

Ciencia & Sociedad

“ La Fosa de Atacama, uno de los lugares menos conocidos de la Tierra, es clave para comprender la generación de megaterremotos y tsunamis, fenómenos que afectan la estabilidad del fondo marino, el transporte de sedimentos, y los ecosistemas. ”

Dr. Marco Moreno, director del Proyecto IDOOS.



FOTO: IMO-UDEC

Diario Concepción
 contacto@diarioconcepcion.cl

EXPEDICIÓN DEL INSTITUTO MILENIO DE OCEANOGRAFÍA

Detectan por primera vez deformaciones del suelo oceánico en la Fosa de Atacama

Avance es clave para entender los procesos dinámicos que ocurren en las profundidades del océano y cómo estos están relacionados con la generación de grandes terremotos y tsunamis.

El proyecto IDOOS del Instituto Milenio de Oceanografía (IMO) con base en la Universidad de Concepción (UdeC), que da nombre a esta tercera expedición, nace de un enfoque multidisciplinario, reuniendo a investigadores de diversas áreas como geología, geofísica, oceanografía y biología marina, entre otras. Este enfoque permite el estudio integral de los procesos dinámicos interrelacionados que ocurren en el océano profundo, proporcionando una oportunidad única para investigar, desde distintas perspectivas, los mecanismos que vinculan la actividad tectónica con la evolución del ecosistema marino en la Fosa de Atacama.

“La Fosa de Atacama, uno de los lugares menos conocidos de la Tierra, es clave para comprender la generación de megaterremotos y tsunamis, fenómenos que afectan la estabilidad del fondo marino, el transporte de sedimentos, y los ecosistemas” señala el director del Proyecto IDOOS, Dr. Marco Moreno, profesor de la Escuela de Ingeniería de la P. Universidad Católica e investigador principal del IMO.

Para comprender estos procesos, es fundamental un enfoque multidisciplinario. Por ello, el proyecto IDOOS combina oceanografía, geofísica y biología para identificar señales del cambio climático, la dinámica de los ecosistemas marinos y la actividad sísmica en las profundidades del océano. Este proyecto IDOOS tiene tres líneas

de investigación: la primera, relacionada con los procesos oceanográficos y biológicos; la segunda, relacionada al cambio climático y; la tercera línea de investigación, relacionada a los procesos que generan tsunamis y grandes terremotos. Su financiamiento se logró mediante un proyecto FONDEQUIP mayor de ANID.

Esta es la cuarta expedición del proyecto. En las dos primeras, se instalaron equipos, incluyendo dos líneas oceanográficas con instrumen-

tos para medir temperatura, corrientes, densidad del agua, oxígeno, CO₂ y flujo de partículas. Además, se desplegó una red de cinco sensores de presión para registrar los movimientos verticales del fondo marino. En la tercera expedición, realizada en octubre de 2024, se llevó a cabo de manera exitosa la primera mantención y toma de datos de estos anclajes oceanográficos. Para dimensionar el alcance de este laboratorio oceanográfico-sismológico submarino, es im-

portante considerar que la línea oceanográfica más profunda, instalada en la Fosa de Atacama, alcanza aproximadamente 7.800 metros (casi 8 km!), mientras que otro anclaje se encuentra a 4.500 metros y los sensores de presión operan a profundidades cercanas a 6.000 metros. Todo un desafío tecnológico y científico que posiciona a Chile en la vanguardia de la exploración del océano profundo.

“Gracias a todo el trabajo de los especialistas de IMO y del Centro de Instrumentación Oceanográfica (CIO) de la UdeC, los dos anclajes estaban funcionando, los datos estaban midiendo de forma continua y la misión fue todo un éxito, ya que por primera vez se logran obtener datos continuos, que permiten estimar de manera casi simultánea, procesos oceanográficos y tectónicos. Eso es lo más importante. Son datos multi paramétricos desde la físico-química del agua, condiciones biológicas, etc., y el cambio climático que hoy es tan importante”, recalca el Dr. Marcos Moreno.

