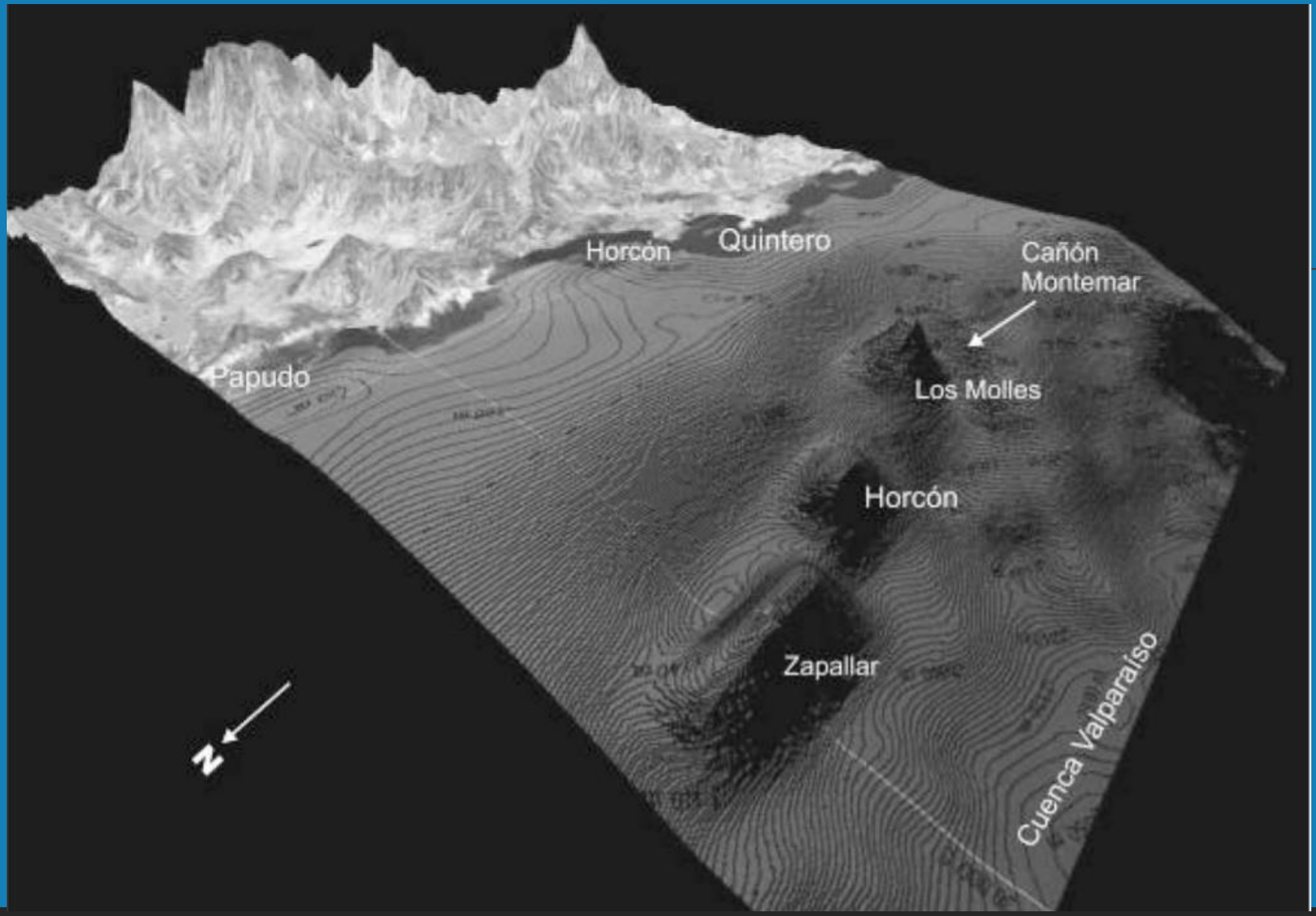
Los sedimentos superficiales son fangos biógenos con intercalaciones de arenas bioturbadas que sugieren un transporte turbulento de los estratos inferiores, con gradación normal y velocidades de sedimentación decreciente en función del tiempo geológico.

Camila Ahrendt
24/07/2020



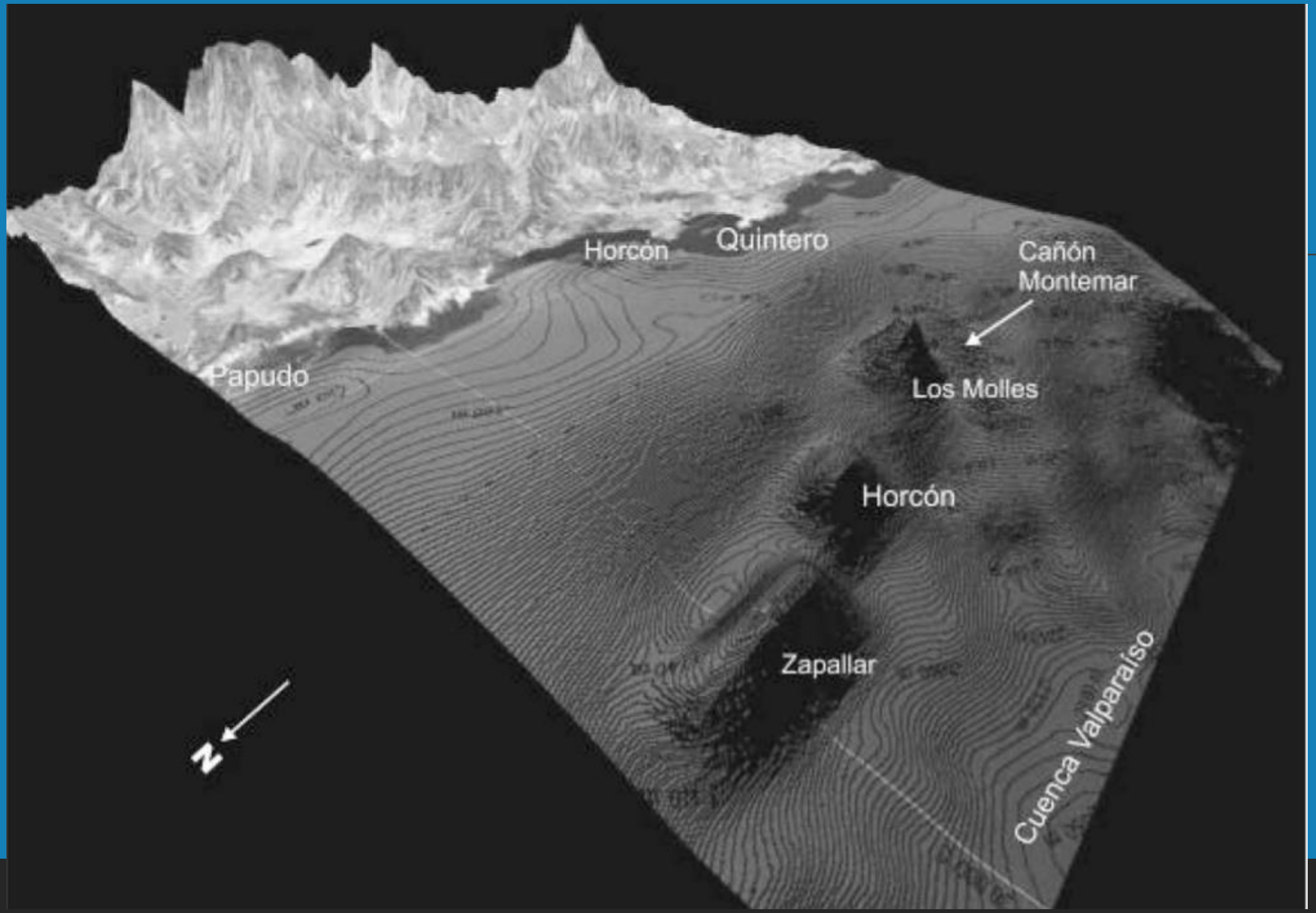
El talud inferior se caracteriza por una aspereza asociada a la corteza oceánica (monte submarino Papudo) que al subductar disloca el prisma de acreción y el borde continental (Yáñez et al. 2001, figuras 7 y 15), dejando una cicatriz morfológica de 10 km de ancho en el talud inferior, que se manifiesta en la presencia del Cordón Punta Salinas (Yáñez et al. 2001).

Camila Ahrendt
24/07/2020



Vista tridimensional del área, destacando la morfología y ubicación de altos estructurales escalonados entre la plataforma y el talud superior

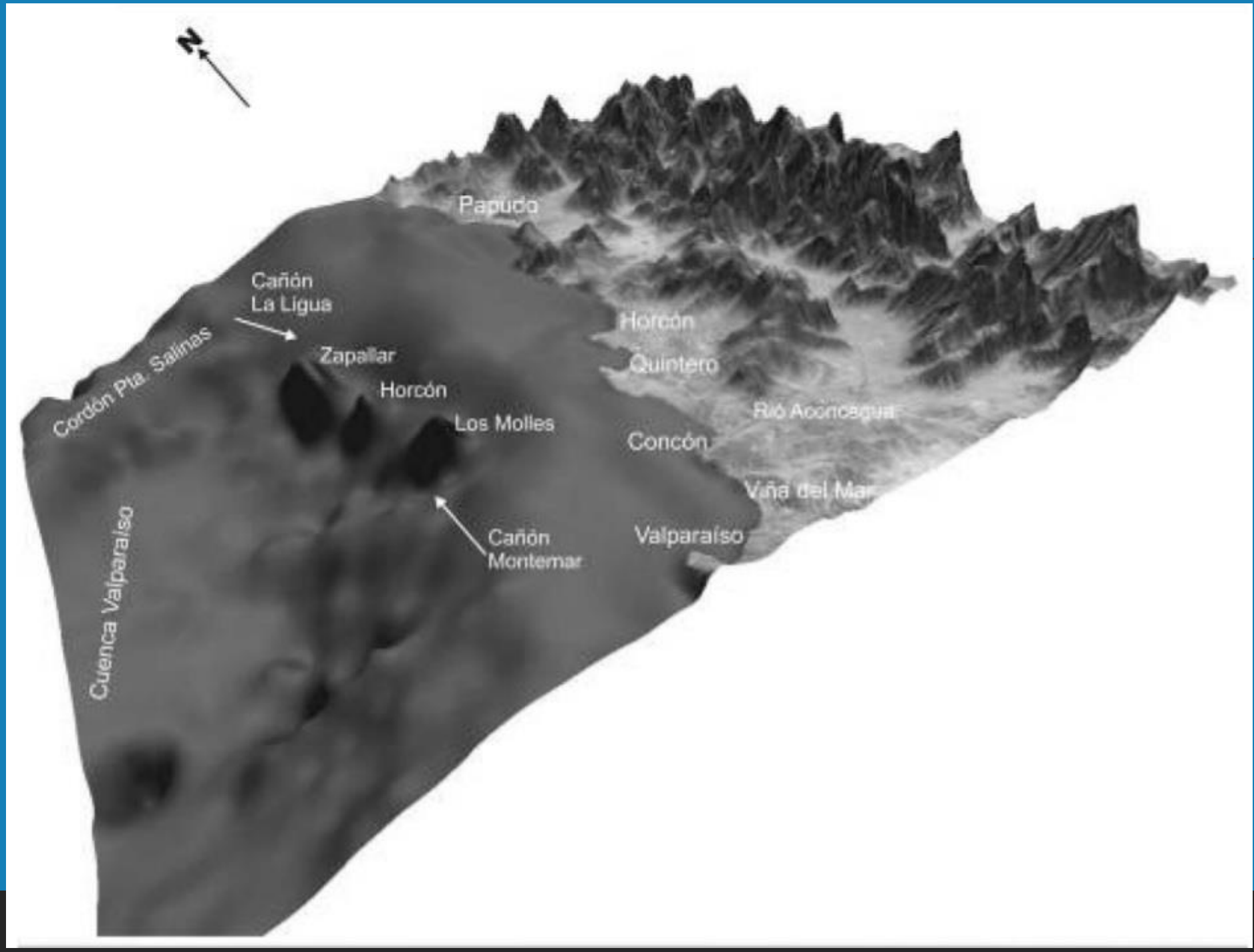
Camila Ahrendt
24/07/2020



Allí se detecta un bloque de 40 km de longitud caracterizado por tres cumbres escalonadas de orientación N10ºW a alturas promedio sobre el plano del talud de 1.230, 1.350 y 1.545 m.

Sus cimas están, de sur a norte, a 200, 733 y 880 m de profundidad, respectivamente.
Formalmente se propone designarlos como Los Molles, Horcón y Zapallar (International Hydrographic Organization 2001).

Camila Ahrendt
24/07/2020



Modelo digital del área. Cumbres limitadas por el cañón La Ligua al norte y Montemar al sur.

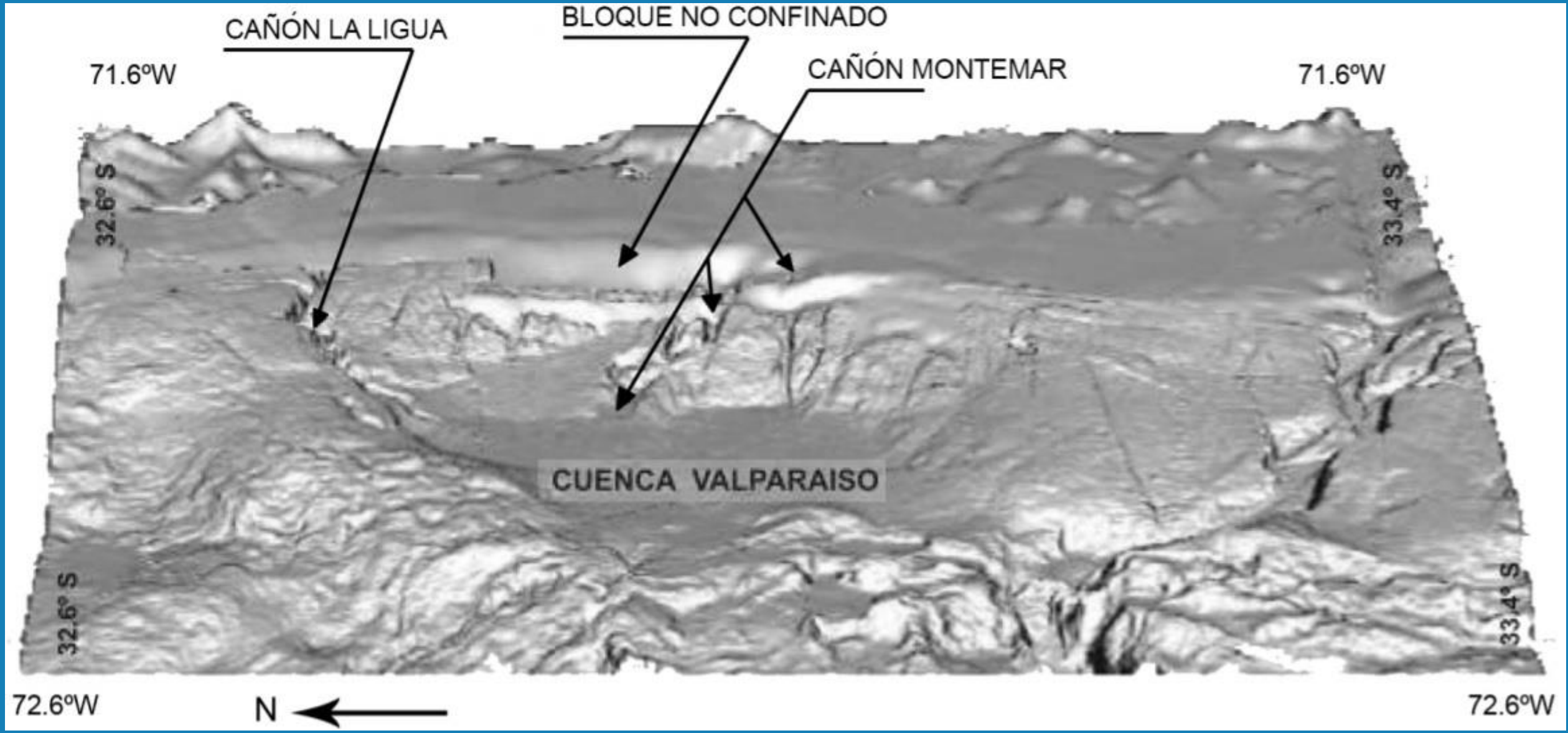
Se muestra la morfología del talud superior y se destaca la ubicación de los cañones submarinos La Ligua y Montemar, que por el norte y sur limitan la extensión de un relieve escalonado emplazado entre la plataforma y la cuenca Valparaíso.

Camila Ahrendt
24/07/2020

Simulación en realidad virtual de la batimetría que destaca la traza del cañón Montemar.

