CINDAQ
Surfacing Vital Knowledge

2025



CINDAQ 2025 Informe Anual

Realizado por:

Fred Devos, Julien Fortin, Christophe Le Maillot
Sam Meacham, Daniel Ponce Taylor, Andreas Rosland

Facilitando la **investigación**, promoviendo la **educación** y apoyando la **conservación** de los recursos naturales y culturales asociados con los cenotes y ríos subacuáticos de Quintana Roo, México

Exploración

CINDAQ Informe Anual 2025

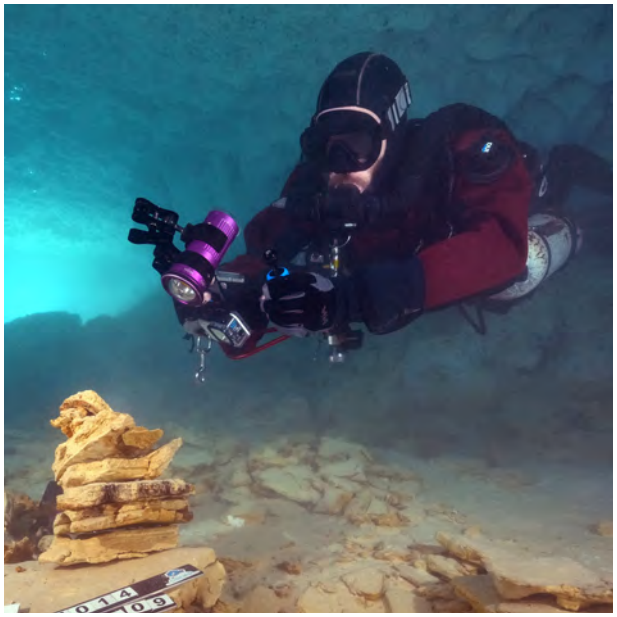


Contenido

Resumen Ejecutivo	03
Ox Bel Ha	05
Cámaras Trampa	07
Expedición Sian Ka'an - Chumuk Luum	11
Sian Ka'an - Punta Pájaros	19
Prehistoria De La Península de Yucatán	21
Proyecto De Acceso Humano y De Fauna	23
Cámaras 360 - Pruebas y Usos	25
Fotogrametría Y SIG	27
Alianzas, Colaboraciones Y Eventos	33
El Año En Imágenes	43
Publicaciones Y Conferencias	49
Dedicatoria Y Reconocimientos	51



RESUMEN EJECUTIVO



Surfacing vital knowledge



Avanzando la exploración mientras validamos un modelo científico que integra descubrimiento, conservación, tecnología y colaboración.

2025 fue un año definido por la madurez científica, la confianza operativa y una relevancia global en expansión. **A través de la exploración, la ciencia de la conservación, la investigación del patrimonio cultural y la innovación tecnológica**, CINDAQ continuó demostrando cómo nuestro compromiso con el trabajo de campo riguroso puede generar valor a largo plazo, tanto para la comunidad científica como para la sociedad.

En el centro del trabajo de CINDAQ se mantiene Ox Bel Ha, donde siete años de revisión sistemática se encuentran ya cerca de su culminación. Con el sistema aproximándose a los 540 kilómetros de pasajes mapeados, **Ox Bel Ha ha evolucionado hacia algo mucho más que una cueva**: es un archivo científico. Mediante la integración de topografía, SIG, monitoreo de biodiversidad y análisis hidrológicos, el sistema sustenta actualmente investigaciones que abarcan desde dinámica del agua dulce, hasta ecosistemas anquihalinos, fauna del Pleistoceno o conexiones ecológicas entre superficie y subsuelo. El monitoreo a largo plazo mediante cámaras trampa y paisajes sonoros alrededor de los cenotes ha reforzado aún más su papel como fuentes clave de agua, revelando poblaciones de jaguares, monos araña y otras especies.

También se lograron avances significativos en la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an,

donde CINDAQ desplegó con éxito su primer campamento base remoto completamente funcional dentro de la zona núcleo protegida. La expedición de enero a Chumuk Luum demostró que es posible llevar a cabo operaciones de forma contínua y de bajo impacto en uno de los entornos más desafiantes de México. Al conectar múltiples cenotes dentro del recientemente definido Sistema Chumuk Luum, el equipo combinó exploración de cuevas, cartografía con drones, monitoreo de fauna y análisis químicos del agua, en un conjunto de datos unificado que contribuirá a la conservación y la gestión de este Sitio Patrimonio Mundial de la UNESCO.

Asimismo, nuestro trabajo en Punta Pájaros **amplió la comprensión de los sistemas de cuevas influenciados por las mareas que conectan humedales, manglares y el Mar Caribe**. Los descubrimientos de capas hipersalinas y anóxicas, los procesos de mezcla y los potenciales corredores paleontológicos profundizaron nuestro entendimiento de la hidrología costera y de los sistemas acuíferos conocidos.

De manera igualmente importante, el papel de CINDAQ en la ciencia aplicada continuó expandiéndose. Nuestro enfoque en la integración de datos —vinculando observaciones de campo con SIG, fotogrametría y análisis avanzados— nos ha permitido apoyar proyectos de investigación cada vez más complejos. Los flujos de trabajo desarrollados internamente y las plataformas colaborativas mejoraron tanto la eficiencia como la accesibilidad, permitiendo que científicos colaboradores interactúen directamente con los datos primarios.

A su vez, CINDAQ continuó fortaleciendo sus colaboraciones internacionales, desde reuniones de la UNESCO y alianzas científicas en Europa, Asia y las Américas, hasta organizaciones regionales en la Península de Yucatán. Estas alianzas reflejan nuestra convicción de que la exploración responsable, la ciencia abierta y la colaboración a largo plazo son esenciales para proteger los sistemas de agua dulce ocultos más extraordinarios del planeta.

Todos estos esfuerzos reflejan un año en el que CINDAQ no solo avanzó sus prioridades de descubrimiento y conservación, sino que también consolidó su capacidad organizativa. El crecimiento experimentado en 2025 posiciona a la organización para **seguir liderando con confianza, integridad y visión, conectando la exploración subacuática con la ciencia de la conservación y haciendo visible el conocimiento vital** proveniente de algunos de los sistemas ocultos más extraordinarios del planeta.

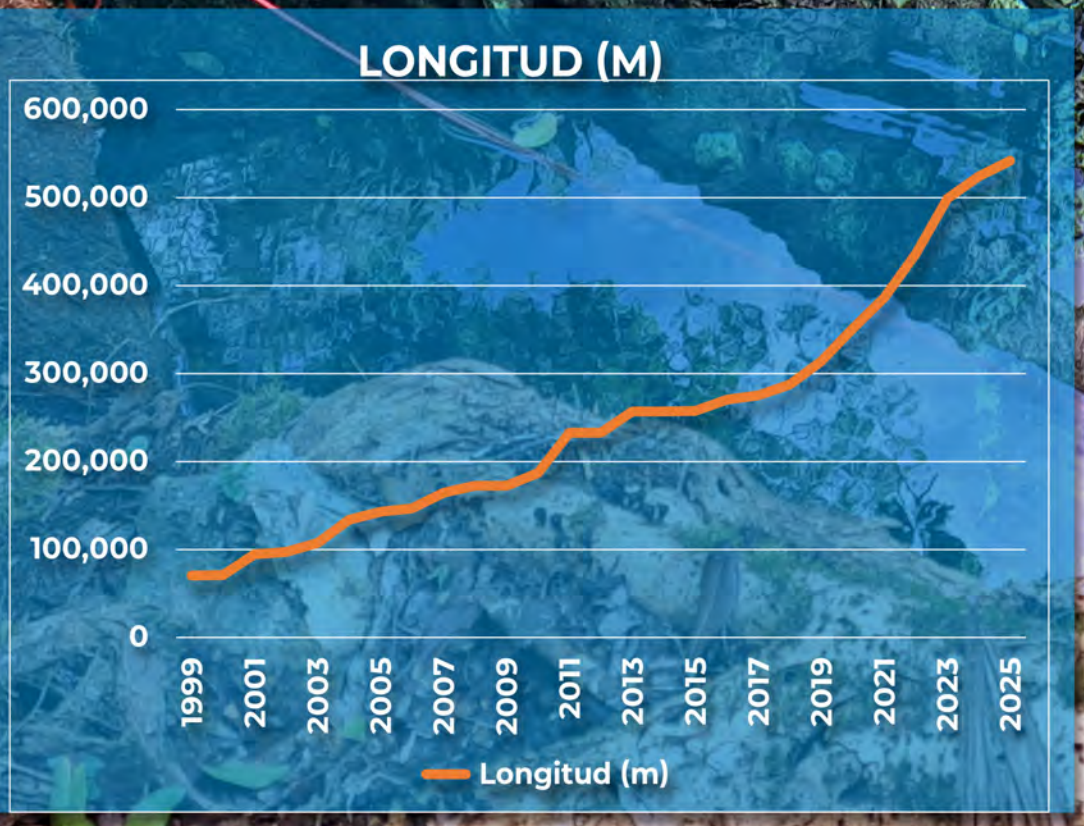


OX BEL HA

DATOS CONFIRMADOS:	541,791 M
2025 ACTUALIZACIÓN:	24,716 M
2025 EXPLORACIÓN:	21,001 M

CENOTES:	160+
AREA SUPERFICIAL:	69+ KM^2
DISTANCIA N-S:	12,000 M
DISTANCIA E-O:	9,000 M
ANCHO MAX. :	120+ M
PROFUNDIDAD MED. :	12.8 M
PROFUNDIDAD MAX. :	57.3 M
CIRCUITO CERR. MAX. :	7,500 M

ESTACIONES:	64,218
SECCIONES:	632
DIST. MED. ENTRE EST. :	8.6 M
SALTOS:	2,800+
INTERSECCIONES EN T:	2,000+
MARCADORES:	11,000+



OX BEL HA - CINDAQ 2025

En 2025 se cumplen siete años desde que comenzó la revisión sistemática de Ox Bel Ha—un esfuerzo que ha profundizado nuestra comprensión de este extraordinario sistema de cuevas. Lo que un día pareció una tarea casi imposible ahora se acerca a su culminación.