Sensores geofísicos

Los grandes terremotos ocurren en zonas de subducción, como en Chile, donde la colisión entre placas tectónicas deforma la corteza terrestre. Este proceso genera una profunda depresión en el fondo marino, conocida como fosa oceánica, que en Chile alcanza más de 8 km de profundidad, a

Continúa en pág. 12

El valor agregado del trabajo iniciado por IMO en el área sismológica

tan solo 130 km de la costa.

En estas fosas, la placa oceánica se desliza bajo la placa continental, acumulando enormes cantidades de energía a lo largo de décadas o siglos. Cuando esta energía se libera abruptamente en un gran terremoto, la ruptura puede extenderse hasta la fosa oceánica, desplazando el fondo marino y generando tsunamis de gran magnitud. Así ocurrió con el megaterremoto de Valdivia en 1960 (M9,5), el mayor registrado en la historia, y con el terremoto de Maule en 2010 (M8,8), que provocaron devastadores tsunamis.

Para monitorear estos procesos, en 2023, durante el primer crucero IDOOS, se instaló una red de 5 sensores en el piso oceánico en colaboración con científicos alemanes a bordo del buque de investigación Sonne. Ahora, en enero de 2025, el equipo ha regresado a la Fosa de Atacama con el buque oceanográfico Cabo de Hornos de la Armada de Chile, logrando llevar a cabo la compleja misión de mantenimiento y recuperación de los datos registrados por estas estaciones submarinas.

La plataforma IDOOS está instalada en la brecha sísmica de Atacama, frente a Taltal, una zona identificada como laguna sísmica, donde el último gran terremoto ocurrió en 1922 y el anterior en 1819. Se estima que estos eventos se repiten aproximadamente cada 100 años, lo que sugiere que la región se encuentra en un período de acumulación de energía tectónica.

"Los datos en tierra ya indican que esta zona está acumulando energía y que pronto podría ocurrir un gran terremoto de magnitud 8,0 a 8,5. Por eso, las mediciones geofísicas submarinas son clave, ya que con los equipos terrestres perdemos resolución y no podemos captar con precisión los procesos donde realmente se generan estos eventos", explica el investigador principal del IMO, Dr. Marcos Moreno.

Con estas observaciones, podremos determinar si la energía acumulada en esta zona alcanza la fosa oceánica, lo que es fundamental para evaluar si un futuro terremoto podría romper hasta la fosa y generar un gran tsunami en Atacama. Estos datos nos permitirán comprender mejor las señales que anteceden a un gran sismo.

Recuperar lo que parece imposible

La recuperación de instrumentos oceanográficos desde las profundidades de la Fosa de Atacama es un gran desafío tecnológico, considerando que estos equipos se encuentran a más de 6.500 metros de

El Prof. Marcos Moreno destaca la importancia de una visión interdisciplinaria que integre distintas disciplinas en lugar de abordarlas de manera aislada. "Los avances en la ciencia actual surgen de la colaboración entre diversas áreas, y eso es precisamente lo que nos diferencia y nos sitúa en la vanguardia a nivel internacional", explica.

Si bien la plataforma IDOOS está instalada en un sitio específico de la Fosa de Atacama con equipos de alta tecnología, su impacto trasciende esta zona. "Para comprender mejor los procesos desconocidos en la Fosa de Atacama, es clave integrar diferentes disciplinas. No basta con estudiar solo los terremotos; es fundamental considerar también las señales oceanográficas asociadas", añade.

Los sensores desplegados a más de 6.000 metros de profundidad no solo registran procesos tectónicos, sino que también se ven afectados por corrientes oceánicas, cambios de presión del agua y variaciones de temperatura. "Si nos enfocamos únicamente en la sismología, corremos el riesgo de interpretar erróneamente los datos, sin considerar la complejidad de los procesos que ocurren en el fondo marino. El gran desafío es comprender estos fenómenos de manera integral y holística", concluye.

Este enfoque interdisciplinario abre nuevas oportunidades, no solo para la ciencia de terremotos y tsunamis, sino también para explorar cómo los grandes sismos afectan la distribución de sedimentos en el océano profundo y, a su vez, cómo estos cambios impactan la resiliencia de los ecosistemas abisales. Con esta plataforma, planeamos investigar de

manera inédita la conexión entre los procesos tectónicos, la dinámica sedimentaria y la estabilidad de la vida en las profundidades del océano.