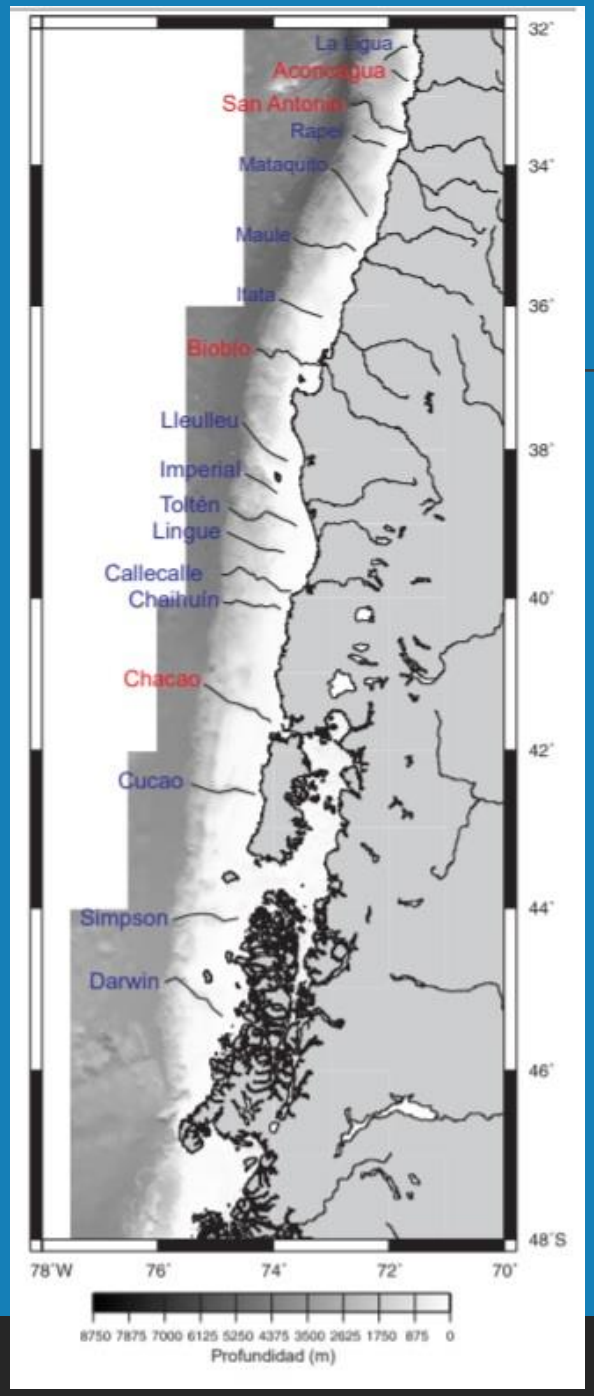
Se ilustra detalladamente la morfología del relieve escalonado y la traza del Cañón Montemar

Camila Ahrendt
24/07/2020



Paisaje regional digitalizado, costa afuera de la región de Valparaíso (modificado de Contreras 2007) ilustrando la subsidencia de bloques no confinados del borde de la plataforma. A esa escala las cumbres aquí descritas no están representados (Vergara & Astudillo. 2008)

Camila Ahrendt
24/07/2020

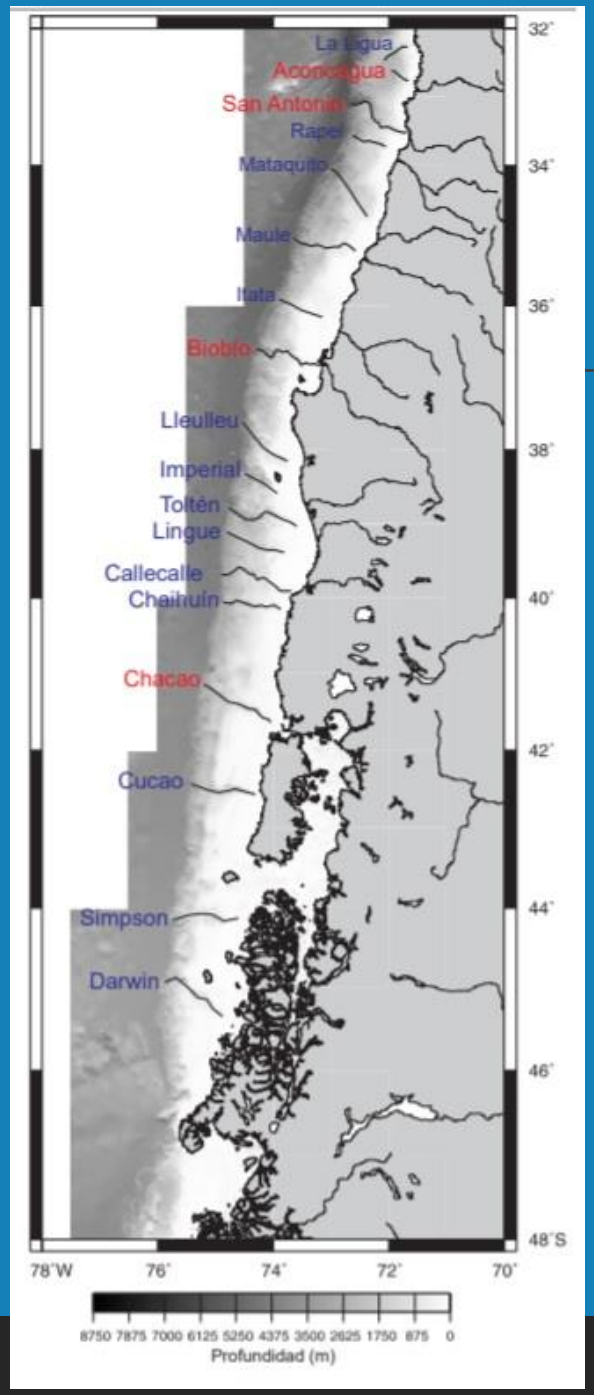


PROBLEMÁTICA

En términos generales, existe mayor información sobre montes submarinos que de CAÑONES SUBMARINOS, existiendo completas revisiones tanto a nivel internacional (Gubbay, 2003; Clark & Rowden, 2004; Morato & Pauly, 2004), como nacional (Yáñez et al., 2008; Gálvez, M.1);

lo cual contrasta con la información existente sobre cañones submarinos, la que se limita a estudios puntuales que abordan aspectos biológicos, pesqueros, oceanográficos, geomorfológicos o donde se hace referencia a los cañones en forma tangencial (Schoenherr, 1991; Hickey, 1995; Vergara, 1998; Gili et al., 1999; Hooker et al., 1999; Sobarzo et al., 2001; Key, 2002; Bosley et al., 2004; Parnell et al., 2005; Melo et al., 2007).

Camila Ahrendt
24/07/2020

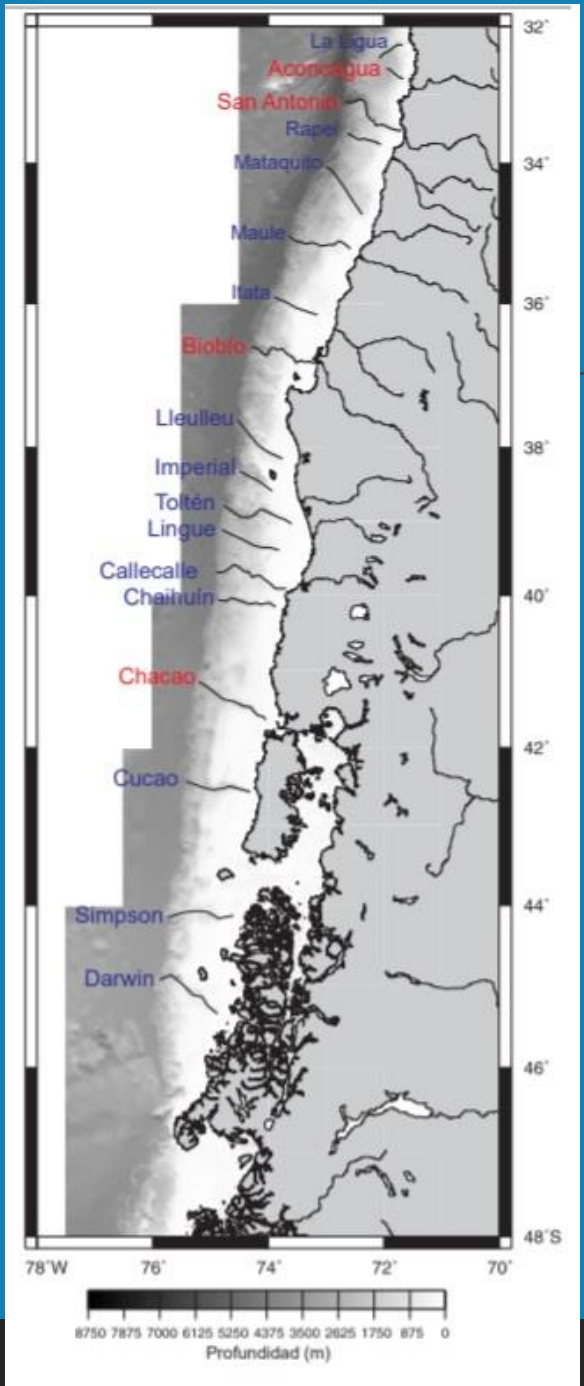


PROBLEMÁTICA

Otro aspecto interesante de destacar, es que los activos ambientales que proporcionan los cañones y montes submarinos, al parecer no se encuentran suficientemente estudiados y se centran en biodiversidad, fuente de alimentos, educación e investigación, ciclo de nutrientes y fertilidad, adicionalmente, en el caso específico de los cañones se incorporan los combustibles y la regulación atmosférica y climática.

Esto contrasta notablemente con el conocimiento que se tiene sobre los activos ambientales de los ecosistemas costeros y terrestres. Sin embargo, el desarrollo de nuevas y mejores tecnologías debiese permitir que esta situación paulatinamente comience a ser revertida.

Camila Ahrendt
24/07/2020

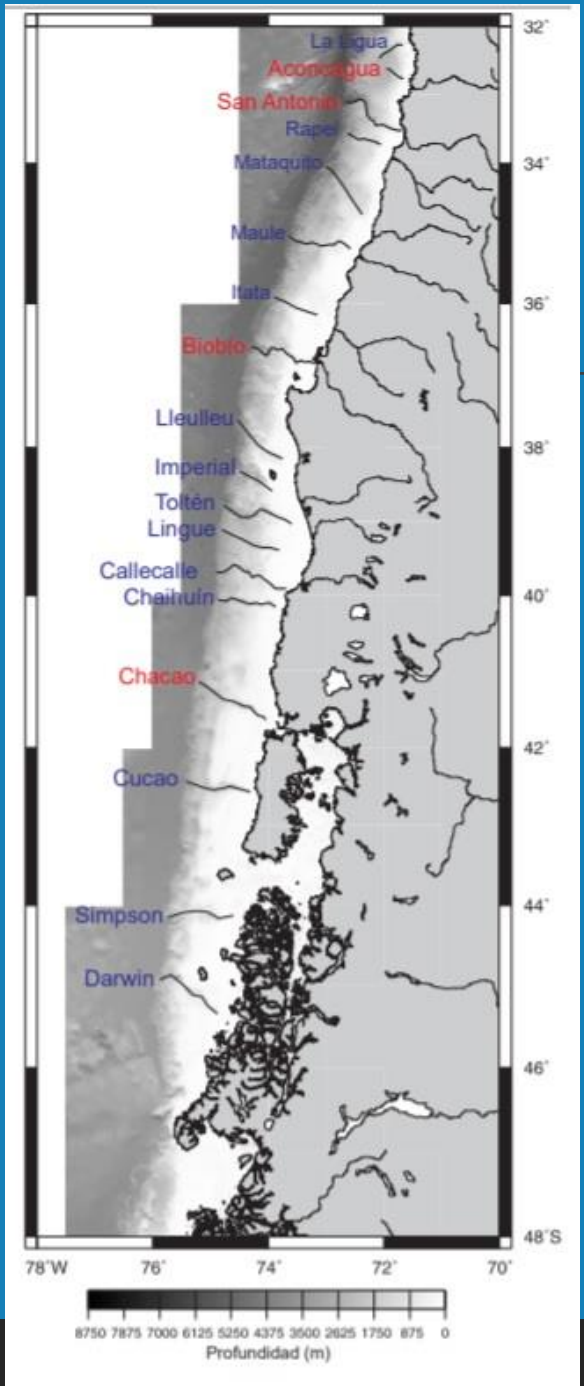


PROBLEMÁTICA

El conocimiento existente a nivel internacional sobre los ecosistemas asociados a montes y cañones submarinos es bastante limitado a nivel internacional, sobre todo si se considera que sólo unos 200 montes alrededor del mundo han sido muestreados biológicamente. En el caso específico de Chile es notable el déficit de información, la que incluye sólo elementos básicos como la identificación y la definición de ubicación geográfica (Yáñez et al., 2008).

En términos generales, se puede establecer que si bien parte del conocimiento que se tiene sobre la biodiversidad de los montes submarinos en Chile se debe a algunos estudios específicos, lo cierto es que gran parte del conocimiento surge de las actividades extractivas y su relación con la pesca incidental.

Camila Ahrendt
24/07/2020



PROBLEMÁTICA

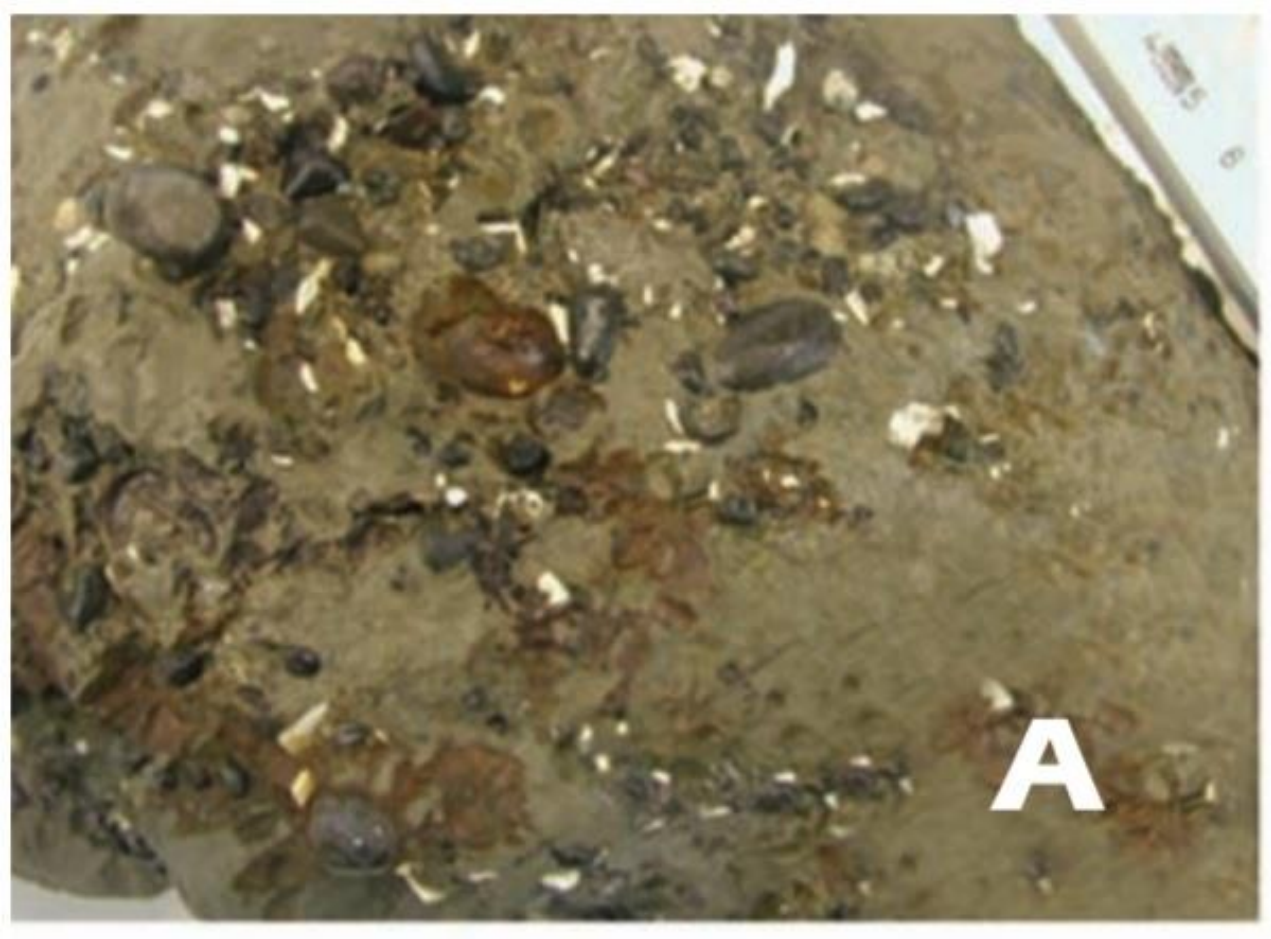
En el caso de los cañones, la situación es aún más limitada. Los estudios existentes en Chile, además de ser escasos presentan una marcada orientación hacia la oceanografía física, tales como los de Sobarzo et al. (2001) y Sobarzo y Djurfeldt (2004) o hacia sus características morfológicas (Pineda, 1999; Hagen et al., 1996; Laursen y Normark, 2002).