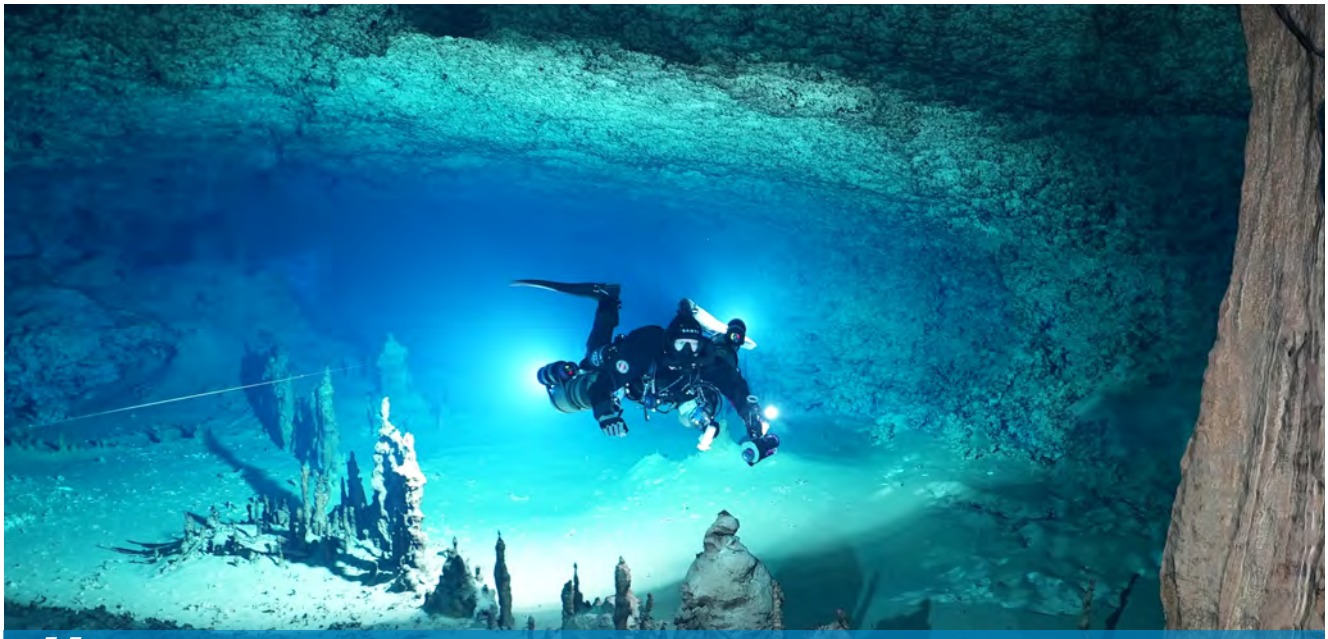
De los 245 km originales de pasajes cartografiados, casi todos han sido cuidadosamente revisados, quedando solo una pequeña porción pendiente. En el camino, se han descubierto más de 185 km de nuevos pasajes. En total, Ox Bel Ha ahora se extiende hasta casi un total de 529 kms, convirtiéndose en uno de los sistemas de cuevas sumergidas más extensos de la Tierra.

Sin embargo, el verdadero valor de Ox Bel Ha no puede medirse únicamente en kilómetros. Esta vasta red subterránea se ha convertido en uno de los archivos naturales de más información de la región, ofreciendo información sobre geología, hidrología, biología e historia de la vida en la Península de Yucatán.

Durante los últimos siete años, la cueva nos ha desafiado a observar con mayor detalle, a perfeccionar nuestra capacidad de registrar lo que vemos y a desarrollar nuevos métodos de interpretación. Al hacerlo, Ox Bel Ha ha moldeado la manera en que nosotros—y otros—abordamos el estudio de las cuevas subacuáticas.

Hoy en día, el sistema proporciona una línea base de conocimiento única en su profundidad y alcance. A través de métodos avanzados de topografía, protocolos de buceo e integración de datos—particularmente dentro de los sistemas de información geográfica (SIG)—Ox Bel Ha sirve ahora como una plataforma para diversas investigaciones científicas. Desde rastrear patrones de flujo hasta documentar fauna del Pleistoceno, desde observar ecosistemas anquihalinos hasta vincular procesos subterráneos con la vida en la superficie, la cueva continúa revelando conexiones que se extienden mucho más allá de sus pasajes inundados.

Aún cuando esta revisión sistemática pronto podría estar finalizada, la historia de Ox Bel Ha está lejos de terminar. Permanecen innumerables ramales sin explorar, y el sistema en sí es dinámico—requiriendo monitoreo e investigación continua. Más importante aún, s**u papel como un recurso vital de agua dulce y como una ventana hacia el profundo pasado de la Tierra garantiza que Ox Bel Ha seguirá siendo un foco de estudio para las generaciones futuras.**



> “... la cueva nos desafía a mejorar nuestras habiildades de registrar lo que observamos.”

CENOTES DE OX BEL HA: PAISAJES SONOROS Y CÁMARAS TRAMPA

Por segundo año consecutivo, hemos tenido una serie de cámaras trampa y monitores acústicos pasivos en el área de Tulum. Como en años anteriores, seguimos asombrados por lo que las cámaras registran cuando no nos encontramos presentes. Lo que comenzó como un pequeño experimento se ha convertido en una iniciativa de investigación que documenta la actividad de la fauna alrededor de importantes cenotes del Sistema Ox Bel Ha.

Actualmente, diez cámaras están desplegadas a lo largo del límite norte de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an. Siete se encuentran junto a cenotes con fácil acceso al agua, mientras que tres están ubicadas a lo largo de senderos y caminos para registrar el movimiento de los animales a través del bosque. Cada cámara se activa automáticamente cuando un animal pasa, capturando breves secuencias de video que revelan las **vidas ocultas de las especies que dependen de estos hábitats.** Ahora contamos con cientos de horas de grabación que muestran no solo la presencia de especies, sino también interacciones y comportamientos—momentos que de otro modo permanecerían invisibles.

Cada video es revisado por nuestro equipo y procesado con métodos estandarizados de etiquetado. Una imágen de cada clip se anota con palabras clave estándares, y cada sitio tiene un identificador único que se sincroniza con nuestra base de datos "Single Source Of Truth". La información se actualiza directamente en una capa de cámaras trampa dentro de nuestra plataforma SIG, permitiendo a los investigadores visualizar distribuciones de especies, cruzar conjuntos de datos y acceder al material en bruto. Esta integración garantiza que los **datos sigan siendo científicamente útiles.**



Especies identificadas: Puma (Puma concolor), pavón grande (Crax rubra), rascón cuello gris (Aramides cajaneus), garza tigre (Tigrisoma mexicanum), coatí de nariz blanca (Nasua narica), jaguar (Panthera onca), chachalaca (Ortalis vetula), pavo ocelado (Meleagris ocellata), zorro gris (Urocyon cinereoargenteus), venado cola blanca de Yucatán (Odocoileus virginianus yucatanensis), paloma coroniblanca (Patagioenas leucocephala), temazate (Odocoileus pandora), tepezcuintle (Cuniculus paca), murciélagos no identificados, pava cojolita (Penelope purpurascens), halcones no identificados y pecarí de labios blancos (Tayassu pecari)



Los resultados continúan sorprendiéndonos e inspirándonos. Más allá de construir un catálogo de especies, las cámaras han revelado fluctuaciones en los niveles de agua en dos cenotes—variaciones probablemente vinculadas a pulsos de marea que se desplazan a través del acuífero. Este hallazgo ha abierto una nueva línea de investigación. A medida que el proyecto se expande, planeamos instalar sensores de presión para medir la actividad de las mareas y sensores de conductividad para evaluar si estos cambios alteran la salinidad. Tales mediciones podrían mostrar cómo las fluctuaciones del agua influyen en la disponibilidad de agua dulce y en el uso de los ambientes de cenote por parte de la fauna.

Igualmente emocionantes son las nuevas especies registradas este año. Los monos araña aparecieron en cámara por primera vez, ofreciendo imágenes poco comunes de sus movimientos cerca de la orilla del agua. También documentamos un ocelote, así como un margay—uno de los felinos neotropicales más esquivos—junto con una garza cucharón y un llamativo halcón bicolor. Lo más convincente es la evidencia de jaguares. Nuestras cámaras han confirmado varios individuos, incluyendo un gran macho dominante, subrayando la importancia de esta área como hábitat para depredadores apex. Cada observación **refuerza el importante valor ecológico de los cenotes y la importancia de su conservación.**

Este proyecto se ha convertido en algo más que un esfuerzo de monitoreo pasivo; está ayudando a **construir un retrato dinámico de la vida alrededor de los cenotes**. Este archivo, en contínuo crecimiento, representa un conjunto de datos a largo plazo que captura no solo qué especies están presentes, sino cómo interactúan entre sí y con su entorno. Hemos registrado jaguares acercándose en silencio para beber, coatíes buscando alimento en grupos familiares y aves nocturnas volando a baja altura sobre el agua. Estas escenas revelan a los cenotes como centros vibrantes de biodiversidad donde se junta el mundo del bosque y el del agua.

A medida que el conjunto de datos se expande, su valor científico crece. El monitoreo a largo plazo nos permitirá detectar patrones estacionales y anuales, identificar cambios en la distribución y medir impactos ambientales. Las imágenes y videos respaldan lo que muchos de nosotros hemos creído desde hace tiempo: cenotes y ecosistemas saludables son esenciales para la supervivencia tanto de fauna común como la menos común en el norte de la Península de Yucatán. Proteger estos sitios significa salvaguardar no solo el agua y la geología, sino también la intrincada red de vida silvestre que depende de ellos.

OX BEL HA: PAISAJES SONOROS Y CÁMARAS TRAMPA (CONT.)

De cara al futuro, planeamos expandirnos a otros cenotes, incrementar el número de cámaras trampa y combinarlas con más sensores ambientales. Al combinar datos visuales, acústicos e hidrológicos, construiremos una imagen más completa de cómo la fauna interactúa con los cenotes y sus alrededores.

Cada nueva capa de información fortalece el argumento para proteger estos frágiles entornos y profundiza nuestra comprensión de cómo prospera la vida en la intersección entre el bosque y el agua.

Las cámaras nos recuerdan que los bosques y las aguas de Tulum están vivos con actividad constante, incluso cuando estamos ausentes. Ya sea un mono araña colgando de su cola para beber, un jaguar merodeando



por la noche o una procesión de coatíes visitando el mismo lugar, las imágenes capturan la vitalidad invisible de este ecosistema.