Con esta plataforma, planeamos investigar de

manera inédita la conexión entre los procesos tectónicos, la dinámica sedimentaria y la estabilidad de la vida en las profundidades del océano. Además, IDOOS contribuye con una prueba de concepto que, en el futuro, podría ayudar a estimar con mayor precisión el peligro tsunamigénico en Chile, proporcionando datos clave para mejorar la evaluación del riesgo y la respuesta ante eventos extremos.

Cambios geomorfológicos

El choque entre placas tectónicas, como el que ocurre entre la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana, no solo genera grandes terremotos, sino que a largo plazo también provoca cambios geomorfológicos que modifican el fondo marino.

Estos cambios son fundamentales porque crean condiciones específicas para la formación de distintos tipos de hábitats. Un gran terremoto no solo sacude y deforma la superficie del continente, sino que también puede generar derrumbes y desplazamientos submarinos masivos.

Estudios recientes en Japón y Grecia han demostrado que estos derrumbes pueden movilizar grandes volúmenes de sedimentos, transportándolos a largas distancias y generando impactos significativos en los hábitats del océano profundo. Estos procesos también influyen en la transferencia de nutrientes almacenados en los sedimentos, afectando los ecosistemas marinos.

Por ello, es fundamental comprender estos procesos de manera integrada y no como eventos aislados. Este es el gran desafío del Proyecto IDOOS: unir el conocimiento geológico, oceanográfico y biológico para descifrar cómo el océano profundo responde a la actividad tectónica y su impacto en la vida marina.

FOTO: IMO-UDEC



profundidad y deben soportar una enorme presión.

El proceso comienza con la navegación hasta la ubicación exacta de los sensores, donde los científicos del Instituto Milenio de Oceanografía (IMO) deben establecer comunicación acústica con los equipos sumergidos. Para

ello, utilizan un módem acústico, un dispositivo que envía y recibe señales mediante ondas sonoras en el agua.

Una vez establecida la comunicación, el siguiente paso es verificar el estado de los sensores, asegurarse de que están operando correctamente, descargar los datos registrados y, en

algunos casos, recuperar los equipos para su análisis en tierra. "A 6.500 metros de profundidad, las presiones son enormes, lo que hace que esta recuperación sea un verdadero desafío tecnológico", explican los investigadores.

Este tipo de misiones requiere una combinación de precisión, tecnología avanzada y pericia en el mar, garantizando que los instrumentos continúen operando en futuras expediciones para seguir explorando las profundidades del océano.

Éxito logrado

El equipo del Instituto Milenio de Oceanografía (IMO), en colaboración con la tripulación del Cabo de Hornos, completó la misión con un 100 % de éxito. Todos los sensores estaban operativos y se logró recuperar la totalidad de los datos, marcando un hito en la exploración y monitoreo de la Fosa de Atacama.

Además, junto con estas actividades, los investigadores del IMO llevaron a cabo una serie de mediciones y toma de muestras utilizando un vehículo autónomo de caída libre ("lander" en inglés). Estos datos son fundamentales para comprender los procesos integrados que ocurren en el océano profundo, proporcionando información clave sobre la interacción entre la geodinámica, la oceanografía y los ecosistemas en esta zona extrema.

"La felicidad es tremenda. Después de tanto esfuerzo, hemos logrado un hito histórico para la ciencia de terremotos en Chile. Por primera vez, instalamos y operamos una red de sensores capaces de medir la deformación del fondo oceánico a profundidades de hasta 6 km, muy cerca de la fosa. Pero no solo eso, también integramos datos oceanográficos, permitiéndonos observar de manera inédita la interacción entre los procesos tectónicos y las dinámicas del océano profundo", indica el Dr. Marcos Moreno.

Procesamiento de datos y grandes revelaciones

El siguiente paso es la integración y análisis de los datos obtenidos por IDOOS, combinando información oceanográfica y sismológica. Esta etapa permitirá no solo caracterizar cada conjunto de datos por separado, sino también interpretarlos de manera integrada, brindando una visión más completa de los procesos que ocurren en el océano profundo y su relación con la actividad tectónica.

OPINIONES

Twitter @DiarioConce
 contacto@diarioconcepcion.cl