Para poder realizar una valoración de los cañones y montes submarinos, es necesario construir una matriz de activos ambientales asociada a cada uno de estos ecosistemas.

Hoy en día la matriz de activos ambientales asociada a los ecosistemas marinos, tanto de montes como de cañones, es muy limitada, lo que claramente devela lo poco estudiado que están estos sistemas.

Por lo tanto, es clave contar con un estudio que permita ampliar la matriz. Estimando que sería necesario realizar un workshop sobre para lograr consensos en términos de los activos que deberán ser considerados.

Camila Ahrendt
24/07/2020



Litologías típicas del margen continental de Chile, obtenido con una draga a bordo del buque de investigación alemán R/V “Sonne” (SO 161-5) en el año 2002.

Flujos de detritos de un cañón submarino, incluyendo una mezcla característica de tres componentes:

(1) fragmentos de conchas (blanco) representando ambientes someros cerca de la costa, contribuido al cañón durante una tormenta;

(2) clastos gruesos volcánicos (negro) de la cordillera, bien redondeados durante transporte fluvial y contribuido al cañón directamente por un delta;

(3) matriz de arcilla fina (color café) representando depósitos de corrientes de turbidez en el talud continental (margen del cañón Calle Calle).

Camila Ahrendt
24/07/2020

Así, la composición del material del fondo esta también regulado por la topografía, siguiendo la línea del quiebre de la plataforma, la cual es más angosta hacia al norte ensanchándose hacia el sur, siendo cortada en varios puntos por la presencia de cañones submarinos que influyen en la circulación de fondo, en el caso de la zona sur (36ºS) la presencia del cañón del Bio Bío intensifica las corrientes de fondo desde el borde de la plataforma hacia fuera (Sobarzo et al., 2001; Sobarzo y Djurfeldt, 2004), lo cual permite el transporte del material fino, dejando fondos duros expuestos como ha sido sugerido para otras zonas (Lamy et al., 1998).

Los cañones submarinos permiten el transporte de gran cantidad de material que es canalizado directamente hacia el talud y de acuerdo a la intensidad de las corrientes, los sedimentos finos depositados sobre la plataforma serán transportados hacia zonas más profundas, como se observó en la zona frente a Chiloé, donde los sedimentos superficiales están ausentes producto de la remoción del material mas fino.

A diferencia de otras zonas donde la plataforma constituye un ambiente sedimentario, las partículas pueden tener eventos repetidos de resuspensión y re depositación antes de ser transportados (Bacon et al., 1994).

Camila Ahrendt
24/07/2020

Así, la composición del material del fondo esta también regulado por la topografía, siguiendo la línea del quiebre de la plataforma, la cual es más angosta hacia al norte ensanchándose hacia el sur, siendo cortada en varios puntos por la presencia de cañones submarinos que influyen en la circulación de fondo, en el caso de la zona sur (36ºS) la presencia del cañón del Bio Bío intensifica las corrientes de fondo desde el borde de la plataforma hacia fuera (Sobarzo et al., 2001; Sobarzo y Djurfeldt, 2004), lo cual permite el transporte del material fino, dejando fondos duros expuestos como ha sido sugerido para otras zonas (Lamy et al., 1998).

Los cañones submarinos permiten el transporte de gran cantidad de material que es canalizado directamente hacia el talud y de acuerdo a la intensidad de las corrientes, los sedimentos finos depositados sobre la plataforma serán transportados hacia zonas más profundas, como se observó en la zona frente a Chiloé, donde los sedimentos superficiales están ausentes producto de la remoción del material mas fino.

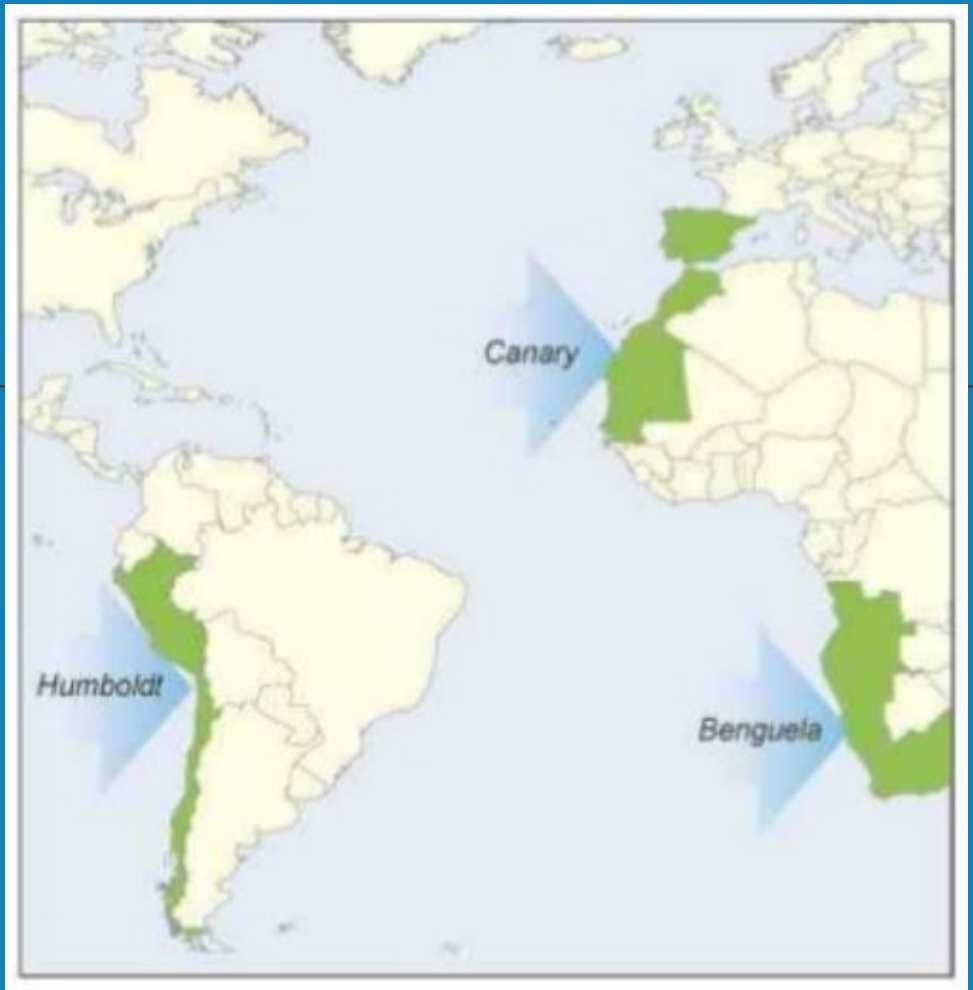
A diferencia de otras zonas donde la plataforma constituye un ambiente sedimentario, las partículas pueden tener eventos repetidos de resuspensión y re depositación antes de ser transportados (Bacon et al., 1994).

Camila Ahrendt
24/07/2020

A lo largo de los sistemas de borde oriental de los océanos, se encuentran localizados los centros de mayor productividad biológica (Barber & Smith, 1981).

Las regiones de California, Canarias, Humboldt y Benguela son las zonas biológicamente más productivas de los océanos del mundo, y al mismo tiempo sustentan las grandes pesquerías (Patti et al., 2008). El Sistema de Corriente de Humboldt (SCH), también conocido como Sistema Chile-Perú, se ubica en el borde oriental del giro Subtropical del Pacífico Sudeste, y está limitado en el norte por el Sistema de Corrientes Ecuatoriales y en el sur por la Corriente del Pacifico Sur conocida comúnmente como la Corriente de Deriva del Oeste (WWD, West Wind Drift).

Camila Ahrendt
24/07/2020



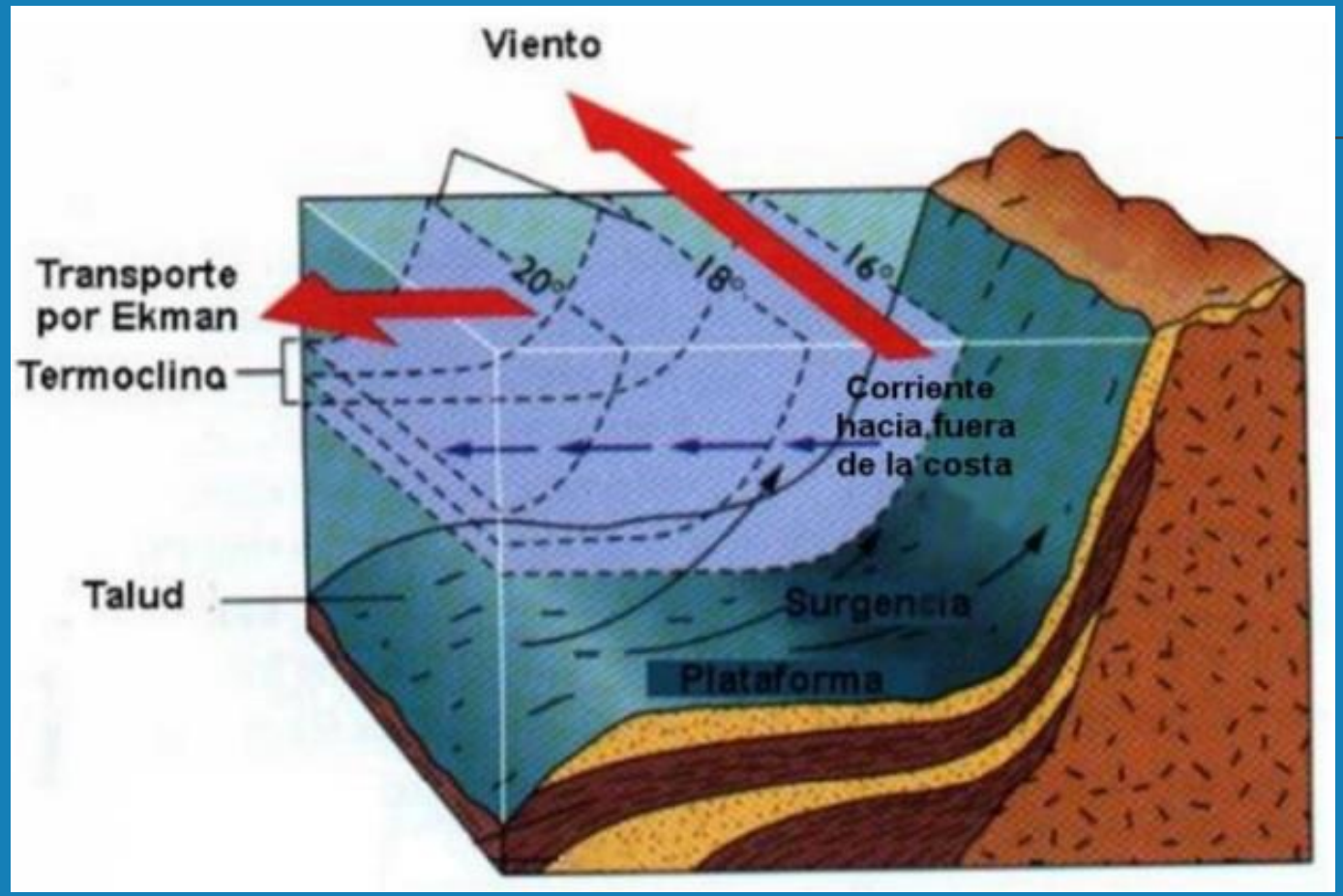
A lo largo de los sistemas de borde oriental de los océanos, se encuentran localizados los centros de mayor productividad biológica (Barber & Smith, 1981).

En el Océano Pacífico Sur Oriental se ubica el sistema de Corrientes Humboldt (Sturb et al. 1998) que incluye los sistemas de surgencia costera de Perú y Chile (Morales & Lange, 2004). En este sistema, la fuente principal del agua de la surgencia es el Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS), que se caracteriza por tener una alta concentración de nutrientes y un bajo contenido de oxígeno disuelto que aflora a la zona eufótica (Sievers & Silva, 1982; Silva, 1983).

Camila Ahrendt
24/07/2020

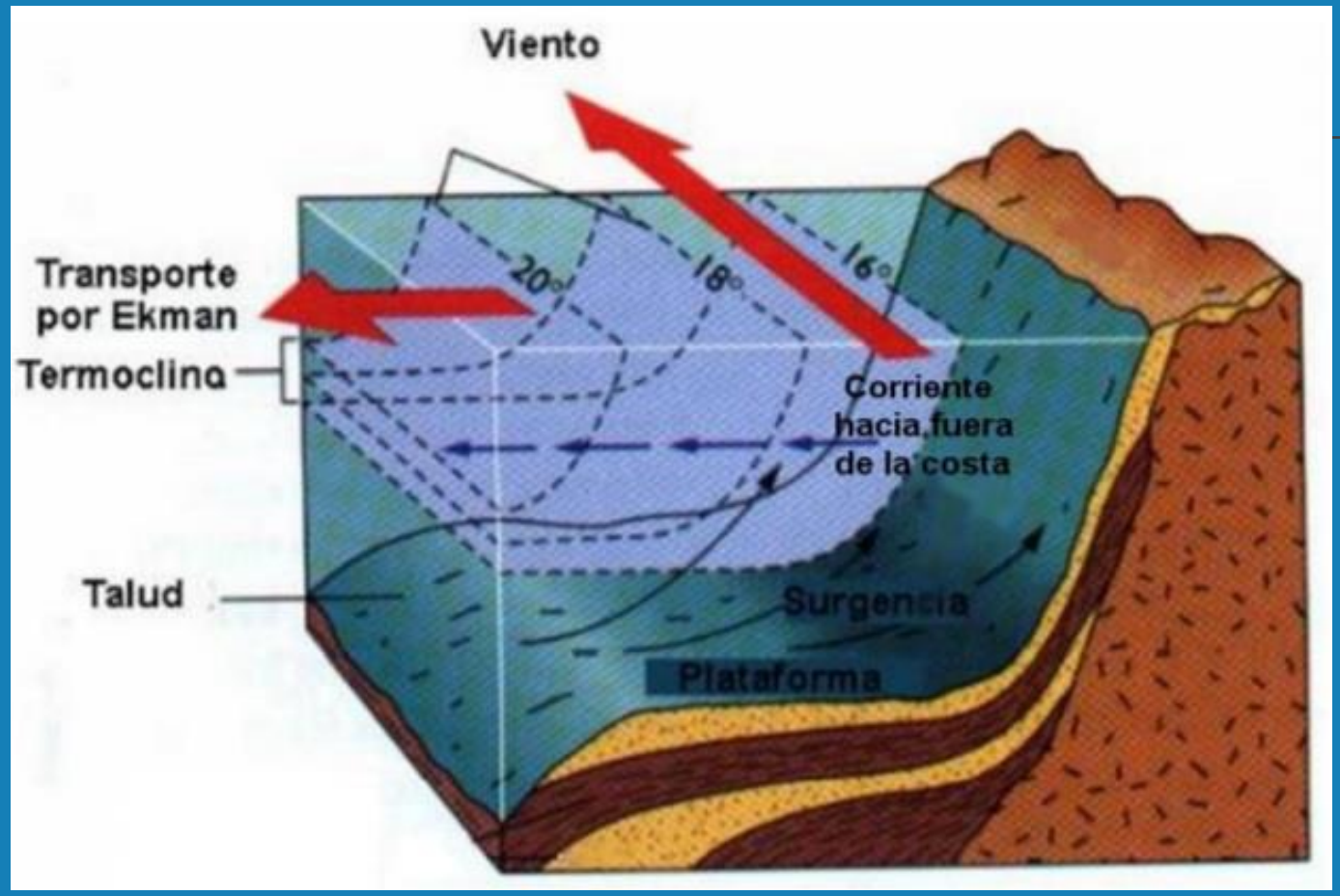
Chile es conocido a nivel mundial por tener uno de los ecosistemas marinos más productivos, donde las pesquerías son ampliamente apreciadas por su riqueza y diversidad. Esto se da gracias a un fenómeno oceanográfico que ocurre principalmente a lo largo de las costas de África del sur, noroeste de África, oeste de Estados Unidos y Chile-Perú. Estamos hablando del fenómeno de surgencia o afloramiento, que consiste en el ascenso a la superficie de masas de agua profundas -que son frías y ricas en nutrientes-, debido al movimiento de aguas superficiales mar adentro.