A medida que este proyecto crece, también lo hace su poder de inspirar. **Esperamos compartir más imágenes de la fauna oculta del Sistema Ox Bel Ha en los años venideros.**

> “... las imágenes capturan la vitalidad escondida de este ecosistema”

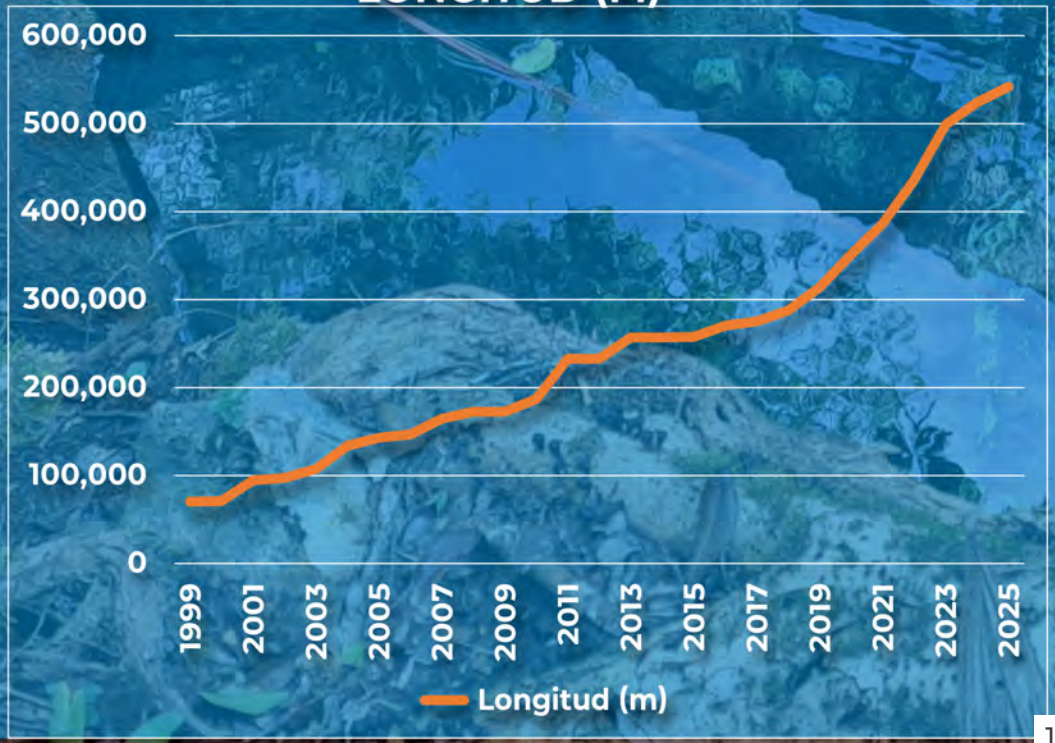


OX BEL HA

DATOS CONFIRMADOS:	541,791 M
2025 ACTUALIZACIÓN:	24,716 M
2025 EXPLORACIÓN:	21,001 M

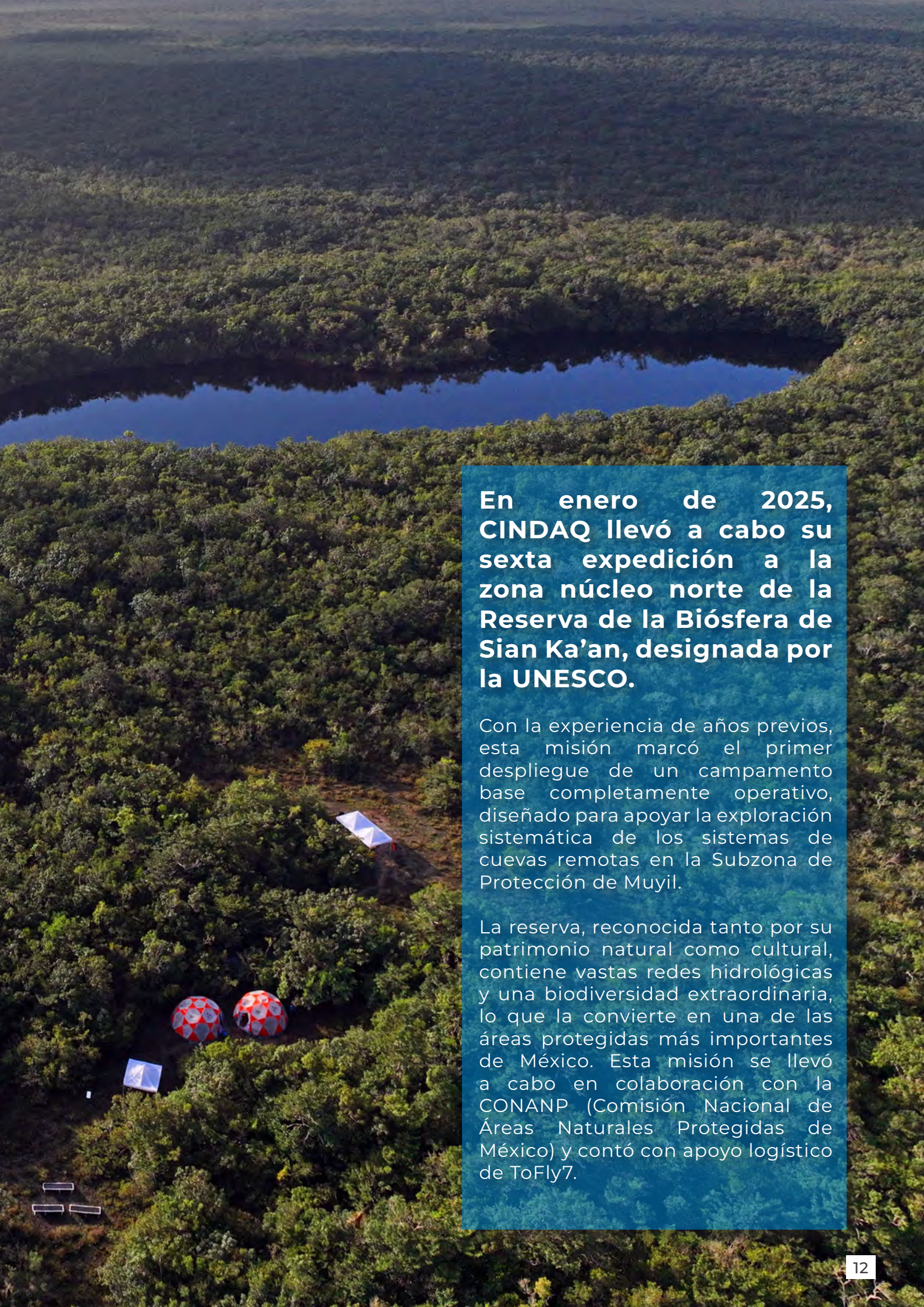
CENOTES:	160+
AREA SUPERFICIAL:	69+ KM²
DISTANCIA N-S:	12,000 M
DISTANCIA E-O:	9,000 M
ANCHO MAX. :	120+ M
PROFUNDIDAD MED. :	12.8 M
PROFUNDIDAD MAX. :	57.3 M
CIRCUITO CERR. MAX. :	7,500 M

ESTACIONES:	64,218
SECCIONES:	632
DIST. MED. ENTRE EST. :	8.6 M
SALTOS:	2,800+
INTERSECCIONES EN T:	2,000+
MARCADORES:	11,000+



EXPEDICIÓN SIAN KA'AN - CHUMUK LUUM





En enero de 2025, CINDAQ llevó a cabo su sexta expedición a la zona núcleo norte de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an, designada por la UNESCO.

Con la experiencia de años previos, esta misión marcó el primer despliegue de un campamento base completamente operativo, diseñado para apoyar la exploración sistemática de los sistemas de cuevas remotas en la Subzona de Protección de Muyil.

La reserva, reconocida tanto por su patrimonio natural como cultural, contiene vastas redes hidrológicas y una biodiversidad extraordinaria, lo que la convierte en una de las áreas protegidas más importantes de México. Esta misión se llevó a cabo en colaboración con la CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas de México) y contó con apoyo logístico de ToFly7.

EXPEDICIÓN SIAN KA'AN - CHUMUK LUUM (CONT.)

La expedición tuvo tres objetivos principales: establecer y evaluar el establecimiento de un **campamento base sostenible**, capaz de funcionar en la zona más remota de la reserva; documentar el entorno superficial mediante cartografía con drones, fotografía y cámaras trampa; y ampliar la exploración y el mapeo del sistema de cuevas asociado al Cenote Tuun Ja.

Se estableció con éxito un campamento base móvil adyacente al Cenote Tuun Ja. Su diseño se centró en **minimizar el impacto ambiental, al tiempo que garantizaba la seguridad y eficiencia del equipo.** Dos tiendas tipo domo proporcionaron espacios seguros para trabajo y comedor, mientras que tiendas suspendidas en árboles ofrecieron áreas cómodas para dormir por encima del terreno propenso a inundaciones. Las necesidades energéticas se cubrieron principalmente mediante un banco de baterías solares Ecoflow, complementado por un generador adaptado a propano que eliminó los riesgos de incendio asociados con el uso de gasolina. La comunicación se aseguró mediante Starlink, lo que permitió contacto diario con la CONANP, socios, donantes e incluso familiares, mientras que teléfonos satelitales, unidades Garmin inReach y radios proporcionaron redundancia adicional.Las



comidas consistieron en raciones liofilizadas rehidratadas con agua hervida, reduciendo la necesidad de fogatas, mientras que filtros de agua por gravedad garantizaron un suministro seguro de agua potable tomada directamente del cenote. Durante toda la expedición se contó con un botiquín de trauma, oxígeno de emergencia y personal capacitado como Wilderness First Responders. Los residuos se gestionaron bajo estrictos protocolos de **Leave No Trace**. Aunque el campamento funcionó excepcionalmente bien, el equipo identificó mejoras para futuros proyectos, como plataformas elevadas para mantener las áreas de tiendas libres de lodo y agua estancada.



EXPEDICIÓN: DATOS CLAVE

- MIEMBROS DEL EQUIPO PARTICIPANTES: 7
- EQUIPO DE APOYO (NO EN CAMPO): 15+
- DÍAS EN CAMPO: 7
- DÍAS BUCEANDO: 5
- VUELOS EN HELICÓPTERO: 3 (IDA) + 8 (REGRESO)
- CAMPAMENTO: 2 DOMOS +7 TIENDAS SUSPENDIDAS
- CAPACIDAD SOLAR: 3 × PANELES 400 W = 1.2 KW
- DATA COLLECTED: 400+ GB

EXPLORACIÓN SUBACUÁTICA -DATOS CLAVE

- TIEMPO DE BUCEO: 40+ HORAS (9 INMERSIONES)
- EXPLORACIÓN NUEVA: 4.3 KM (5.5 KM TOTAL)
- MAX PROFUNDIDAD: 30.9 M
- PROFUNDIDAD MEDIA: 20.9 M
- PROFUNDIDAD HALOCLINA: 24.5 M



Utilizando el software de mapeo DroneDeploy, se capturaron más de 550 fotografías aéreas que cubrieron 86.5 hectáreas, produciendo ortofotos georreferenciadas del terreno entre los cenotes Turix y Chumuk Ja. Se añadió una nueva imagen de 360 grados a la plataforma en línea de CINDAQ, ampliando las oportunidades de participación ciudadana. Las cámaras trampa colocadas en Chumuk Ja y Lak'in Ja continuaron generando datos valiosos, registrando jaguares, pumas, zorros, tepezcuintles, coatíes y una notable diversidad de especies de aves. Estas cámaras también proporcionaron registros de eventos de inundación, capturando el desbordamiento dramático de los cenotes hacia el bosque adyacente. En conjunto, estas herramientas enriquecieron tanto nuestra **comprensión ecológica como hidrológica de la zona.**

La esencia de la expedición fué la exploración subacuática.