Camila Ahrendt
24/07/2020



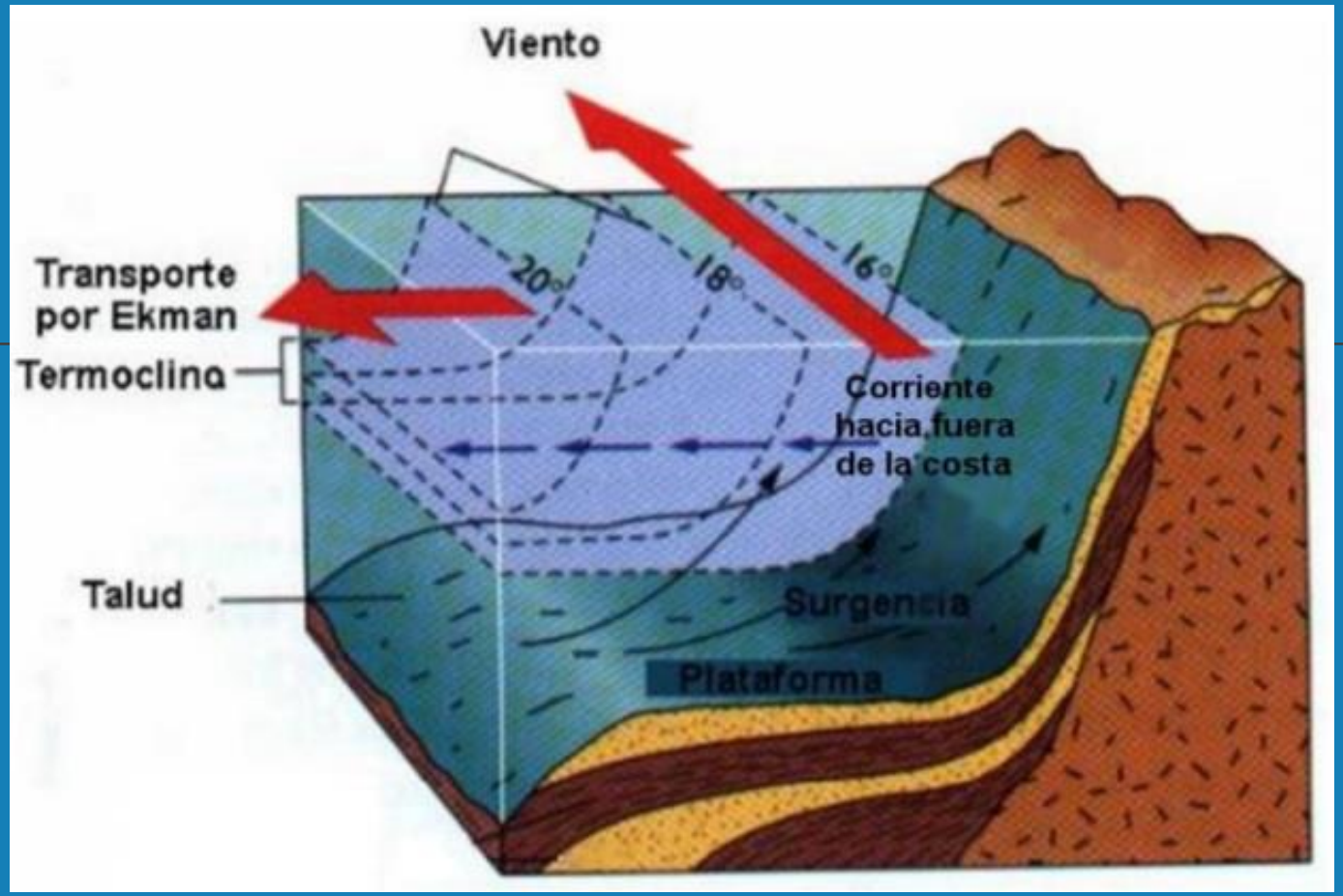
¿Por qué es importante la surgencia? Fertiliza el mar El océano puede separarse en capas: una superficial, donde llega la luz y generalmente hay pocos nutrientes; y otra profunda, oscura y rica en nutrientes. En tierra, cuando un organismo muere los restos vuelven a la tierra, en donde se descomponen formando nutrientes que después son utilizados por las plantas. En el mar, cuando un ser vivo muere se hunde a aguas profundas y allí se descompone. Sin embargo, los nutrientes quedan guardados en el fondo porque, debido a la falta de luz, no hay algas que puedan usarlos (al igual que las plantas, las algas no crecen en la oscuridad). Gracias a la surgencia estos nutrientes suben a la superficie, donde son vitales para la fotosíntesis de algas microscópicas que viven flotando en la capa luminosa del océano.

Camila Ahrendt
24/07/2020



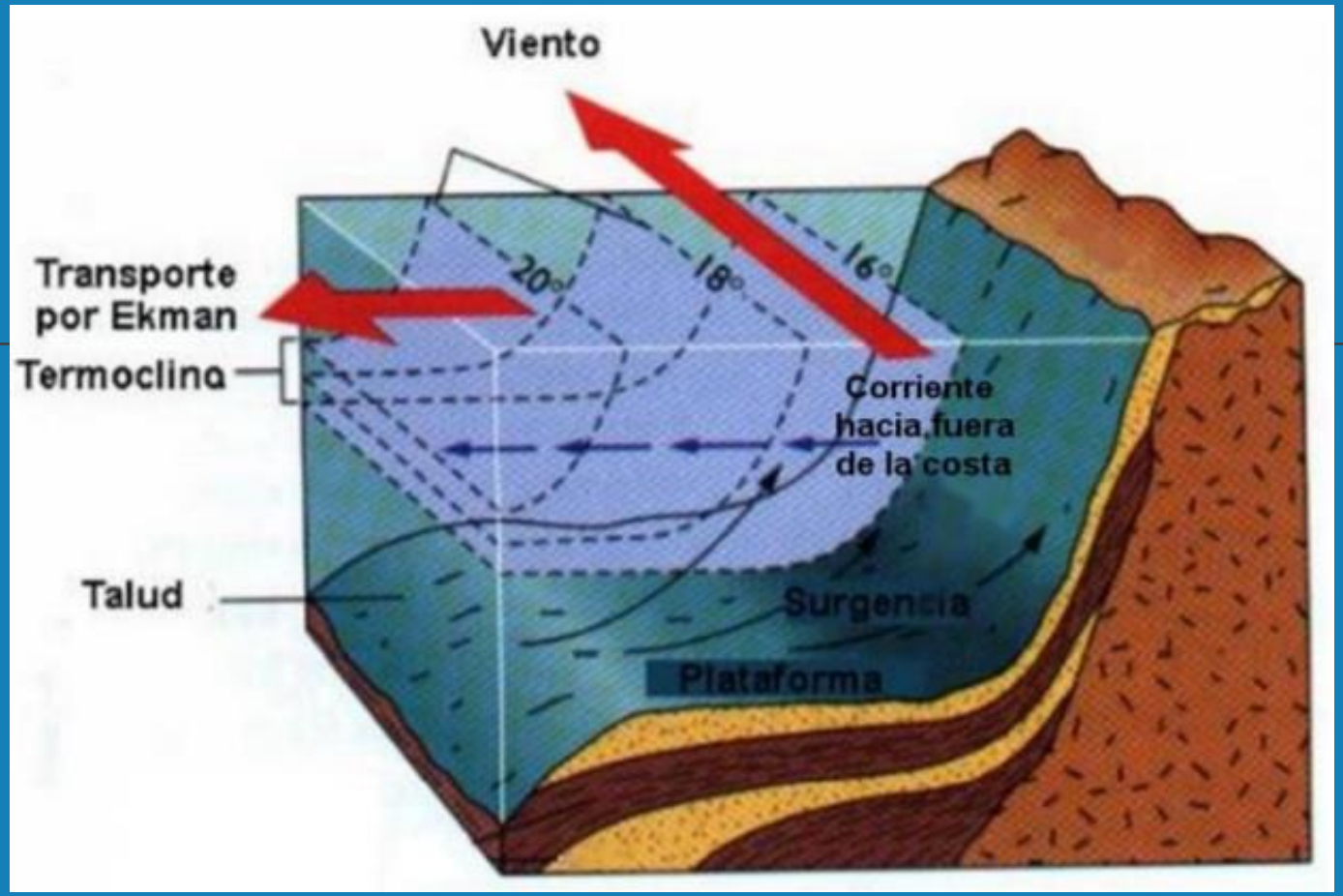
Las algas microscópicas (también llamadas fitoplancton), al "alimentarse" de los nutrientes traídos por la surgencia, crecen y se reproducen muy rápido, formando una especie de sopa verde. Esta sopa, a su vez, alimenta animales microscópicos (llamados zooplancton), además de medusas, camarones y pequeños peces, quienes luego son comidos por otras criaturas y peces más grandes. Es decir, la materia orgánica producida en base a los nutrientes y la fotosíntesis de las algas se transmite a todos los organismos que habitan estos ecosistemas Gracias a este proceso, cerca de la mitad de los peces capturados en el mundo provienen de lugares donde hay surgencia, aun cuando los ecosistemas de surgencia representan menos del 1% del área de los océanos.

Camila Ahrendt
24/07/2020



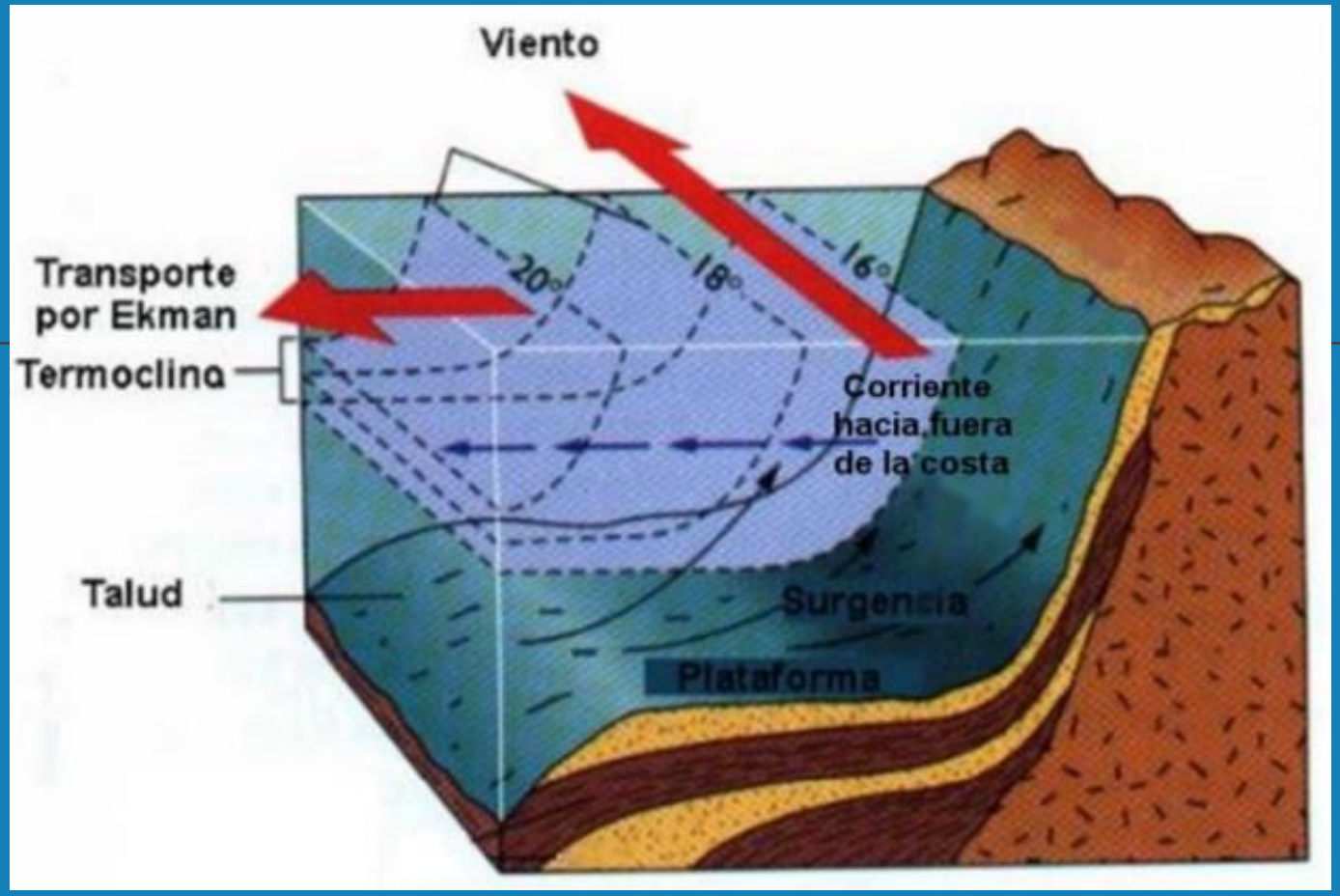
La surgencia que se manifiesta en los sistemas de borde oriental está asociada a puntos topográficos específicos como puntas, penínsulas, cabos y bahías (Fonseca & Farías, 1987), donde se desarrollan focos que están distribuidos heterogéneamente a lo largo de la costa.

Camila Ahrendt
24/07/2020



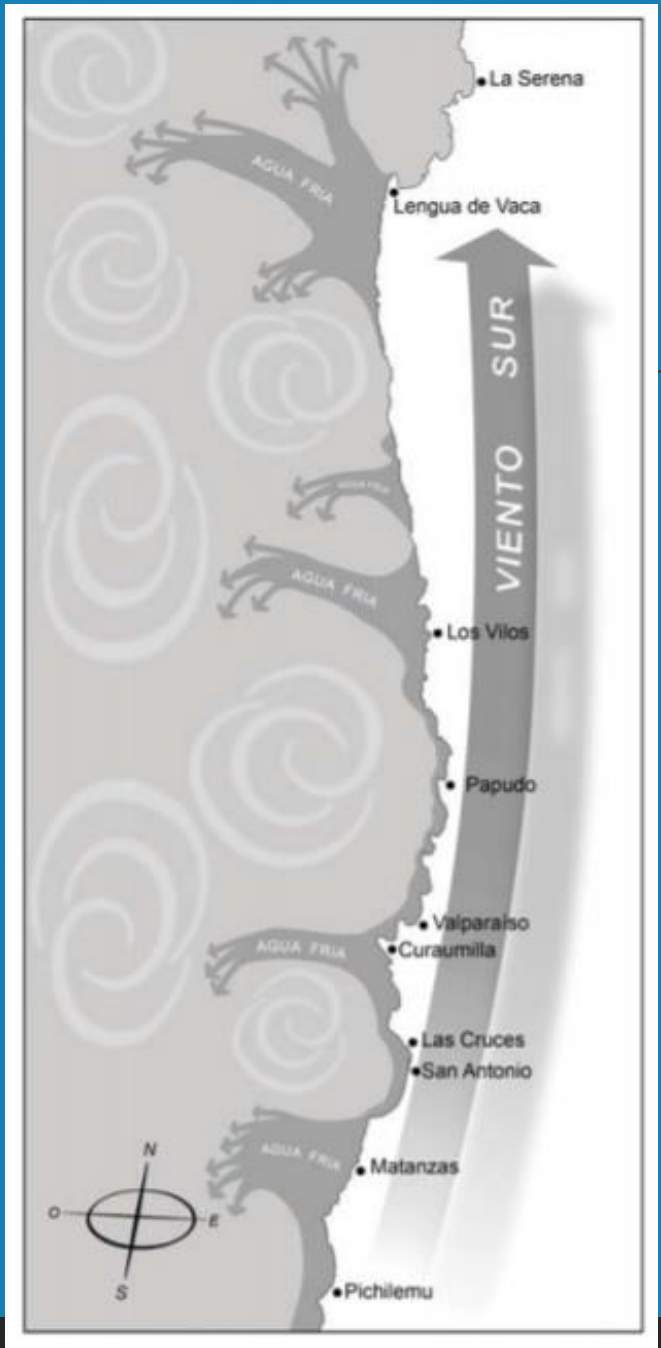
La surgencia es uno de los procesos de interacción océano-atmósfera de importancia clave en la productividad de los ecosistemas marinos costeros (Mann & Lazier 1991). Este movimiento vertical, o surgencia, genera cambios físicos y químicos en la zona eufótica, tales como disminución de la temperatura y del oxígeno y aumento de los nutrientes.

Camila Ahrendt
24/07/2020



El SCH sustenta las principales pesquerías a lo largo de Chile, en las que se encuentran el jurel (Trachurus murphyi), la sardina común (Strangomera bentincki) y anchoveta (Engraulis ringens). La sardina y anchoveta son los recursos más importante del país, sólo en el año 2012, se extrajeron aproximadamente 1.750.000 toneladas entre ambas especies para todo Chile (Sernapesca, 2012).

Camila Ahrendt
24/07/2020



En el norte de Chile la surgencia es permanente, pero débil. En la zona central, la surgencia es estacional, siendo fuerte durante primavera-verano. A su vez, las puntas o penínsulas muestran surgencia intensa, independiente de su ubicación.

¿Dónde y cuándo ocurre la surgencia en Chile?

Aunque toda la costa de Chile posee vientos favorables para la surgencia, el fenómeno varía extremadamente a lo largo de la costa y en el tiempo debido, principalmente, a los vientos.

Por ejemplo, en la zona norte de nuestro país los vientos del sur tienden a ser más débiles, pero persistentes, por lo que hay surgencia débil durante todo el año. Sin embargo, en la zona centro los vientos de surgencia son estacionales, pero más fuertes, causando fuertes eventos de surgencia principalmente durante primavera-verano.

Otra cosa que modifica la surgencia es la forma de la costa. Como se puede ver en el mapa, existen puntos de intensa surgencia asociados a puntas o penínsulas, como por ejemplo Punta Lengua de Vaca, Punta Curaumilla y Punta Topocalma en la zona central.

En estas áreas, hay enormes filamentos de agua fría de surgencia que se extienden a cientos de millas de la costa.

Camila Ahrendt
24/07/2020

En el sistema de Humboldt (Perú- Chile) se desarrollan dos importantes áreas de surgencia las que se ubican en el centro de Perú (~14,5° S) y centro-sur de Chile (~36,5° S) (Strub et al. 1998). A lo largo de la costa chilena, la ocurrencia de surgencia costera se produce en casi todo el litoral (Otárola, 2009), De este modo, el norte de Chile (18°- 30°S) se caracteriza por una surgencia que puede ocurrir durante todo el año (Fonseca & Farías, 1987; Escribano et al., 2004), mientras que el centro sur de Chile (30-41°S), específicamente frente a Concepción, se caracteriza por una surgencia de carácter estacional, con mayor intensidad durante primavera-verano (Cáceres & Arcos, 1991; Sobarzo et al., 2001b, 2007).

Camila Ahrendt
24/07/2020

La zona costera del Desierto de Atacama se caracteriza por la presencia de centros de surgencia (D' Aubarede 1967). Rodríguez et al. (1991) han establecido que el área de la Península de Antofagasta y Bahía de Mejillones del Sur (23° 05' S) en la costa chilena corresponde a uno de estos centros. Estimaciones preliminares de la productividad primaria de esta bahía (Rodríguez et al. 1986) muestran valores comparables a los de zonas de surgencia de Perú (Richards 1981, Calienes et al. 1985, Mclsaac et al. 1985) y de otras regiones del mundo (Koblentz-Mishke & Vedernikov 1973, Sournia, 1973). Una de las consecuencias de esta alta productividad es la presencia de bajas concentraciones de oxígeno, especialmente cerca del fondo debido a la sedimentación de la materia orgánica por bajo la zona eufótica (Parsons et al. 1984). Bajas concentraciones de oxígeno son características de Bahía Mejillones y han sido asociadas a la surgencia costera de la zona (N a vea & Miranda, 1980; Rodríguez et al. 1986).

Camila Ahrendt
24/07/2020

Por otra parte, antecedentes de otras zonas desérticas muestran la existencia de un arrastre significativo de partículas terrígenas hacia el océano (Seibold & Berger 1982). El Desierto de Atacama es una zona conocida por su riqueza en nitratos (salitre). Si por acción del viento este nitrato, denominado a partir de aquí nitrato eólico, fuera transportado a la zona costera, este sería un mecanismo adicional de enriquecimiento en nutrientes.

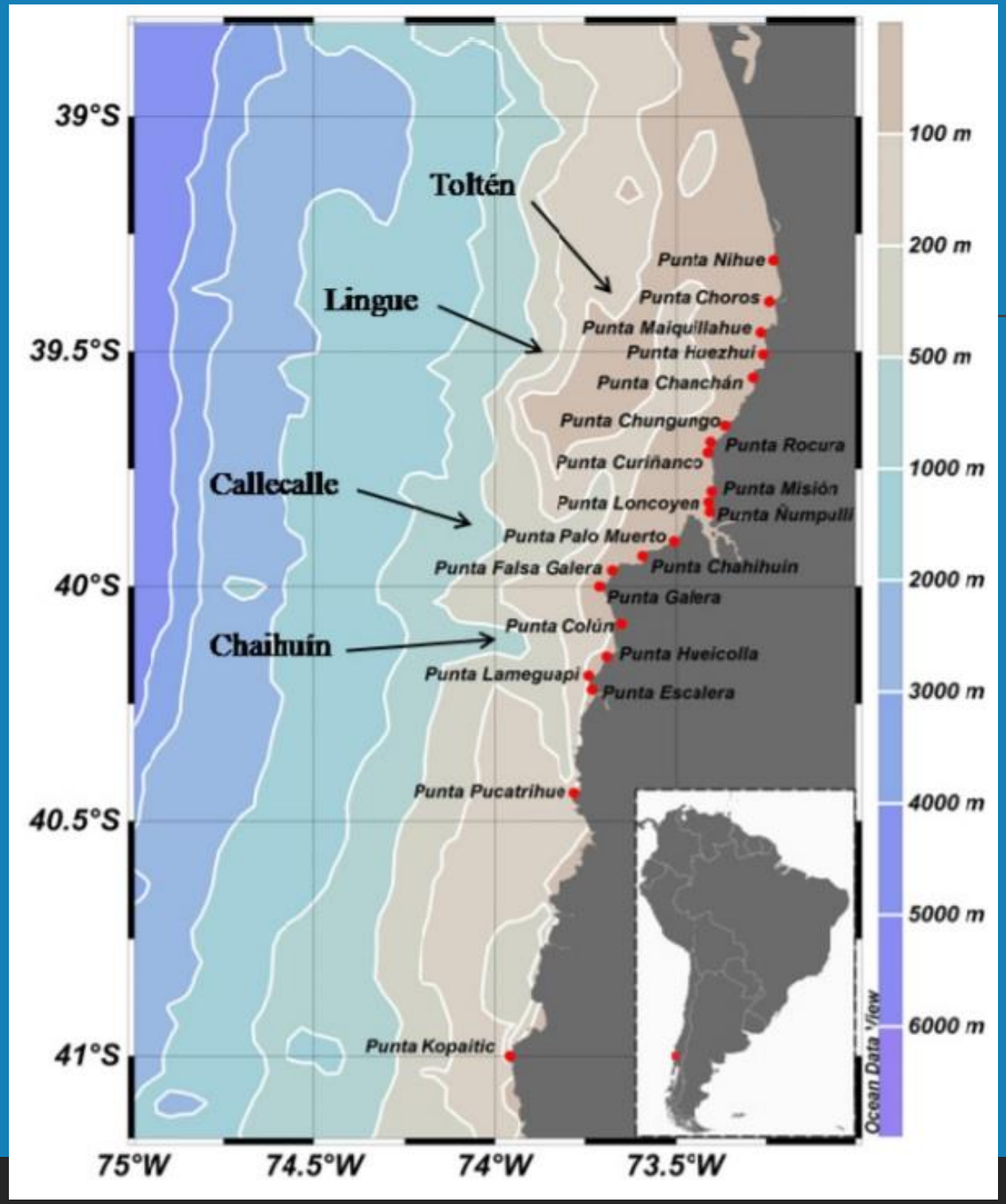
Camila Ahrendt
24/07/2020

En la plataforma continental de Chile central se encuentra una de las áreas de surgencia más productivas del sistema de Humboldt. Esta zona, constituida por las regiones VIII y IX de Chile, alberga una importante actividad pesquera industrial y artesanal, además de un importante desarrollo urbano.

El proceso de surgencia manifiesta una fuerte estacionalidad, caracterizada por una intensificación de los vientos S y SW en la primavera y verano. Esta estacionalidad se manifiesta también en el ciclo anual de nutrientes, producción biológica, biomasa de fitoplancton y el desove de peces pelágicos y demersales.

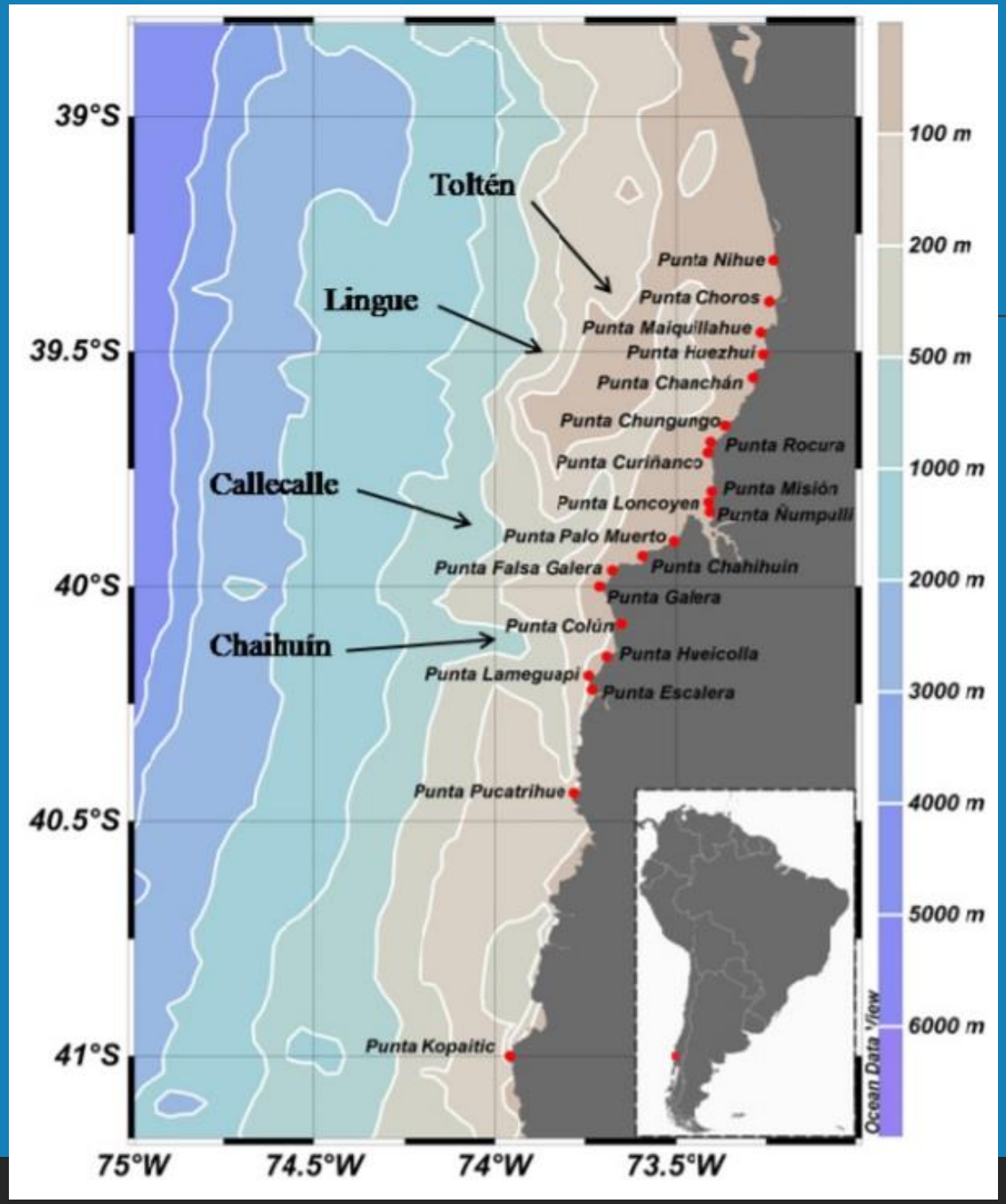
La estacionalidad de ecosistema de surgencia es predecible año a año

Camila Ahrendt
24/07/2020



Y asociado a los CAÑONES SUBMARINOS… la región central-sur está bordeada por dos profundos cañones submarinos, Biobío e Itata (Sobarzo, 1998), exhibe surgencia de tipo estacional durante primavera-verano (Arcos & Navarro, 1986; Peterson et al., 1988); recibe aportes significativos de agua dulce proveniente del río Biobío, uno de los ríos más caudalosos de Chile (Faúndez et al., 2001); y comprende un conjunto de bahías con diferentes tamaños y topografías (e.g. bahías de Concepción, Coronel, San Vicente, Coliumo, y Golfo de Arauco) donde se concentra gran parte de la población humana y de la actividad pesquera (Ahumada, 1989)

Camila Ahrendt
24/07/2020



La plataforma continental al sur de Perú es bastante estrecha hasta el norte de Chile (10 - 15 km), enanchándose hacia la zona centro y sur del país (hasta 65 km.), siendo interrumpida por cañones submarinos (San Antonio 33°S y Bío-Bío 37°S) (Muñoz et al., 2004). Hacia el sur entre 39 - 40°S la plataforma se encuentra interrumpida por los cañones de Toltén, Lingue, Callecalle y Chaihuín (Díaz-Naveas & Frutos, 2010)

Camila Ahrendt
24/07/2020

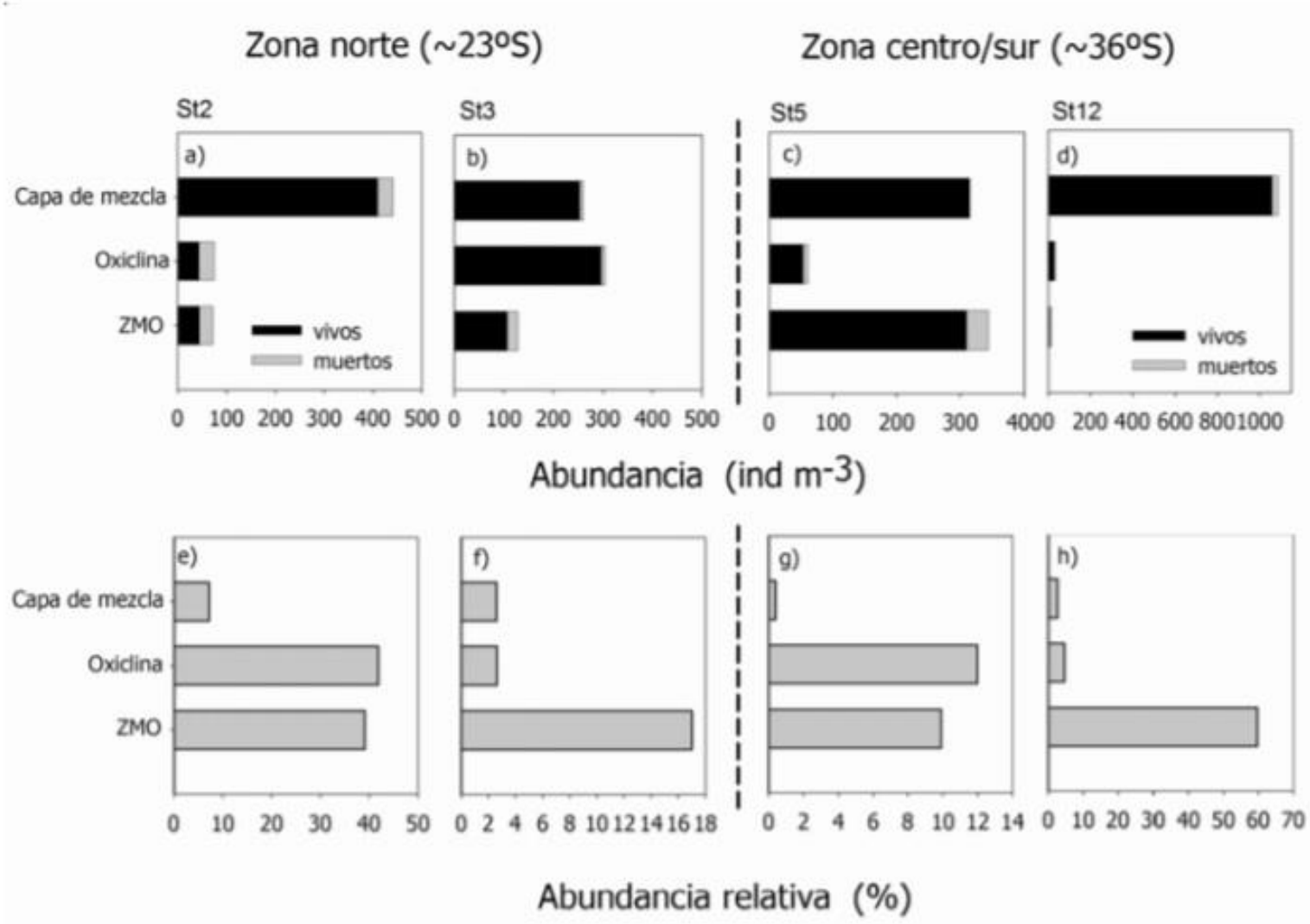
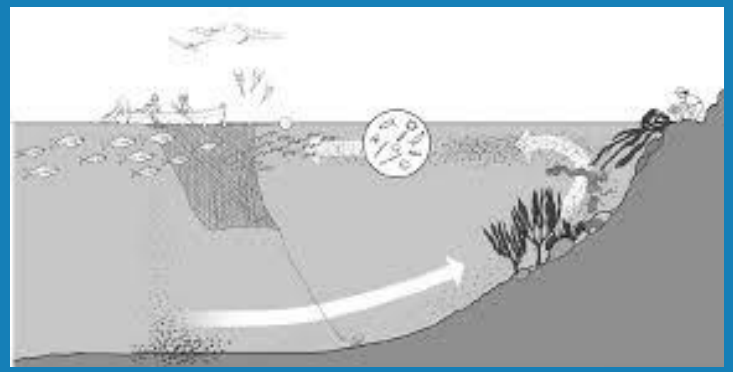