A lo largo de cinco días, se completaron nueve inmersiones, sumando más de 40 horas de tiempo de buceo. Utilizando rebreathers de circuito cerrado, los buzos conectaron tres cenotes—Tuun Ja, Chumuk Ja y Lak'in Ja—en un solo sistema ahora denominado Sistema Chumuk Luum (maya yucateco para "Centro de la Tierra"). Este logro extendió la longitud total cartografiada de la cueva a 5.5 kms. El perfíl químico de la columna de agua confirmó la presencia de capas diferenciadas de agua dulce, salobre y salina, con profundidades de haloclina que variaron entre 23.5 y 27 m y capas salinas inesperadamente frías, con apenas 22 °C. En varias áreas se encontraron "zonas muertas" anóxicas, marcadas por la presencia de peces y camarones muertos, mientras que los pasajes aguas arriba revelaron poblaciones saludables de camarones adaptados a cuevas y remípedos. Se observaron tapetes microbianos y snottites a lo largo de todo el sistema, y las aguas abiertas de los cenotes albergaron cocodrilos, sábalos, tetras y grandes camarones de agua dulce. Si bien durante esta fase no se identificó patrimonio cultural sumergido, el potencial para descubrimientos arqueológicos y paleontológicos sigue siendo elevado.







EXPEDICIÓN SIAN KA'AN - CHUMUK LUUM (CONT.)

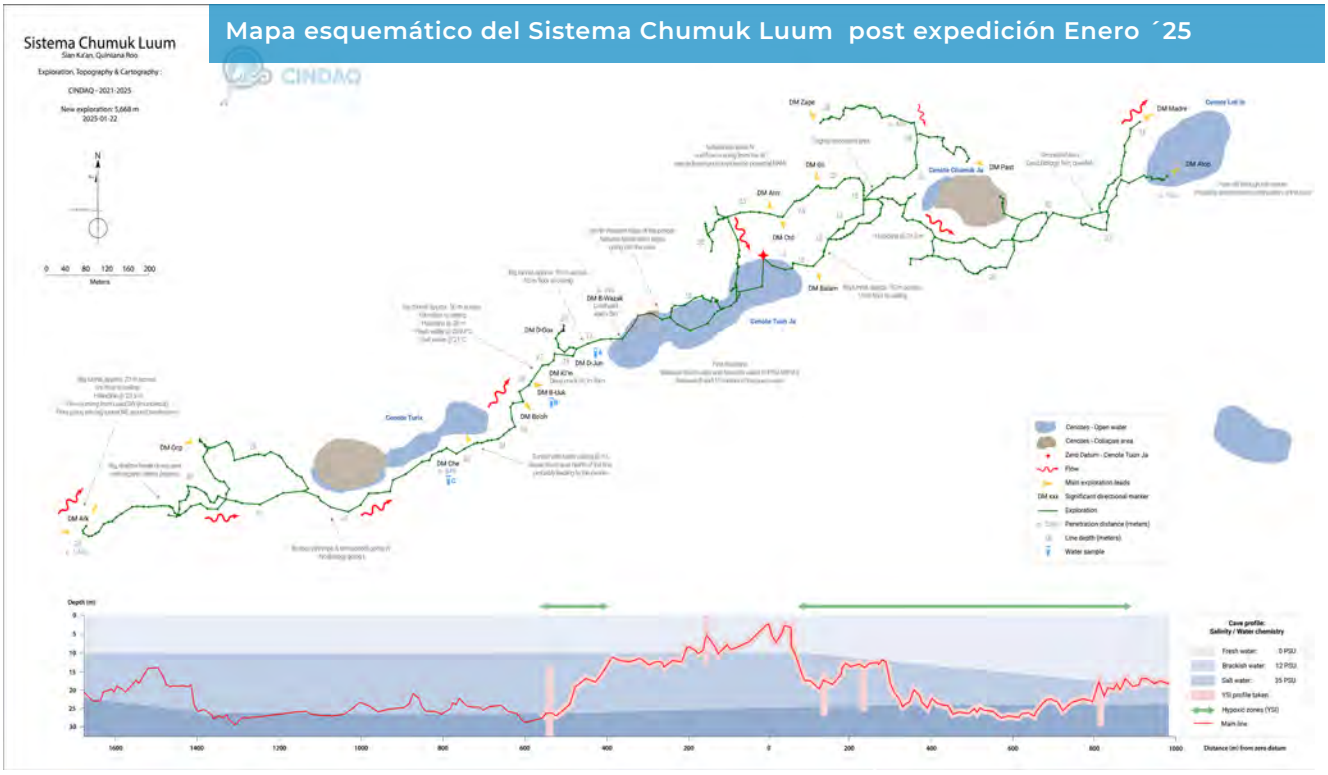


La expedición Chumuk Luum de enero de 2025 representa **un hito para CINDAQ y sus socios**. Por primera vez, se ha demostrado que un campamento base sostenible es viable en el interior profundo de la reserva, abriendo nuevas posibilidades para una exploración sistemática a largo plazo. La creación del Sistema Chumuk Luum subraya tanto la magnitud del acuífero como la complejidad del entorno subterráneo de Sian Ka'an. Al mismo tiempo, los registros de biodiversidad obtenidos mediante cámaras trampa y levantamientos de cuevas reafirman la importancia ecológica de esta zona a escala global. Los hallazgos de la expedición servirán de base para la colaboración continua con la CONANP, la UNESCO y la comunidad científica en general, proporcionando datos críticos para la conservación y la gestión de este Sitio Patrimonio Mundial.

De cara al futuro, CINDAQ planea extender los esfuerzos de mapeo de cuevas hacia el este y el oeste más allá de los cenotes Lak'in Ja y Turix Ja, ampliar la red de cámaras trampa y sensores remotos, e instalar sistemas permanentes de monitoreo meteorológico y acústico pasivo.

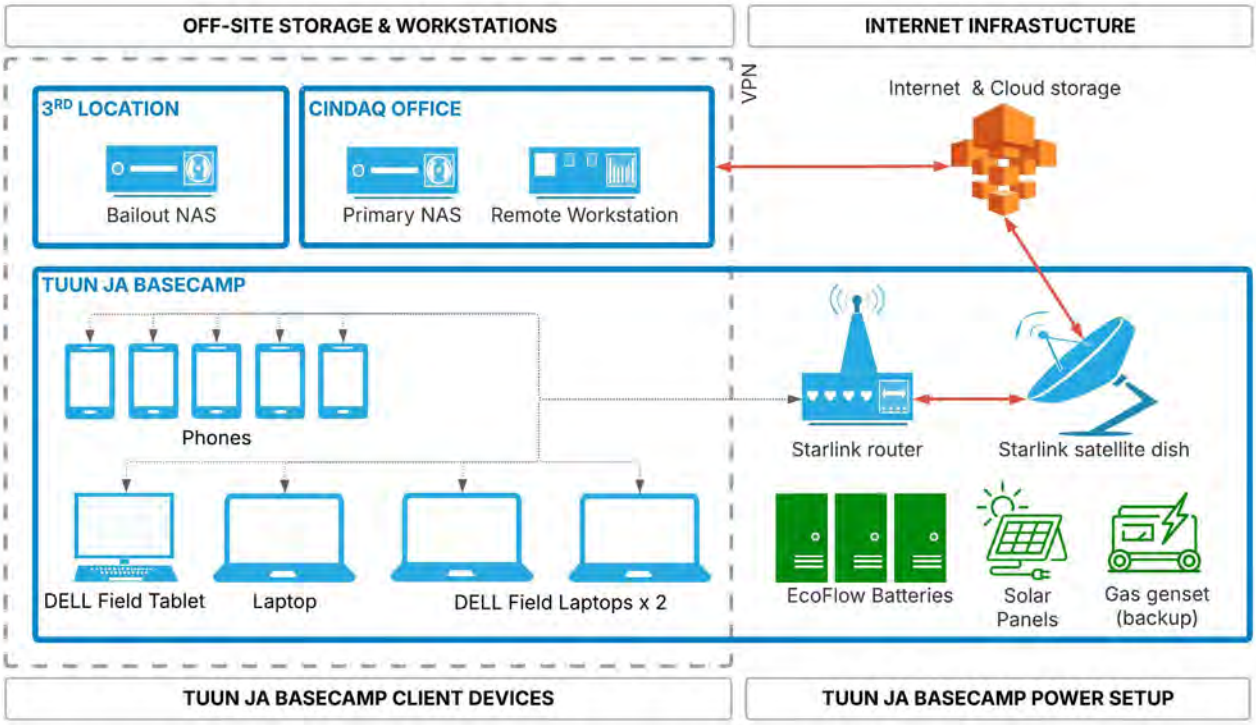
La expedición también demostró que la infraestructura del campamento puede escalarse para apoyar misiones más largas, allanando el camino para una exploración más profunda y la integración de investigaciones culturales, arqueológicas y ecológicas.

En resumen, la expedición Chumuk Luum no solo **avanzó la exploración de uno de los sistemas acuíferos menos conocidos del mundo, sino que también validó un modelo de ciencia de campo que equilibra la sofisticación tecnológica con la responsabilidad ambiental.** Se ha establecido una base sólida para los descubrimientos y colaboraciones que aún están por venir.



Mapa esquemático del Sistema Chumuk Luum post expedición Enero ´25

CHUMUK LUUM EXP. - INFRAESTRUCTURA IT EN CAMPO



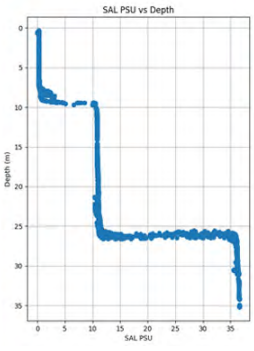
Nuestra infraestructura de IT en campo se basó en encontrar un equilibrio entre resiliencia in situ y capacidad remota. En el campamento base de Tuun Ja, computadoras portátiles, tabletas y teléfonos se cargaron vía baterías **EcoFlow** y paneles solares, con conectividad a través de **Starlink** y **Gignet**. Los enlaces seguros entre todos los dispositivos se gestionaron mediante una VPN de tipo malla, mientras que el Protocolo de Escritorio Remoto (RDP) permitió que las computadoras portátiles **DELL** de campo funcionaran como terminales eficientes conectadas a estaciones de trabajo de alto rendimiento en la oficina de CINDAQ. Esta configuración maximizó la capacidad de cómputo al tiempo que minimizó el consumo energético local—crítico para las operaciones en campo.

La gestión de datos siguió una rigurosa estrategia 3-2-1. Los conjuntos de datos de bajo volumen se almacenaron en cuatro copias distribuidas entre dispositivos locales, NAS, unidades externas y almacenamiento en la nube. Para los datos de alto volumen, la redundancia se mantuvo con tres copias en distintos medios, incluyendo la separación del almacenamiento remota.

Esta infraestructura incrementó significativamente la **flexibilidad digital**. Los equipos en campo informaron en tiempo real a socios y donantes, accedieron a apoyo de expertos, descargaron actualizaciones esenciales e incluso desarrollaron **nuevas herramientas in situ**. Por ejemplo, tras la caída de un software comercial, se programó, en Python, in situ una herramienta interna para procesar datos de la sonda YSI, utilizando recursos de IA en línea, lo que permitió la generación de gráficos el mismo día en que se recolectaron los datos.

En conjunto, estos elementos aseguraron que la exploración y el trabajo científico de CINDAQ en el campamento base de Tuun Ja estuvieran respaldados por un sistema de IT seguro, resiliente y plenamente adaptado a las exigencias de la investigación de campo.