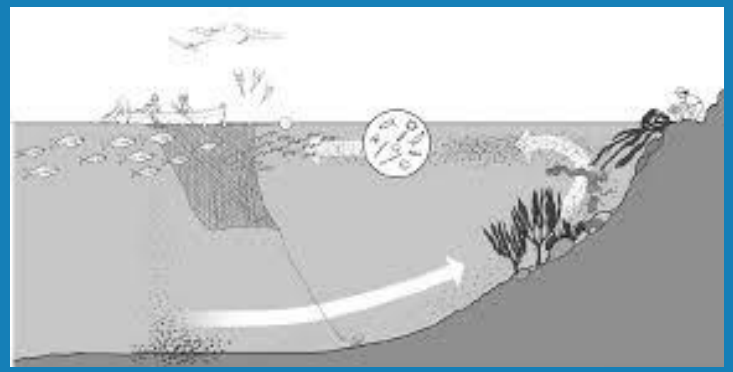
Figura 3. Distribución vertical y abundancia total de individuos vivos y muertos de *Paracalanus indicus* con respecto a los estratos definidos en la St2 y St3 en el norte (~23ºS)(a y b) y en la St5 y St12, centro/sur de Chile (~36ºS) (c y d); Abundancia relativa (%) de copépodos muertos con respecto a la abundancia total en el norte (~23ºS) (e y f) y centro/ sur de Chile (~36ºS) (g y h) / Vertical distribution and total live/dead copepods abundance of *Paracalanus indicus* with respect to three layer were sampled in the St2 and St3 at northern (~23ºS) (a and b) and in the St5 y St12, central-southern Chile (~36ºS) (c and d); Relative abundance (%) of dead copepods on total abundance at northern (~23ºS) (e and f) and central/southern Chile (~36ºS) (g and h)

Camila Ahrendt
24/07/2020



La marcada variabilidad temporal en los niveles de producción primaria en la VIII Región sugiere que existen peculiaridades en el sistema que favorecerían el desarrollo de una variedad de condiciones que resultan favorables para la producción del fitoplancton, donde el concepto clásico de la surgencia debida a transporte de Ekman inducido por vientos locales es quizás sólo uno de los factores. Hoy se reconoce que no sólo la fertilización de la capa superficial explica la alta producción biológica, sino que el efecto combinado de distintos procesos advectivos, turbulentos y biológicos (Margalef, 1978; Mann & Lazier, 1996) determinan que cada sistema de surgencia sea único en términos de su productividad.

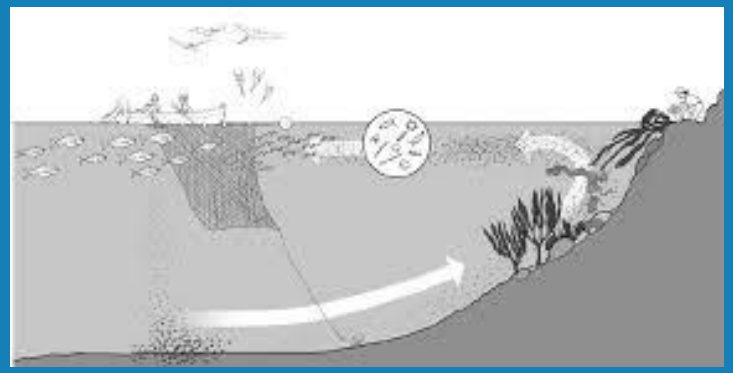
Camila Ahrendt
24/07/2020



Los ecosistemas de surgencia responden a la interacción océano – atmósfera, a través del estrés del viento (Herrera, 2003). Es un proceso físico de implicancias biológicas clave en la productividad de los ecosistemas marinos costeros (Marine et al., 1993) del sistema de borde oriental. El comportamiento y distribución de los recursos están relacionados con el medio ambiente, por ende, los cambios en el medio físico condicionan de manera importante la cobertura geográfica de los recursos y su abundancia (García, 2006).

Aguas profundas frías, llenas de nutrientes, que favorecen la vida MARINA

Camila Ahrendt
24/07/2020

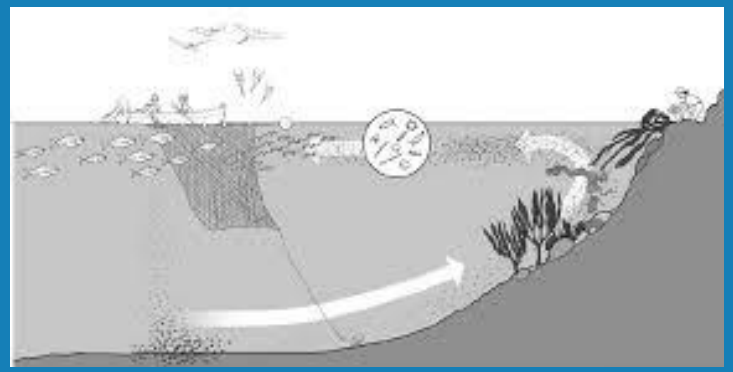


En términos ecológicos, la surgencia costera permite el enriquecimiento de la capa superficial con nutrientes provenientes de las aguas superficiales incrementando la productividad biológica que permite albergar una importante actividad pesquera industrial y artesanal en la zona (Escribano, et al., 2004).

La productividad se puede reflejar en términos de producción primaria con una alta abundancia de fitoplancton que expresa también en términos de altas concentraciones de clorofila-a (Davies, 2009) por lo que la especificación de las zonas productivas está relacionada con la distribución y concentración del fitoplancton.

La duración en el tiempo de la distribución del fitoplancton, se regirá por factores físicos, como la circulación y surgencia costera (Rocha, 2001). Por otra parte, el fitoplancton que habita en los océanos puede alterar el color del agua cuando un gran número de estos organismos se concentra en un área (Davies, 2009).

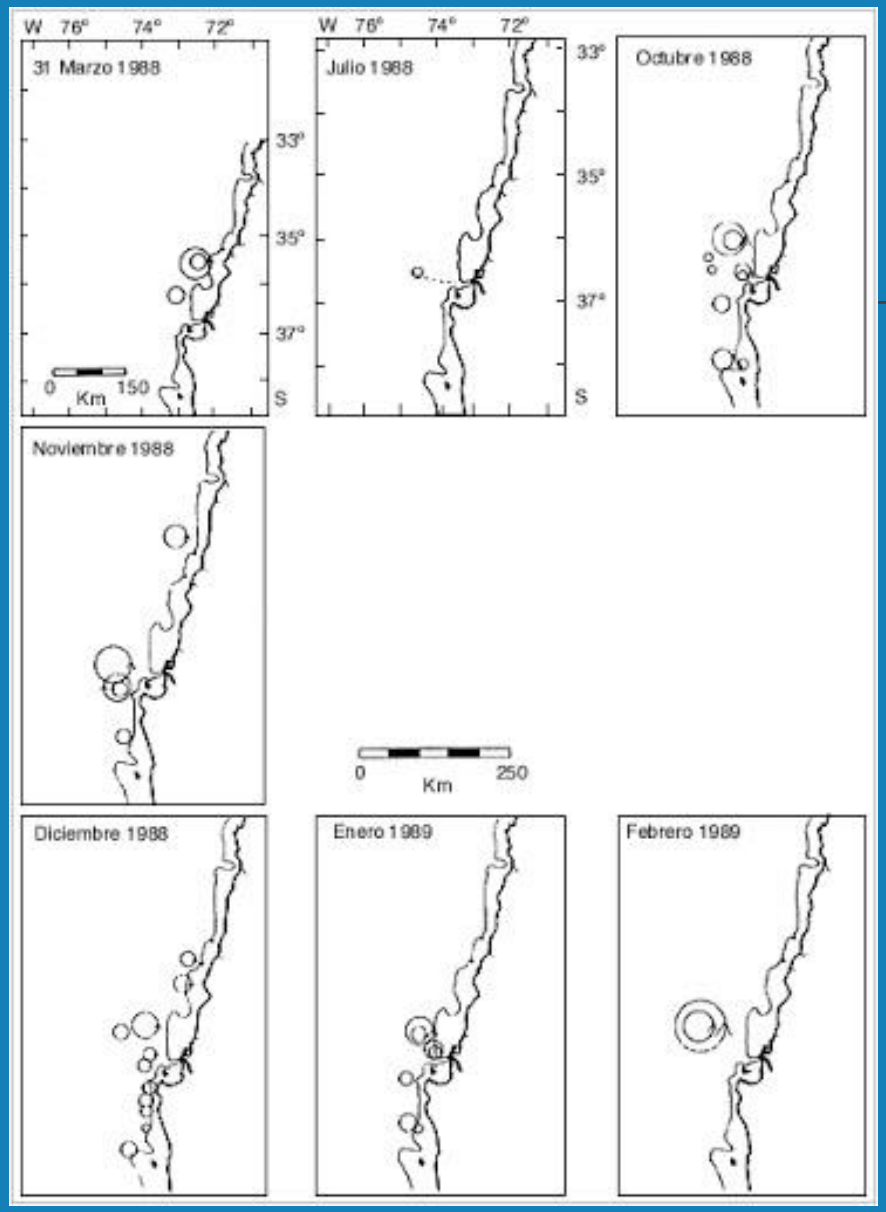
Camila Ahrendt
24/07/2020

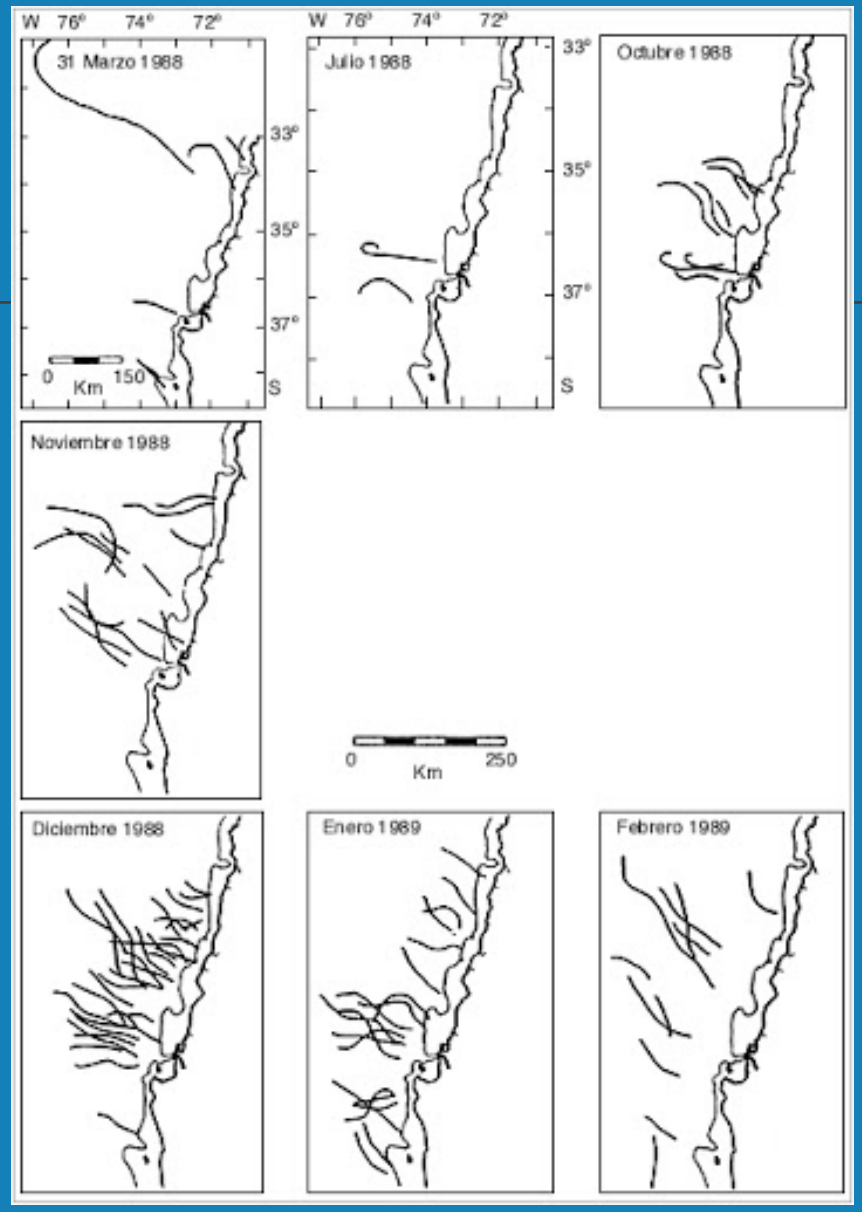


El consecuente aumento de la productividad primaria es un complejo proceso de interacción físico-biológica (Mann & Lazier 1991).

La variabilidad de la surgencia y las variaciones en la profundidad de la ZMO en el SCH, pueden tener un efecto en la dinámica poblacional de las comunidades del zooplancton (Hidalgo et al. 2005, Hidalgo & Escribano 2007, 2008) y en el transporte de bio-elementos entre las capas superficiales y la ZMO (Escribano et al. 2009).