Minimizando ambiental mient la seguridad y ef



Dos tiendas tipo domo **Slingfin** Kahiltna (5 m de diámetro): una para **trabajo y comedor**, y la otra para la **carga de equipos** y la preparación del equipo de buceo y cámaras fotográficas.



El área de preparación del equipo de buceo en la zona de desembarque contaba con dos tiendas y mesas grandes para la **preparación del equipo, revisiones de CCR, cambios de scrubber** y colocación de trajes secos.





UM - CAMPAMENTO BASE

el impacto
ras se maximiza
ficiencia





La **energía** provino de **tres paneles solares de 400 W**, alimentando un **EcoFlow Delta Pro 420**, alimentando todos los sistemas del campamento. Esta configuración, apoyada aquí por **José Luís Hernández**, aseguró un uso eficiente de la energía.



En el cenote, una lona y una escalera aseguraron una **entrada y salida de forma segura**, mientras que los tanques de etapa se dejaron in situ—bajo la atenta mirada de curiosos cocodrilos.

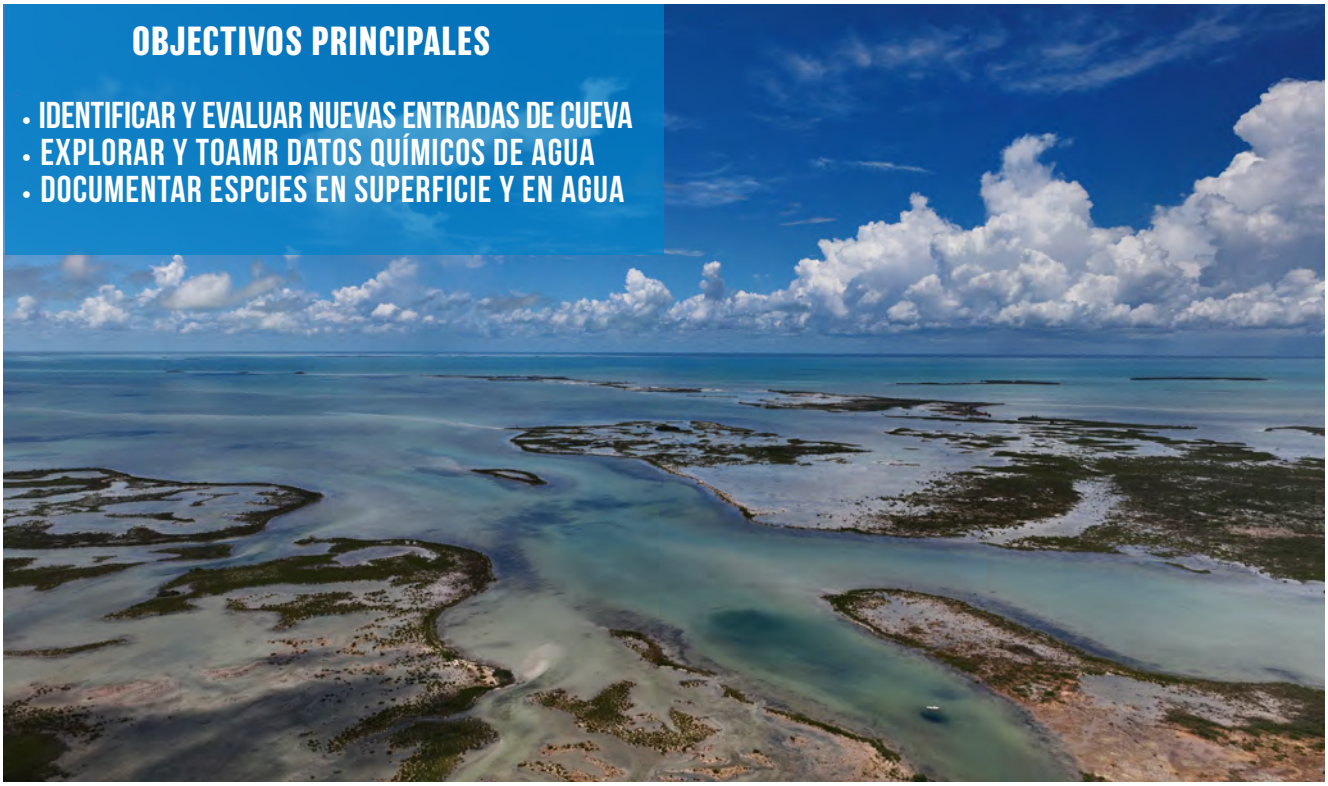


El **agua** se purificó mediante **dos sistemas MSR Guardian Gravity** y se almacenó en seis garrafones de 20 L, abasteciendo al equipo. La instalación y el mantenimiento diarios estuvieron a cargo de **José Luís Hernández y Daniel Tun Oy**, garantizando un suministro seguro y confiable.

EXPEDICIÓN PUNTA PÁJAROS - SEPTIEMBRE 2025

OBJECTIVOS PRINCIPALES

- IDENTIFICAR Y EVALUAR NUEVAS ENTRADAS DE CUEVA
- EXPLORAR Y TOAMR DATOS QUÍMICOS DE AGUA
- DOCUMENTAR ESPCIES EN SUPERFICIE Y EN AGUA



Del 9 al 15 de septiembre, el equipo de CINDAQ llevó a cabo una expedición de una **semana en la remota isla de Punta Pájaros** y a la Bahía de Ascensión, dentro de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an. Amparado bajo permisos de la CONANP y con el apoyo logístico de Casa Blanca Lodge, el proyecto continuó con el objetivo a largo plazo de CINDAQ de explorar y documentar los sistemas de cuevas inundadas dentro de la reserva.

Christophe, Sam y Fred, junto con Benjamin Meacham y Juan Carlos Rodríguez Bush, trabajaron en coordinación con el personal de Casa Blanca Lodge y los capitanes de las embarcaciones. Dos equipos operaron en paralelo—uno enfocado en el buceo y el otro en la exploración de superficie. Mediante el uso de drones, fotogrametría e imágenes de 360°, CINDAQ continuó construyendo un recorrido virtual de Punta Pájaros, que ahora suma un total de 33 imágenes panorámicas accesibles en línea (cindaq.org/punta-pajaros-360). Los vuelos de mapeo documentaron un canal cuyo drenaje hacia el mar fue bloqueado por tormentas ocurridas hace años; las ortofotos y modelos 3D resultantes asistirán a la CONANP en la planificación de su restauración.

El equipo también continuó la documentación no invasiva de dos estructuras sumergidas tipo "muro" frente a Playa Blanca. Los modelos fotogramétricos, compuestos por cerca de 2,000 imágenes de alta resolución, sugieren que podrían tratarse de formaciones naturales similares a las "Bimini Roads" de las Bahamas, aunque se requieren estudios adicionales para determinar su origen.

Se localizaron cinco nuevos ojos de agua en la región de la Laguna Tres Marías:

- Poza Piwa: una entrada de 3 metros de profundidad con agua fresca y clara y fauna visible, que probablemente conecta con pasajes más profundos.
- Poza Linda y Poza Ayim: dos grandes aperturas separadas por 200 metros y frecuentadas



por cocodrilos; ambas prometedoras para futuras inmersiones cuando las condiciones lo permitan.
• Cenote Woolis: una estructura de colapso de 75 metros de ancho cuyo vaso central podría permitir la obtención de núcleos de sedimento o pasajes horizontales.
• Poza Rica: una entrada más pequeña con una profundidad de 4.5 metros y sifonamiento activo, lo que sugiere conectividad con el acuífero.

Bajo la superficie, se realizaron **6 inmersiones de exploración en Poza Santa Rosa y Poza Punta Pájaros**, que sumaron un total de 26 horas de buceo, y revelaron un sistema de cuevas dinámico influenciado por las mareas, caracterizado por flujos sifonales alternantes, capas de agua anóxica e hipersalina y una fauna cavernícola abundante pero especializada. Las observaciones incluyeron gusanos troglobios, anémonas, gusanos tubícolas, cangrejos, medusas e incluso un tiburón nodriza en el interior profundo de la cueva. Varios comportamientos biológicos no observados anteriormente y potenciales nuevas especies fueron documentadas mediante video e imágenes de los especímenes.

Utilizando una sonda YSI EXO1, **CINDAQ recopiló perfiles detallados de la columna de agua tanto en Poza Punta Pájaros como en el océano adyacente. Los análisis realizados por el Dr. Eduard Reinhardt** revelaron que la salinidad de la laguna (~35 ppt) es ligeramente menor que la del océano abierto (~36 ppt), con evidencia de mezcla mareal. Dentro de la cueva, sin embargo, la salinidad aumentó hasta ~40 ppt, la temperatura se elevó a 31 °C y el oxígeno disuelto descendió a cero, lo que podría indicar masas de agua aisladas y más antiguas, atrapadas desde niveles del mar más bajos. Estos hallazgos aportan información clave sobre la dinámica del acuífero y la evolución de sus ecosistemas subterráneos.

Operar en un entorno tan remoto exige soluciones avanzadas de IT. CINDAQ desplegó por segunda vez este año su avanzado proceso de canalización de datos desde su toma en el campo hasta su gestión en oficina y nube. El noventa y cinco por ciento de todos los datos de campo—más de 8,000 archivos que suman 440 GB—fueron archivados en el NAS de CINDAQ antes del regreso. Esta infraestructura permitió la resolución de problemas in situ, la colaboración remota con desarrolladores de software y científicos, y el análisis rápido de datos, al tiempo que minimizó las demandas energéticas in situ.

Cada expedición a Punta Pájaros revela **nuevas facetas de la hidrología, la geología y la biología del acuífero de Sian Ka'an.** Estos sistemas se encuentran entre los menos comprendidos y más ecológicamente significativos del planeta—conectando humedales terrestres, manglares y ecosistemas marinos a través de vías subterráneas invisibles. La presencia de capas hipersalinas y anóxicas, combinada con evidencia de intercambio mareal y posibles registros sedimentarios, subraya el valor del sitio para la reconstrucción paleoambiental y la investigación climática.

CINDAQ planea ampliar la exploración de estos sistemas de cuevas, realizar estudios científicos, colaborar con el INAH y la CONANP en sitios de patrimonio cultural, crear materiales educativos para los visitantes de Casa Blanca y las comunidades locales, y fortalecer la sensibilización sobre la conservación del acuífero de Sian Ka'an.



PREHISTORIA DE LA PENINSULA DE YUCATÁN

En 2024, el proyecto **“Prehistoria de la Península de Yucatán a través de su evidencia en cuevas y cenotes”**, dirigido por la **Dra. Silvina Vigliani y el Dr. Luis Alberto Martos**, del Instituto Nacional de Antropología e Historia (**INAH**), inició investigaciones sobre el uso de cuevas y cenotes por parte de poblaciones humanas prehistoróricas. El proyecto examina evidencias de minería de ocre, depósitos de calcita y carbón vegetal preservados en cuevas inundadas, para intentar comprender cómo las poblaciones tempranas interactuaron con estos entornos. Estos materiales conforman una línea base para reconstruir tecnologías, condiciones ambientales y prácticas culturales de los primeros habitantes de la región.

Las **cuevas y los cenotes son cápsulas naturales del tiempo**. Formadas por la disolución de la caliza, se convirtieron en cámaras secas durante la Edad de Hielo, cuando el nivel del mar era más bajo. A medida que el clima se calentó y el nivel del mar aumentó, muchas de ellas se inundaron, sellando evidencias de actividad humana. Las huellas de minería (fosas, espeleotemas rotos, acumulaciones de piedras y concentraciones de carbón) muestran una extracción sistemática previa a la inundación ocurrida hace aproximadamente 8,000 años. Esto revela un alto nivel de habilidad técnica y la importancia del ocre—como pigmento, recubrimiento o con funciones simbólicas.

El sitio de La Mina, en el sistema Sagitario, es el ejemplo más claro. Cientos de metros de pasajes muestran evidencias de extracción: espeleotemas rotos utilizados como herramientas o marcadores, grandes fosas excavadas en la roca madre y hollín en los techos producto de la iluminación con fuego. Sin embargo, también se han identificado varios otros sistemas de cuevas con características similares, que ahora pueden integrarse en **un estudio más amplio, proporcionando una perspectiva regional a través de múltiples sitios.**

La primera fase del proyecto, en 2024, se centró en la recopilación de información de base. El equipo organizó documentación fotográfica y de video, estandarizó las observaciones de los buzos y entrevistó a miembros de CINDAQ para registrar detalles sobre accesibilidad de las cuevas, ubicación de los depósitos y amenazas. Se desarrolló una base de datos en un Sistema de Información Geográfica (SIG) para organizar y cruzar toda la información, asegurando que las futuras campañas de muestreo sean dirigidas, eficientes y mínimamente invasivas.



> “...iluminando la manera en que las comunidades tempranas interactuaron y transformaron su mundo subterráneo”





Las investigaciones futuras implicarán la recolección cuidadosa de muestras de ocre, calcita y carbón vegetal en sistemas de cuevas seleccionados. Se extraerán pequeñas cantidades superficiales para preservar los depósitos. Los fragmentos de carbón, en ocasiones sellados bajo calcita, serán analizados mediante datación por radiocarbono e identificación de maderas para reconstruir el paleoambiente. La calcita será sometida a análisis geoquímicos e isotópicos para rastrear eventos de inundación y los momentos en que ocurrió. El ocre será examinado mediante análisis elementales e isotópicos para determinar su composición, posibles usos y eventuales vínculos de intercambio. En conjunto, estos enfoques producirán el primer conjunto de datos integral sobre la minería de ocre en la Península de Yucatán.

Este trabajo une a instituciones nacionales e internacionales. El INAH proporciona supervisión arqueológica y apoyo de laboratorio en México, con la participación de la **Dra. Silvina Vigliani, Gustavo García y Salvador Isab,** mientras que laboratorios en Estados Unidos y Canadá, bajo la dirección del **Dr. Jim Chatters, la Dra. Brandi Lee MacDonald y el Dr. Eduard Reinhardt**, aportan experiencia en geoquímica, datación por radiocarbono y análisis paleoambientales. CINDAQ respalda la exploración, el mapeo y la documentación, garantizando el registro preciso de cada sitio. Esta colaboración impulsa el conocimiento científico y establece nuevos estándares para la investigación en cuevas inundadas.

Al documentar con precisión las minas de ocre, los depósitos de calcita y las acumulaciones de carbón vegetal, e incorporarlos a los registros arqueológicos oficiales, el **proyecto profundiza el conocimiento sobre la prehistoria de la región**. Métodos no invasivos, como la fotogrametría, preservan evidencias frágiles, mientras que cualquier muestreo necesario sigue estrictos protocolos de conservación y transferencia controlada a laboratorios especializados.

Las minas de ocre de Quintana Roo se encuentran entre las más antiguas conocidas en las Américas, y ofrecen información clave sobre tecnologías, simbolismo y estrategias de supervivencia de la Edad de Hielo. Las evidencias de calcita y carbón sitúan estos hallazgos en un marco temporal y ambiental preciso, revelando ingenio y capacidad de adaptación. En conjunto, iluminan la manera en que las comunidades tempranas interactuaron con su mundo subterráneo y lo transformaron.

Para finales de 2025, los investigadores habían recolectado muestras iniciales de siete sistemas de cuevas que contienen evidencias de actividad humana, carbón, calcita y ocre. Con una línea base sólida establecida, los análisis permitirán refinar cronologías y explorar implicaciones más amplias de la explotación del ocre. Vincular esta evidencia con debates continentales sobre tecnología temprana y adaptación situará a la **Península de Yucatán en el centro de las discusiones sobre la prehistoria de las Américas.**



PROYECTO DE ACCESO HUMANO Y DE FAUNA



> “...¿Cómo accedieron a las cuevas los humanos y animales del Pleistoceno tardío y Holoceno temprano?...”

Dos rondas adicionales de trabajo de campo se completaron en 2025, como parte del Proyecto de Acceso Humano y de Fauna, llevado a cabo por **Loren Clark y Julien**, y bajo la dirección del **Dr. Dominique Rissolo (Universidad de California en San Diego) y Sam**, con la colaboración esencial de Helena Barba-Meinecke y Silvina Vigliani del INAH. El proyecto forma parte de un esfuerzo continuo y multidisciplinario para ampliar la comprensión de los sistemas de cuevas sumergidas y parcialmente sumergidas de Quintana Roo. Si bien se han documentado más de 1,700 kilómetros de pasajes en toda la región, esta iniciativa se centra en la cuestión más amplia de cómo los humanos y animales del Pleistoceno tardío y el Holoceno temprano accedieron a cuevas que en su momento estaban secas y a los recursos que contenían.

Los objetivos principales del trabajo de campo de verano incluyeron **completar fotogrametría móvil en entradas secas**, recolectar datos de **radar de penetración terrestre (GPR)** en aguas someras en cenotes seleccionados, y **documentar ubicaciones de entradas mediante GNSS y datos topográficos 2D,** verificar in situ los datos de GPR previamente recolectados, y **recopilar fotogrametría de la interfaz superficie/agua**. Objetivos adicionales incluyeron coordinar protocolos de transferencia y gestión de datos entre los equipos de la UC San Diego y CINDAQ, y alinear prioridades logísticas con colegas del INAH.

Las operaciones de campo comenzaron con una serie de misiones de reconocimiento y escaneo. Utilizando el sistema de fotogrametría móvil Looq, que integra múltiples cámaras, asistencia GNSS e iluminación integrada, los investigadores pudieron adquirir conjuntos de datos 3D de alta resolución. Este dispositivo, desarrollado originalmente para la inspección de infraestructuras en tierra, resultó excepcionalmente eficaz para capturar geometrías complejas de cuevas con precisión a nivel centimétrico. Se recopilaron coordenadas GNSS complementarias utilizando unidades Trimble R1 y dispositivos portátiles para anclar los escaneos en el espacio geográfico. Los datos del subsuelo se obtuvieron mediante GPR, lo que permitió la obtención de imágenes a través de agua somera y sedimentos para distinguir capas de densidad y características estructurales.



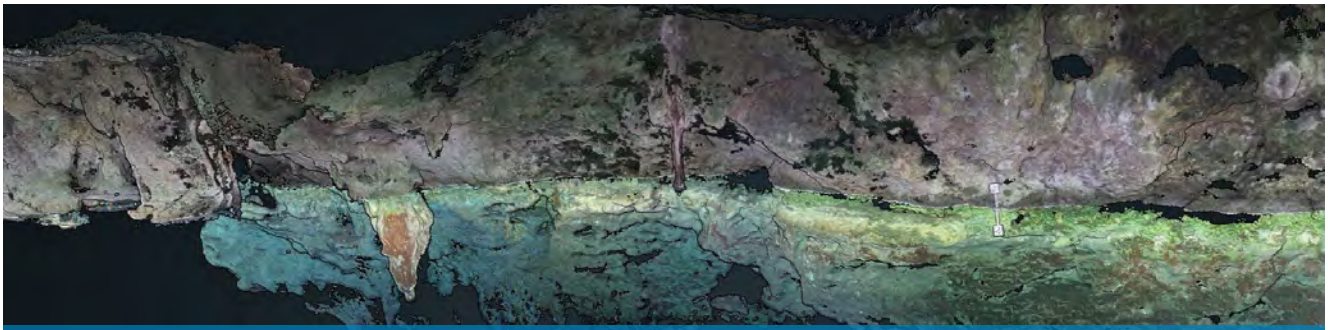
La colaboración alcanzó un punto cúlmen el 23 de junio, cuando colegas del INAH se unieron al equipo para una jornada de trabajo de campo. La visita al sitio reunió a buzos de CINDAQ, investigadores de la UC San Diego y a **Silvina Vigliani, Gustavo García y Salvador Estrada del INAH**. La toma de muestras de carbón y calcita se realizó bajo supervisión del INAH, mientras que los escaneos con Looq se llevaron a cabo en múltiples zonas de la entrada de la cueva.

Del 16 de noviembre al 9 de diciembre de 2025, Loren Clark, **Nathan Hui** y Dominique Rissolo, de la UC San Diego, regresaron a Quintana Roo para dar continuidad a la recopilación de datos del verano. El equipo también incorporó un nuevo sistema de doble cámara diseñado para capturar imágenes por debajo y por encima del agua de manera simultánea. Esto permitirá integrar los datos de la interfaz superficie/agua con los conjuntos de datos 3D de cada entrada seca y sus pasajes de cueva sumergidos adyacentes. Este sistema era un prototipo, pero superó las expectativas operativas y el equipo quedó muy satisfecho con la calidad de los datos recopilados en múltiples entradas. La verificación in situ de los datos de GPR implicó regresar a los mismos cenotes de la expedición de verano y utilizar sondas manuales para determinar la profundidad de las capas actuales de calcita y material orgánico que yacen sobre los colapsos de caliza en las entradas. En total, se completaron 50 sondeos a distintas profundidades en diferentes sedimentos a lo largo de cuatro días de trabajo de campo.

Además del trabajo de campo, Nathan y Loren completaron el curso GUE Cave 1 con Chris y esperan con entusiasmo regresar a Zero Gravity para realizar más inmersiones y continuar colaboraciones científicas con CINDAQ. El equipo cerró la temporada de campo participando en la Semana de la Ciencia anual de Zero Gravity junto con otros colaboradores y voluntarios de CINDAQ.

A lo largo de este trabajo de campo, el énfasis se puso no solo en la recopilación de datos técnicos, sino también en la integración interinstitucional. La coordinación diaria entre UCSD, CINDAQ e INAH aseguró que los conjuntos de datos se recopilaran en formatos estandarizados para facilitar su intercambio. Se llevaron a cabo reuniones para alinear los objetivos del proyecto con las prioridades de conservación, subrayando la importancia de proteger estos sitios frágiles al tiempo que se avanza en la investigación.