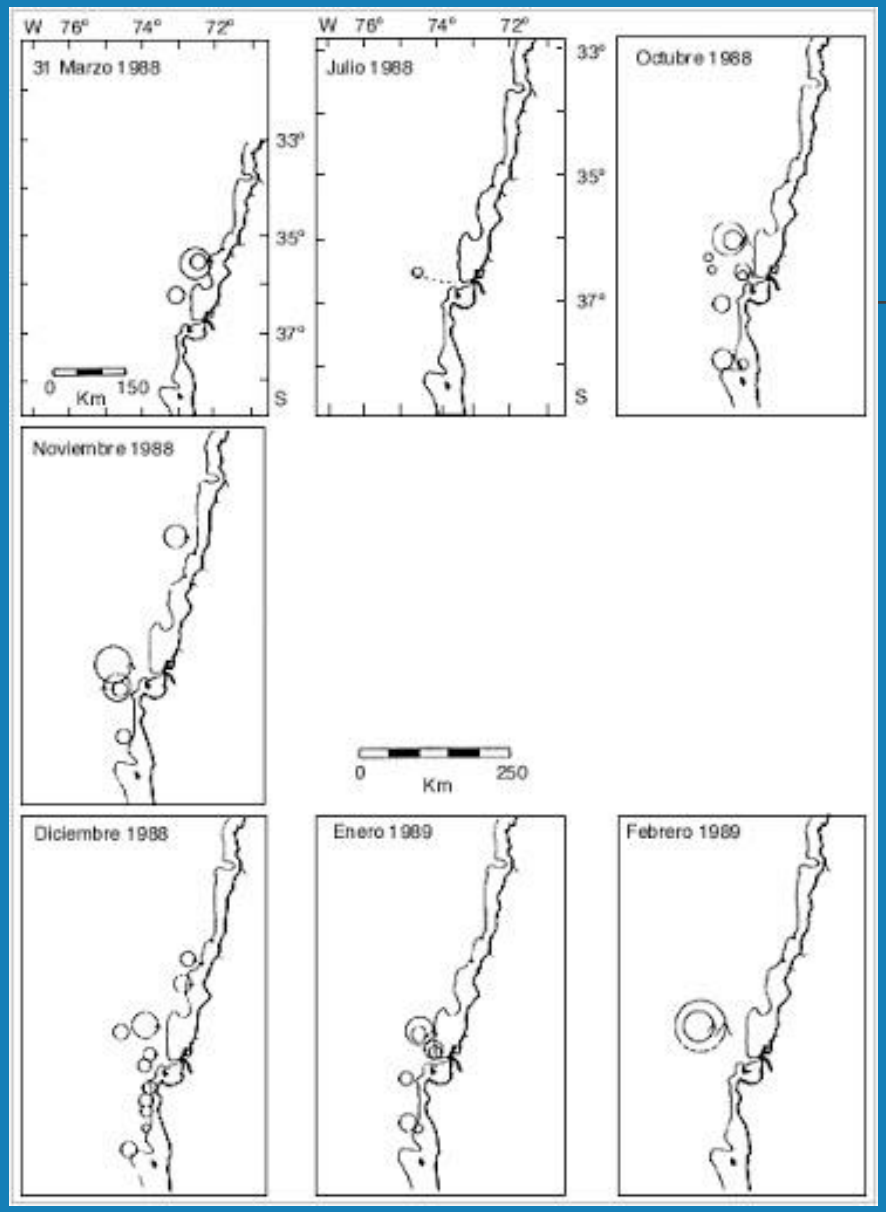
Camila Ahrendt
24/07/2020

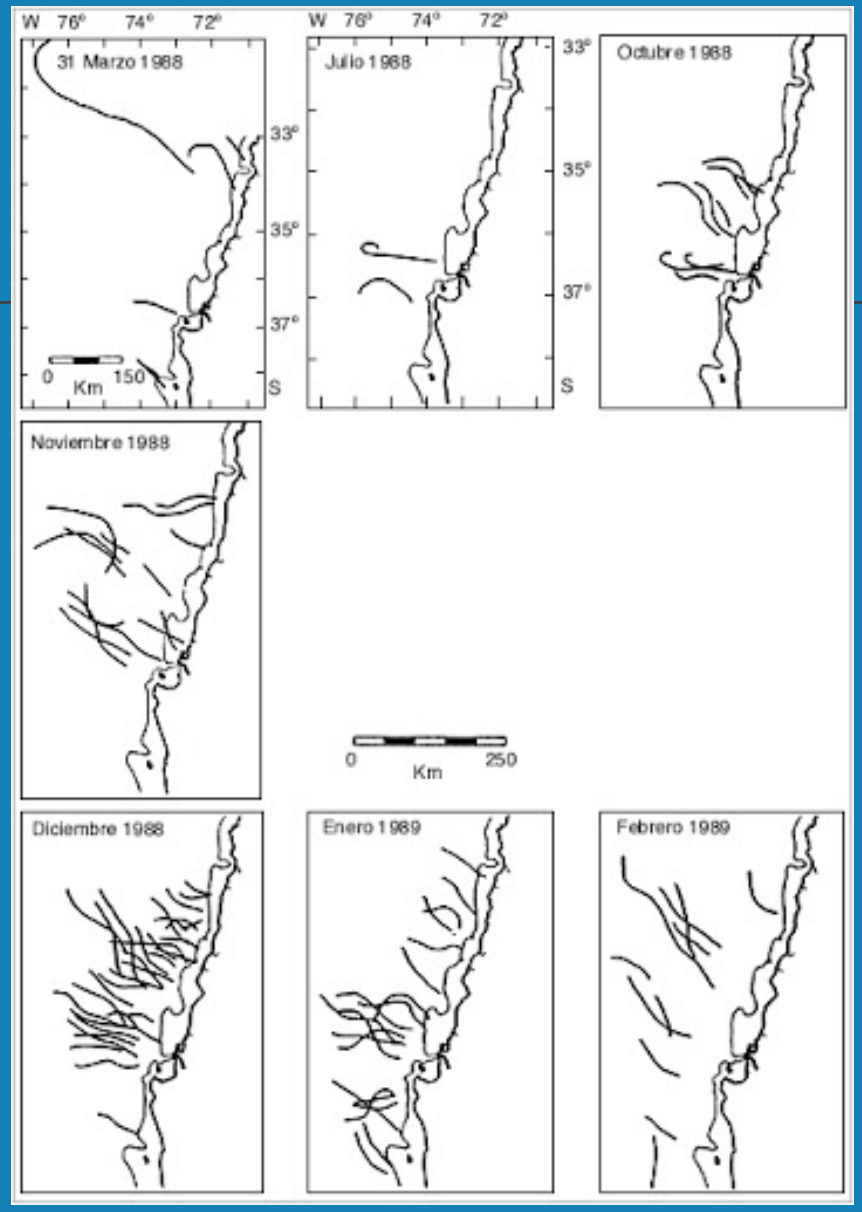




La productividad en zonas de surgencia puede ser estimulada por el afloramiento de agua y nutrientes a través de filamentos y remolinos (Escribano & Morales, 2011).

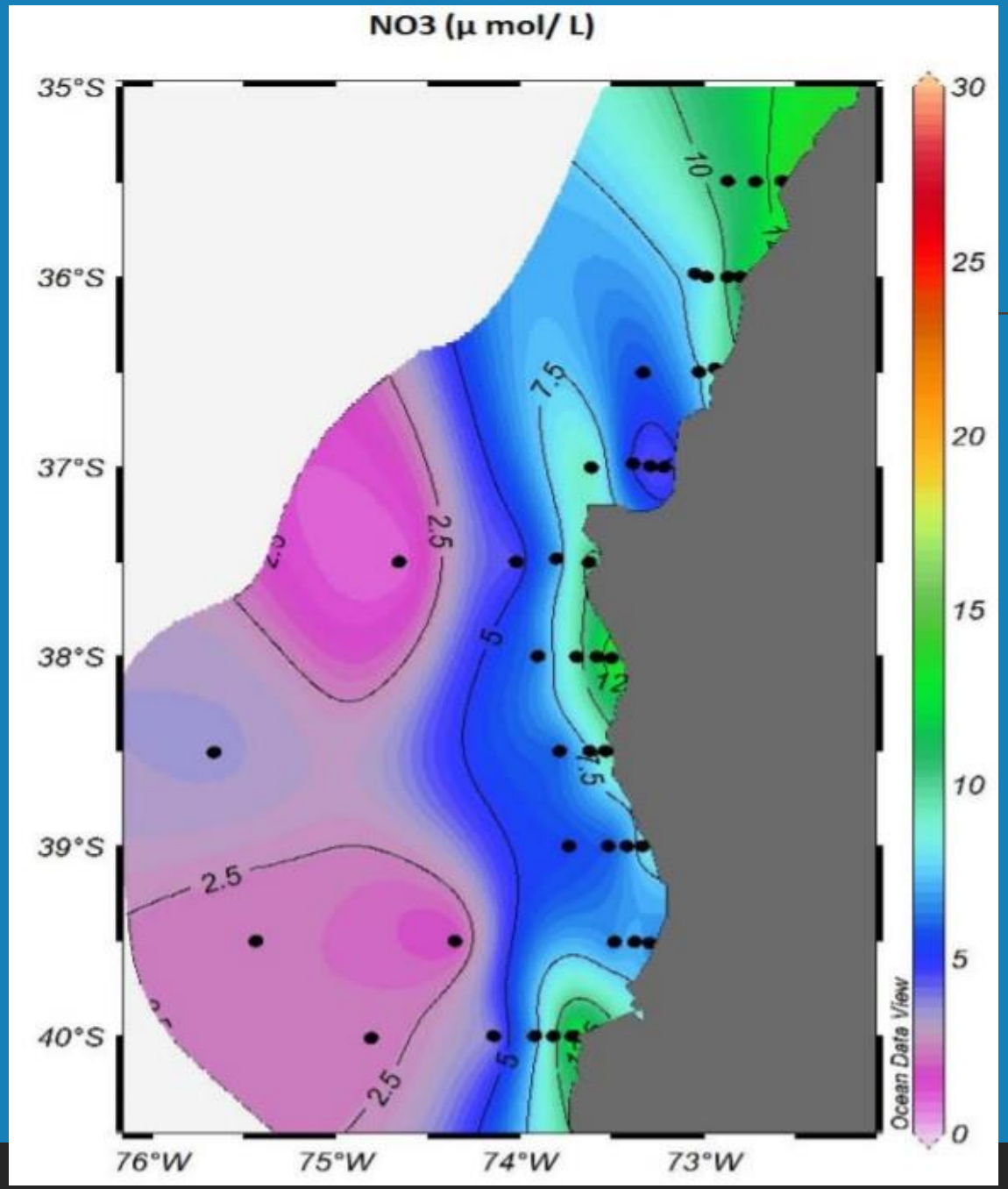
Camila Ahrendt
24/07/2020





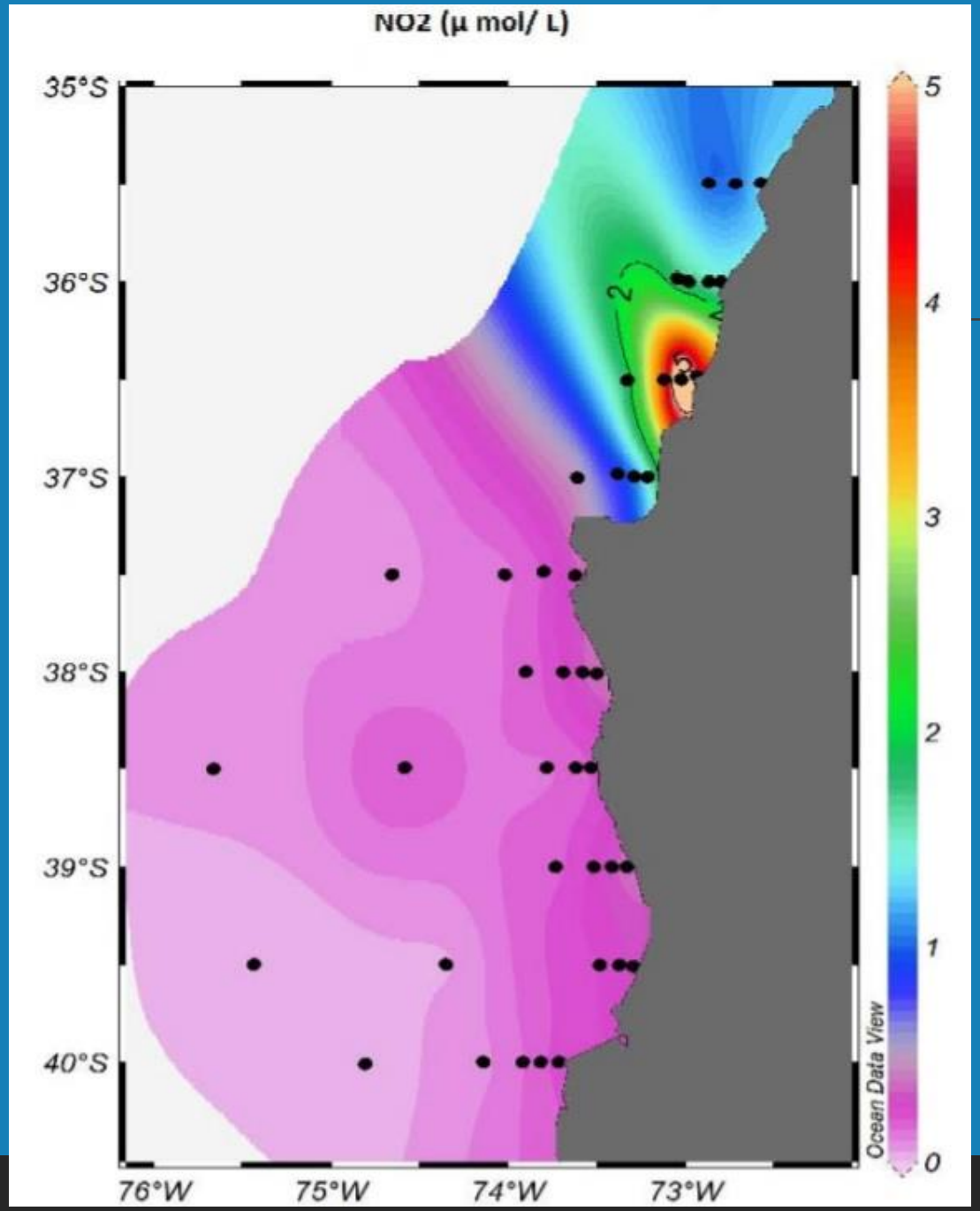
Parte de éstas se relacionan con el desarrollo de estructuras de mesoescala, como los giros y filamentos, los que por efecto de circulación determinarían zonas de retención de nutrientes y condiciones favorables para el desarrollo larval de especies de importancia comercial como la sardina y anchoveta (Cáceres & Arcos, 1991; Arcos et al., 1996). Por otro lado, ondas atrapadas a la costa podría modular la intensidad de la surgencia costera en esta región, ya que dependiendo de su fase podrían producir una profundización o acercamiento a la superficie de la termoclina (Shaffer et al., 1997; Pizarro, 1999; Shaffer et al., 1999)

Camila Ahrendt
24/07/2020



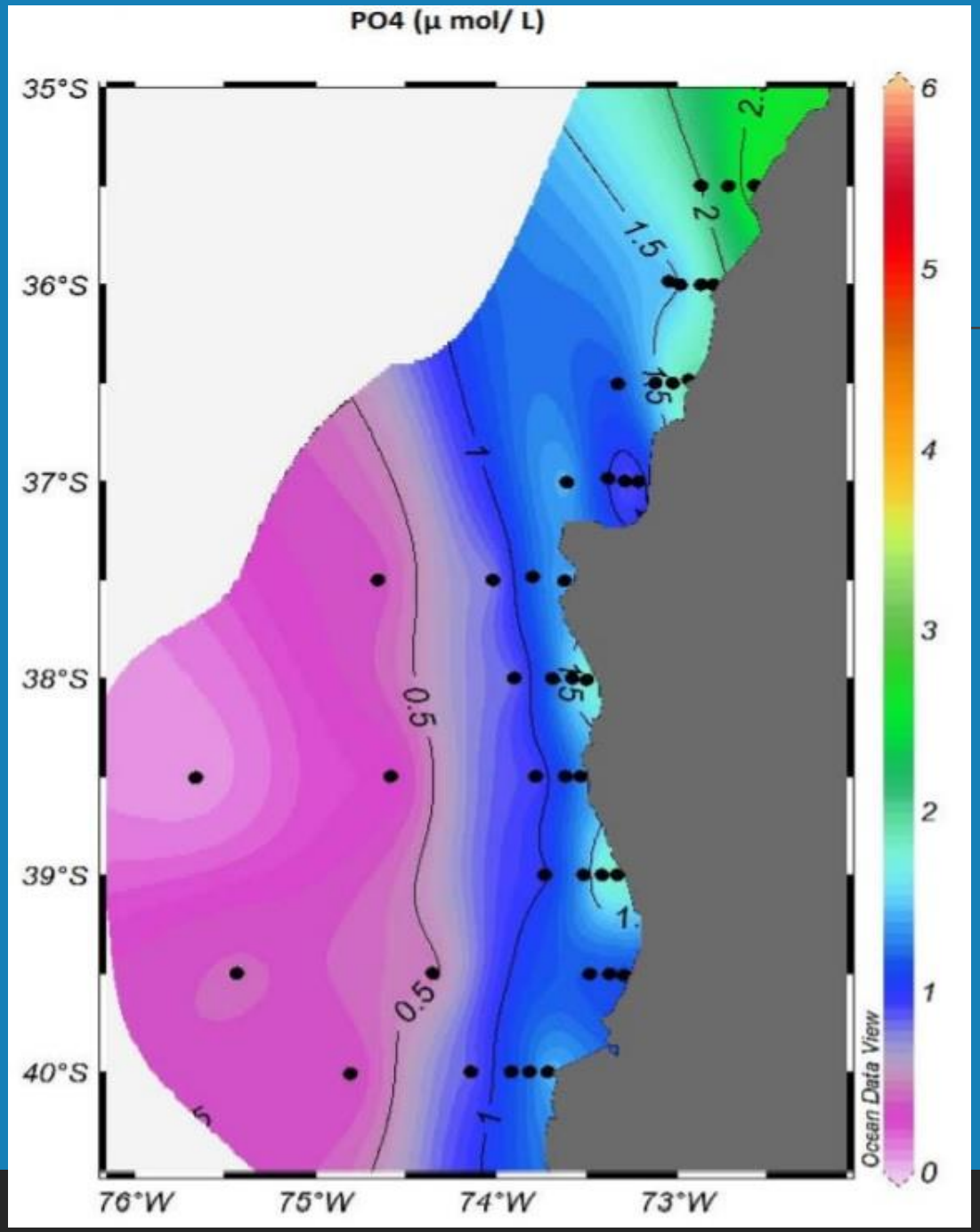
Concentraciones superficiales de NO3 durante el crucero FIP 2009-39