El Proyecto de Acceso Humano y Faunístico representa **un paso importante para ampliar la perspectiva sobre cómo los humanos y animales antiguos navegaron estos paisajes en el pasado.** Los resultados del trabajo de campo de 2025 demuestran el valor de la colaboración multidisciplinaria, la tecnología avanzada y las alianzas institucionales. Al vincular el mapeo de superficie, la obtención de imágenes del subsuelo y los protocolos de conservación, el proyecto está sentando las bases para responder preguntas fundamentales sobre la vida y la movilidad al final de la Edad de Hielo, al tiempo que garantiza la protección a largo plazo de estos extraordinarios entornos subterráneos.



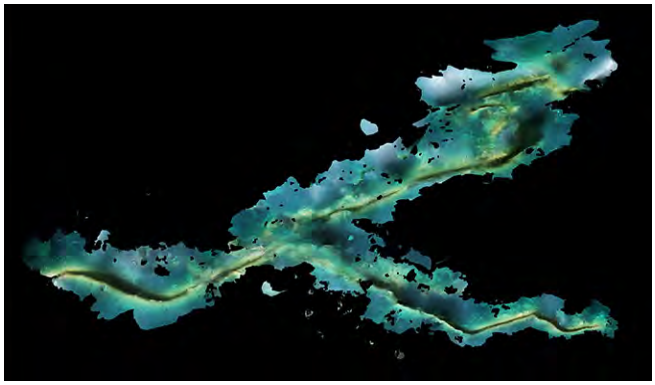
Desarrollando nuevos métodos para generar modelos fotogramétricos de la transición superficie-agua

CÁMARA 360º - PRUEBAS Y EJEMPLOS DE USO

Desde 2019, hemos estado **experimentando con sistemas de cámaras 360° para documentar cuevas subacuáticas**, incluyendo la cámara Boxfish en sitios como Sagitario, así como pruebas con la Insta360 en 2024. En 2025, iniciamos un esfuerzo estructurado para evaluar cómo estos sistemas podrían apoyar la creación de copias digitales. Debido a que las esferas 360 capturan datos en todas las direcciones, en lugar de un solo encuadre, ofrecen un registro más completo de la morfología de la cueva y ayudan a reducir la posibilidad de pasar por alto características que podrían no detectarse con técnicas convencionales de captura de imágenes.

Utilizamos una Insta360 One RS con sensor de 1 pulgada en una carcasa subacuática Mantis RS360, combinada con luces Keldan de distintos tamaños que comparten la misma temperatura de color, pero varían en intensidad. La carcasa originalmente incluía tres luces subacuáticas Sola, pero estas no proporcionaron suficiente iluminación para uso en cuevas, por lo que se sustituyeron por luces Keldan para lograr una iluminación más consistente y potente. Se optó por video en 5.7K en lugar de fotografías por intervalo, ya que el límite de tres segundos entre capturas de la cámara resultaba demasiado lento para una documentación eficaz. El **video continuo también demostró ser útil por sí mismo, y no únicamente como herramienta para el modelado**.





Se probaron tres configuraciones, todas diseñadas para ser de flotabilidad neutra y equilibradas en el agua. Las configuraciones 1 y 3 estaban orientadas a pasajes de cueva más grandes que requerían mayor iluminación y velocidad estable, mientras que la configuración 2 estaba pensada para túneles más pequeños, donde un sistema más simple resultaba suficiente. Hasta el momento, solo las configuraciones 2 y 3 han sido probadas en campo, cada una en una sola inmersión.

Configuración 1 – Bastidor SUEX Gemini

La primera configuración utilizó el bastidor Suex XJ Gemini para montar un conjunto de luces Keldan junto con un mástil para la Insta360 One RS. Esta configuración no fue probada en campo, ya que resultó incómoda de manejar, aunque podría retomarse con modificaciones.

Configuración 2 – T-Mount

La segunda configuración consistió en un soporte en forma de T. Un palo tipo selfie con una conexión en Y sostenía un conjunto de luces con flotación en la parte superior y la cámara suspendida por debajo. Estaba equilibrado para lograr flotabilidad neutra, con mayor flotación en la sección superior, de modo que la cámara actuara como una quilla y se autocentrara con el lente más cercano al fondo. Este diseño funcionó bien, fue fácil de usar y podía plegarse al atravesar restricciones más estrechas.

Configuración 3 – Conjunto montado en SUEX

La tercera configuración utilizó un solo SUEX con cuatro luces Keldan grandes montadas en soportes de rótula en la parte frontal, cada una equilibrada cerca de la flotabilidad neutra mediante tres flotadores. La cámara se fijó a un soporte de rótula en la parte más frontal del scooter. Esta configuración produjo una salida de luz mucho mayor y permitió iluminar cuevas de gran tamaño, pero también generó reflejos y sobreexposición en el domo de la carcasa, además de introducir problemas de vibración.

Las primeras pruebas confirmaron que las luces subacuáticas originales eran inadecuadas para entornos de cuevas. La combinación de luces Sola de 6500 K con luces Keldan de 5600 K generó artefactos de color e iluminación irregular, por lo que se optó por

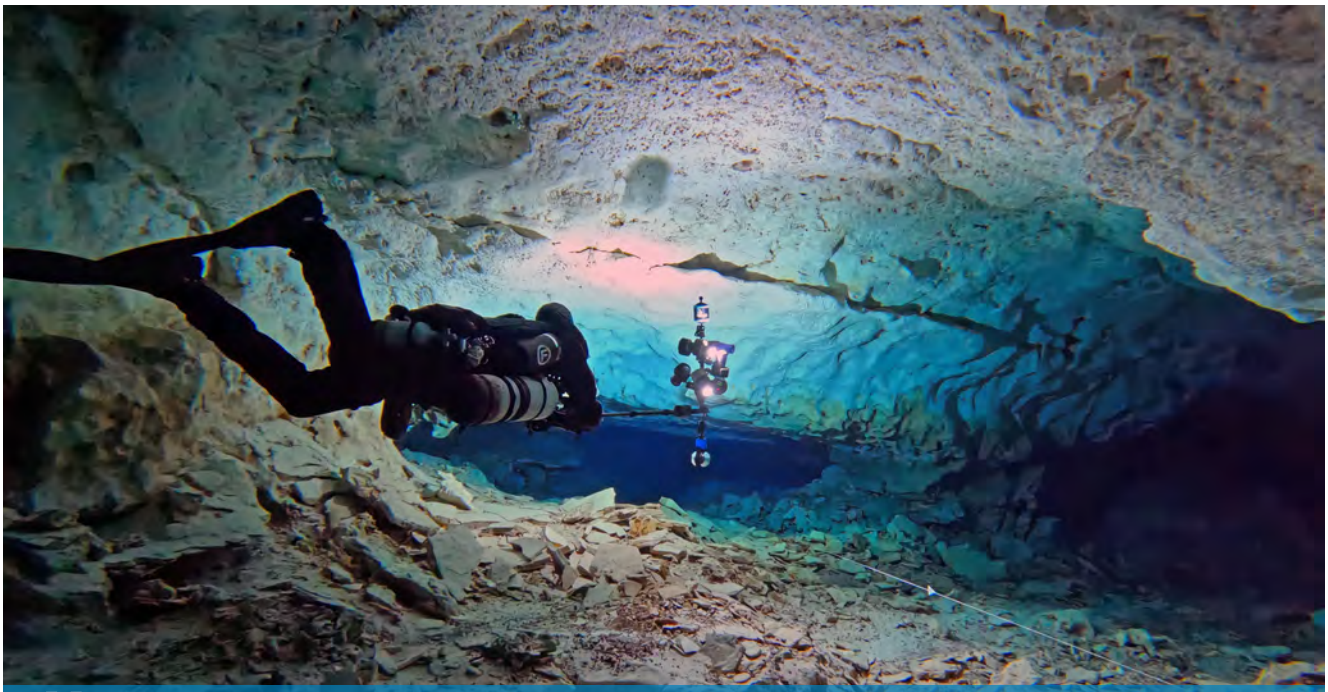
una configuración completamente con luces Keldan. La condensación dentro del domo fue otro problema persistente, probablemente causado por la inspección y sellado de la cámara en campo en lugar de prepararla en un espacio con aire acondicionado. Las futuras inmersiones incorporarán cambios de procedimiento para mitigar este problema.

Una particularidad de la cámara Insta360 es que se detiene brevemente después de 28 minutos al iniciar un nuevo archivo, lo que implica el riesgo de una interrupción en la grabación. Esto debe considerarse durante la planificación. Debido a que la cámara captura en todas las direcciones, parte de la luz inevitablemente incide sobre el domo, generando reflejos y áreas sobreexpuestas. Evitarlo requiere una geometría de iluminación en la que ninguna parte del haz de luz intersecte el domo.
Para pasajes de cueva lo suficientemente grandes como para permitir el uso del sistema T-mount de un metro de altura, pero no tan amplios como para exceder la capacidad de iluminación de las luces, la segunda configuración funcionó bien. Fue estable, fácil de maniobrar y produjo material utilizable. La tercera configuración proporcionó una mayor salida de luz para pasajes más grandes, pero los reflejos y la vibración afectaron la calidad de la imagen. Ambas pruebas confirmaron que **la posición y el equilibrio de las luces con respecto al domo son factores críticos.**

El video 360 resultó ser más valioso de lo esperado. Al utilizar video continuo en lugar de fotografías por intervalo, se obtuvo una burbuja visual que puede examinarse a lo largo de toda la duración de una inmersión, **permitiendo observar características desde múltiples ángulos.** La pérdida de algo de rango dinámico fue mínima en comparación con el valor de contar con un contexto espacial continuo.