Camila Ahrendt
24/07/2020



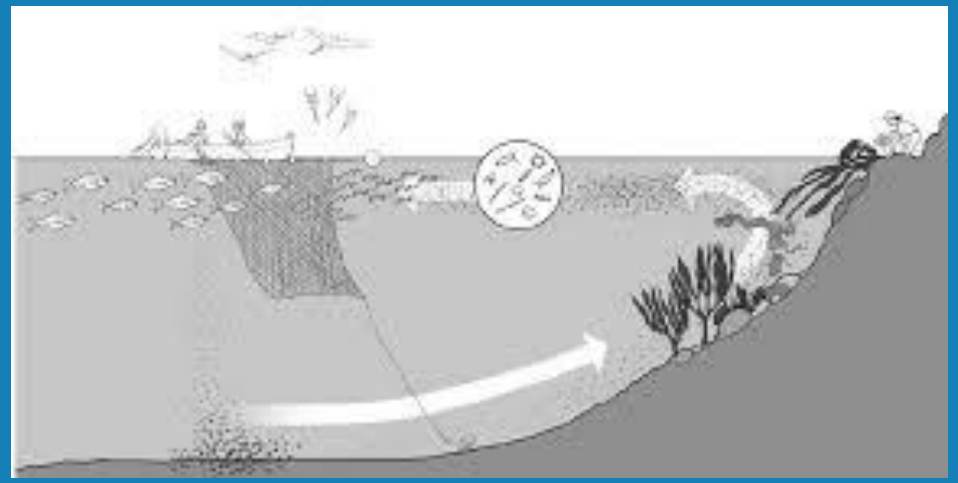
Concentraciones superficiales de NO2 durante el crucero FIP 2009-39

Camila Ahrendt
24/07/2020



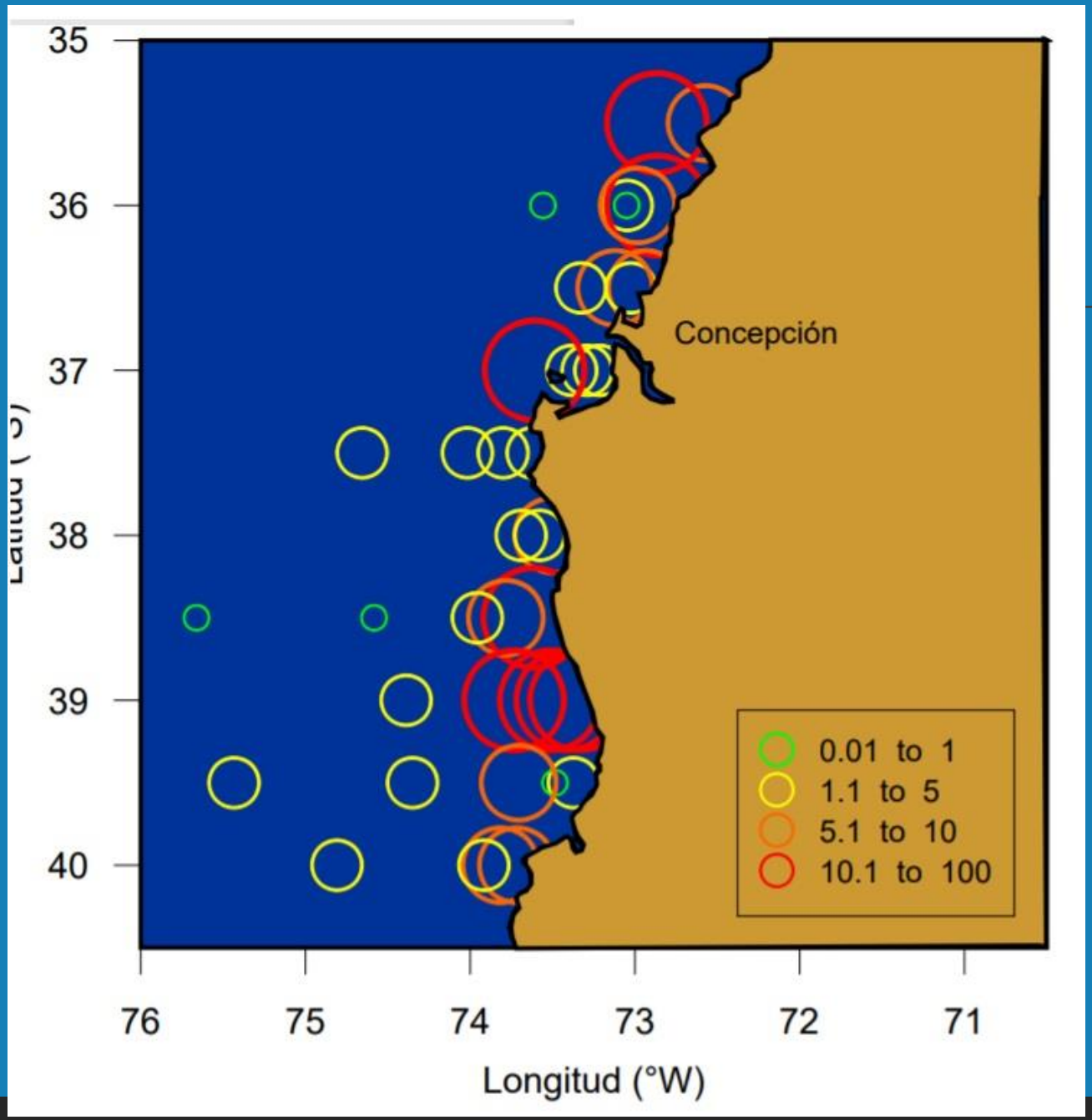
Concentraciones superficiales de PO4 durante el crucero FIP 2009-39

Camila Ahrendt
24/07/2020



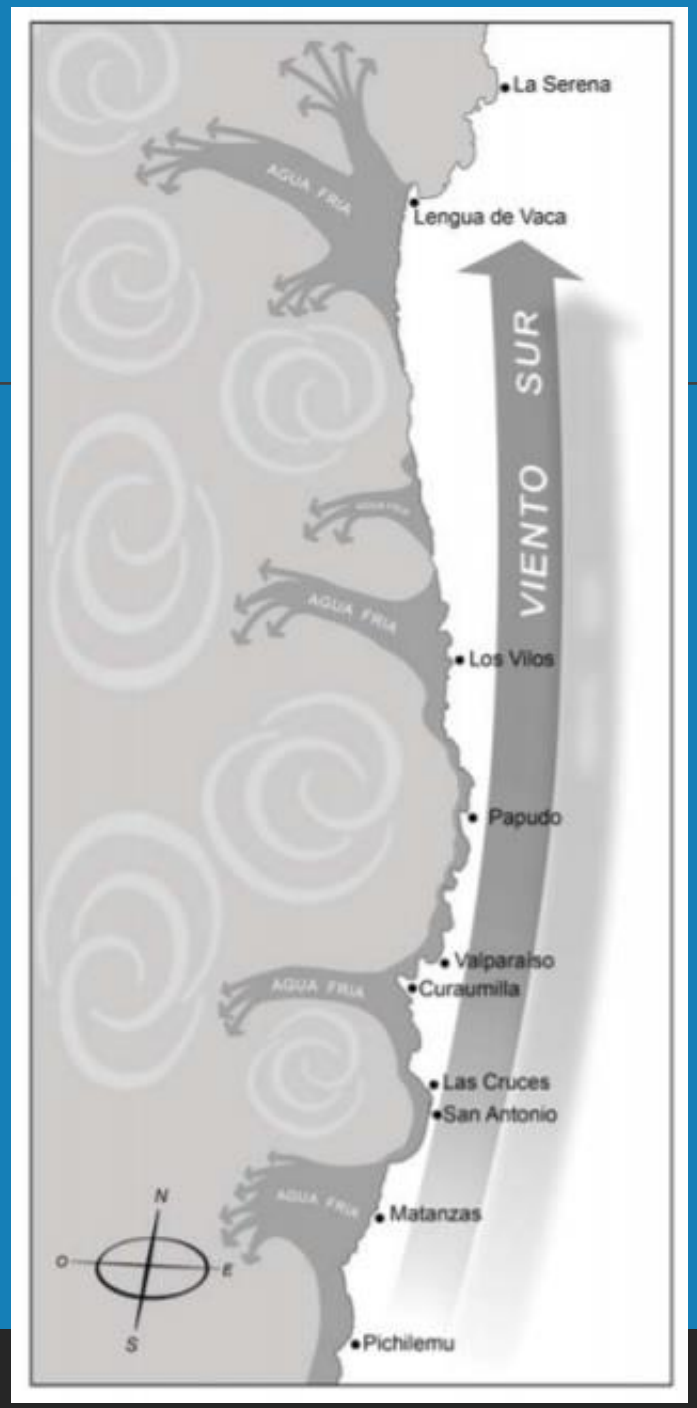
La surgencia no solo beneficia el crecimiento de algas microscópicas, también contribuye al crecimiento de algas de mayor tamaño (macroalgas) que viven fijas al fondo en los sitios costeros, incluyendo aquellas que forman bosques. Estas algas proveen hábitat y alimento para peces, jaibas, lapas y erizos, entre otros, todos de gran importancia para la pesca artesanal. Además, las macroalgas sirven como fuente de comida y otros productos (fármacos, cosméticos, etc.) para los seres humanos. Chile es uno de los principales países productores de algas del mundo, debido precisamente al fenómeno de surgencia de sus costas

Camila Ahrendt
24/07/2020



Distribución espacial de la biomasa zooplanctónica durante el Crucero FIP N° 2009-39 en Enero de 2011, frente a las costas de las VIII y IX regiones

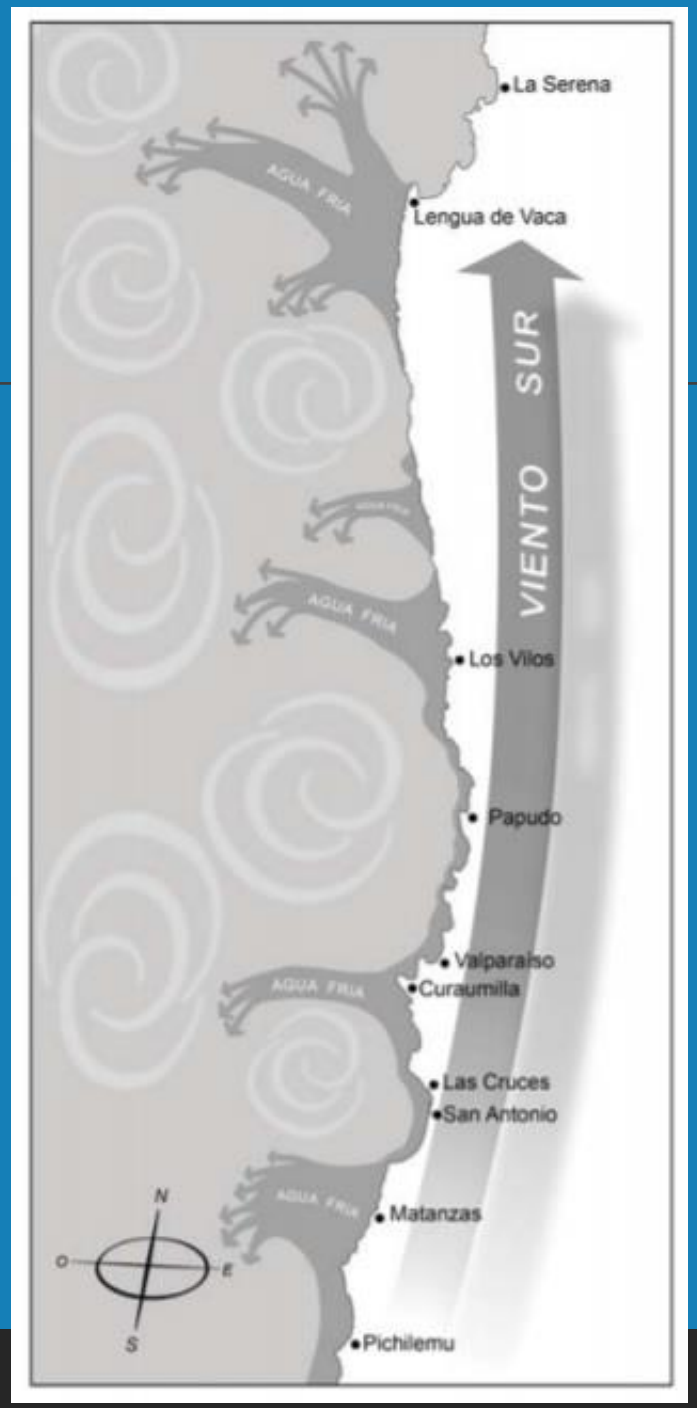
Camila Ahrendt
24/07/2020



Transporta organismos La mayoría de los peces e invertebrados marinos se reproducen formando larvas microscópicas, que permanecen flotando en el agua durante semanas o meses, a medida que se desarrollan. Las corrientes de surgencia, que mueven el agua superficial hacia mar adentro, funcionan como autopistas para las larvas producidas en la costa, transportándolas lejos de su lugar de origen para dispersarse y mezclarse con individuos de otros sitios costeros.

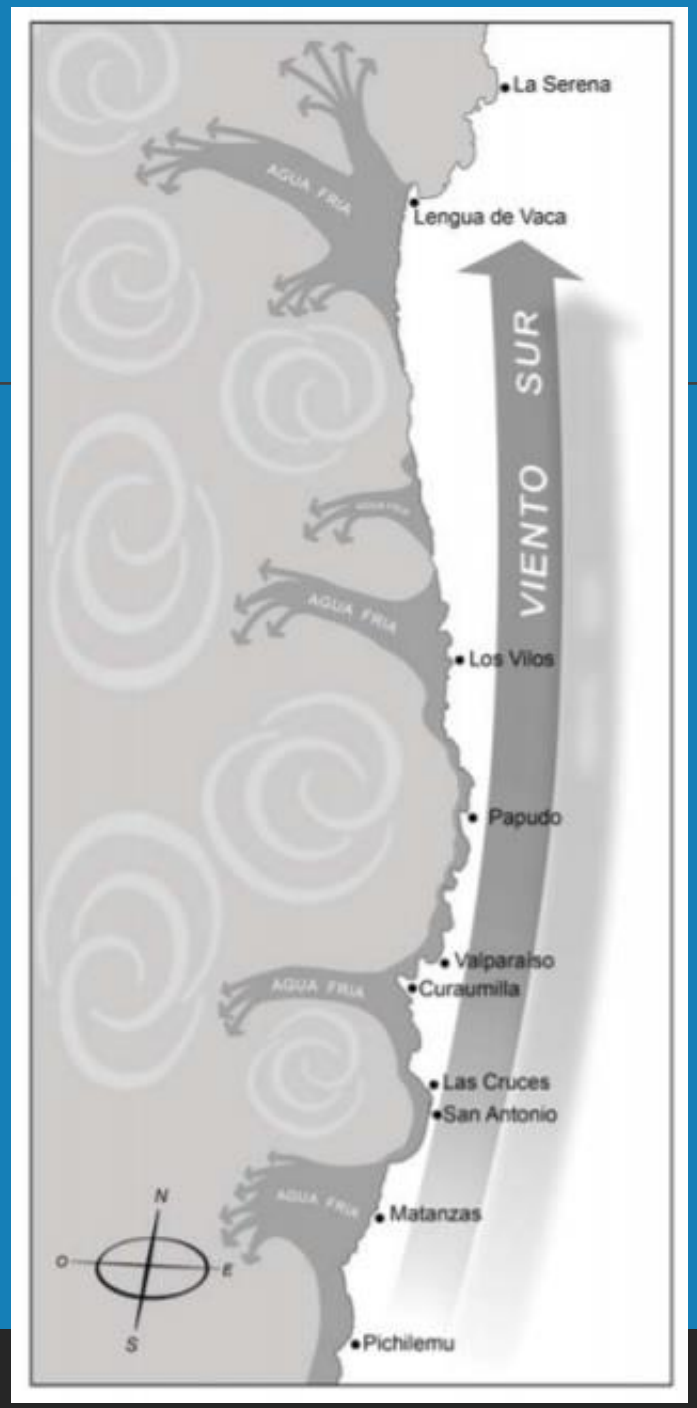
Cuando los vientos dejan de soplar, la surgencia cesa y las aguas superficiales vuelven a la costa, pudiendo permitir el regreso de larvas a aguas más costeras. Entonces, éstas se trasforman en individuos adultos y crecen en un lugar distinto a su sitio de origen. Así, la surgencia puede mantener conectados distintos puntos costeros y determinar la reposición de los recursos locales. Pero, también muchas larvas se pierden en el medio del océano a través del transporte mar afuera generado por la surgencia.

Camila Ahrendt
24/07/2020



Además los centros de surgencia tienen un papel fundamental en el desarrollo de los ciclos biogeoquímicos y biológicos, debido a que la productividad primaria controla los procesos de preservación del carbono, tanto en el océano como en la atmósfera (Langue et al., 1990), mientras que desde un punto de vista bioeconómico (recursos naturales) estos sistemas son los que sustentan en mayor parte la actividad pesquera que se desarrolla en el océano (González et al., 1998; Iriarte et al., 2000).

Camila Ahrendt
24/07/2020



Entonces .. Cómo están conectados los CAÑONES SUBMARINOS con la SURGENCIA?

Camila Ahrendt
24/07/2020