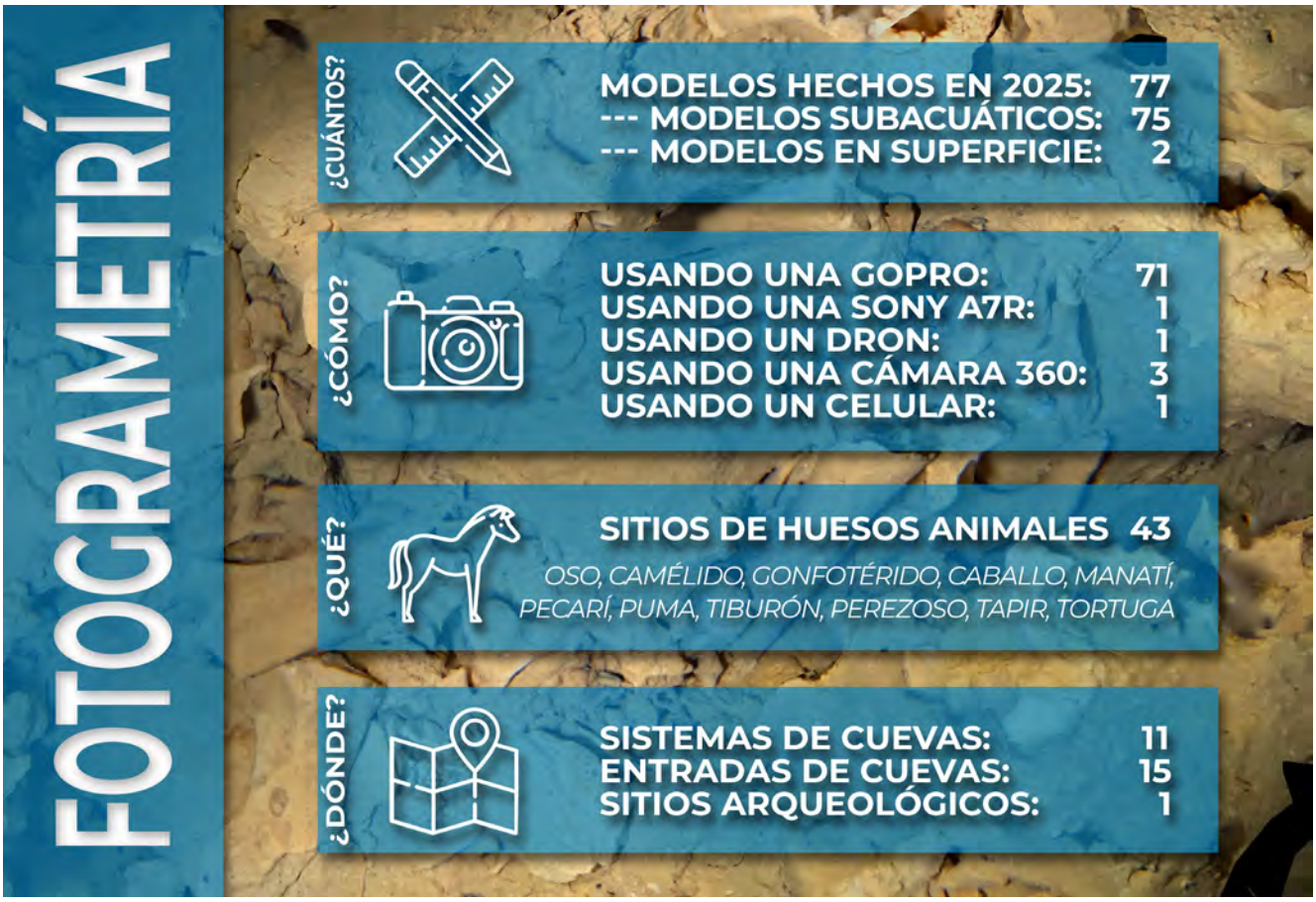
Operar la cámara bajo el agua sigue siendo un desafío, ya que cuenta con un solo botón de control y una única luz de estado para indicar su funcionamiento. Siempre que la configuración se realice correctamente antes de la inmersión y el botón no se presione accidentalmente, el sistema funciona de manera confiable.

Es posible que se retome la primera configuración utilizando el bastidor Suex Gemini para montar suficientes luces que permitan iluminar grandes pasajes de cueva con dos DPV. Esto alejaría las luces de la cámara para reducir los reflejos, manteniendo al mismo tiempo una plataforma estable. La sincronización de las marcas de tiempo del video con los datos de posición también permitirá integrar el video 360 en nuestro sistema SIG, proporcionando una comprensión espacial más clara de las condiciones dentro de la cueva.



> “Una nueva herramienta que no solo permite construir modelos 3D de las cuevas, sino también realizar evaluaciones científicas post-inmersión de elementos relevantes”

FOTOGRAMETRÍA: RESUMEN 2025



En 2025, el programa de fotogrametría de CINDAQ continuó ampliando catálogo de documentación de sitios arqueológicos y paleontológicos sumergidos y de superficie en todo Quintana Roo. Durante el año se completaron un **total de 77 modelos, lo que representa uno de los períodos más productivos hasta la fecha.**

La documentación se basó principalmente en cámaras de acción compactas, con 62 modelos generados utilizando la **GoPro 12.** Otras plataformas de captura incluyeron tres registros de 360 grados con I**nsta360 RS1,** un modelo de alta resolución con **Sony A7R5**, un modelo basado en dron (Mavic 2) y un modelo con iPhone, lo que demuestra la adaptabilidad por parte del equipo de distintas herramientas según las limitaciones ambientales y logísticas.
Los hallazgos del año incluyeron 43 sitios con restos óseos de fauna, que abarcan una amplia gama de especies del Pleistoceno tardío como perezoso, camélido, caballo, pecarí, manatí, puma, tapir y tiburón, entre otros. Estos descubrimientos contribuyen de manera significativa a la creciente comprensión de la distribución de especies, las dinámicas depredador–presa y la tafonomía dentro de los sistemas de cuevas inundadas de la región.

La fotogrametría también desempeñó un papel clave este año en el apoyo al proyecto «**Prehistoria de la Península de Yucatán a través de su evidencia en cuevas y cenotes» (PPY).** Se produjeron modelos de alta resolución en múltiples sistemas de cuevas para documentar con precisión evidencias de minería antigua, depósitos de carbón vegetal y formaciones de calcita, evitando al mismo tiempo la alteración de contextos arqueológicos frágiles. Estos registros 3D complementaron las observaciones de los buzos y los mapas SIG, ayudando al equipo del PPY a **identificar, comparar e interpretar huellas de minería en toda la región**.

AVANCES DEL SIG EN EL 2025

En 2025, CINDAQ amplió de manera significativa sus capacidades de SIG: nuestra infraestructura de SIG dejó de ser de uso exclusivamente interno y se convirtió en una **plataforma que da soporte a múltiples equipos externos.** Se desarrollaron paneles personalizados para socios como UCSD, INAH y otros grupos de investigación, ofreciendo a cada equipo acceso a los conjuntos de datos, herramientas y visualizaciones más relevantes para su trabajo.

Un avance importante fue la **incorporación de la capacidad para que los colaboradores científicos agreguen comentarios y anotaciones directamente** a través de estos paneles. Estas aportaciones ahora se integran automáticamente en las bases de datos de CINDAQ, creando un intercambio continuo y estructurado entre científicos de campo, analistas y responsables de proyecto. Este flujo bidireccional fortalece la calidad de los datos, acelera los procesos de revisión y garantiza que las observaciones realizadas por especialistas se conserven y puedan ser consultadas.

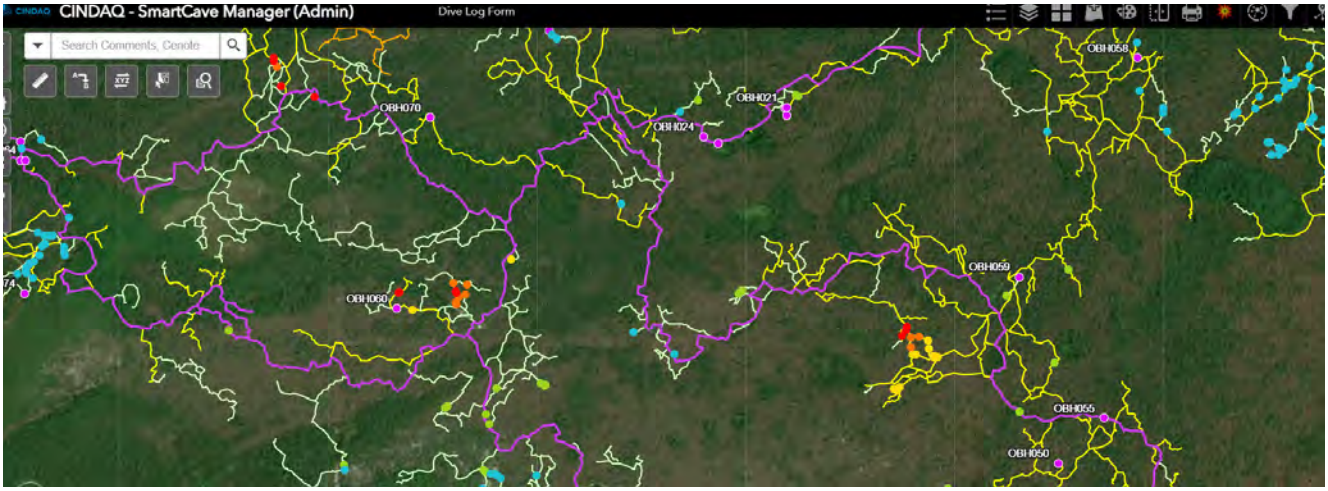
Durante el año se introdujeron nuevos scripts en Python que ampliaron nuestra capacidad analítica. En lugar de consultar capas individuales de forma aislada, CINDAQ ahora puede realizar consultaú espaciales en multipes capas de información y sistemas, **conectando conjuntos de datos entre distintos sistemas de cuevas y revelando relaciones que antes resultaban difíciles de detectar.** Análisis espaciales como el cálculo de distancias a indicadores de actividad humana son ahora rutinarios, apoyando por igual trabajos arqueológicos, ecológicos y de conservación.



También se desplegaron importantes herramientas de automatización. La sincronización de SSOT (Single Source of Truth) ahora se ejecuta en segundo plano, manteniendo los vínculos entre capas SIG, Google Sheets y otros sistemas de almacenamiento. Scripts adicionales extraen coordenadas precisas desde ArcGIS Online y las escriben directamente en las bases de datos de los proyectos, eliminando la transcripción manual. Nuevas utilidades **agilizan tareas repetitivas** como la copia de seguridad de contenidos SIG, la sustitución de capas en mapas web y la copia de simbología.

Finalmente, 2025 marcó el inicio de un esfuerzo de consolidación a largo plazo: la unificación de todas estas herramientas en bibliotecas reutilizables de Python que darán soporte a futuros proyectos de manera eficiente y consistente.

CINDAQ reconoce y agradece a **Wetherbee Dorshow, de Earth Analytic**, por su orientación y apoyo a lo largo de este año de rápido desarrollo del SIG.



AUTOMATIZACIÓN DE FOTOGRAMETRÍA 2.0

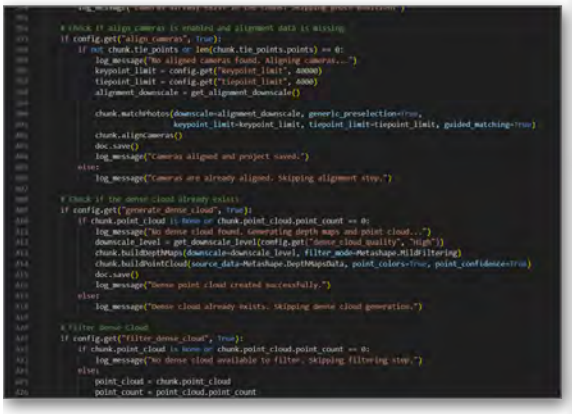
En 2025, CINDAQ introdujo mejoras significativas en su flujo de trabajo automatizado de fotogrametría, **aumentando la eficiencia, flexibilidad y escalabilidad**. A día de hoy, el sistema permite que los miembros del equipo inicien el procesamiento de varios modelos inmediatamente después de una inmersión, en lugar de esperar a que uno termine antes de comenzar el siguiente. Esto ha hecho que la gestión de datos post inmersión sea más rápida y consistente, reduciendo el tiempo improductivo y la supervisión manual.

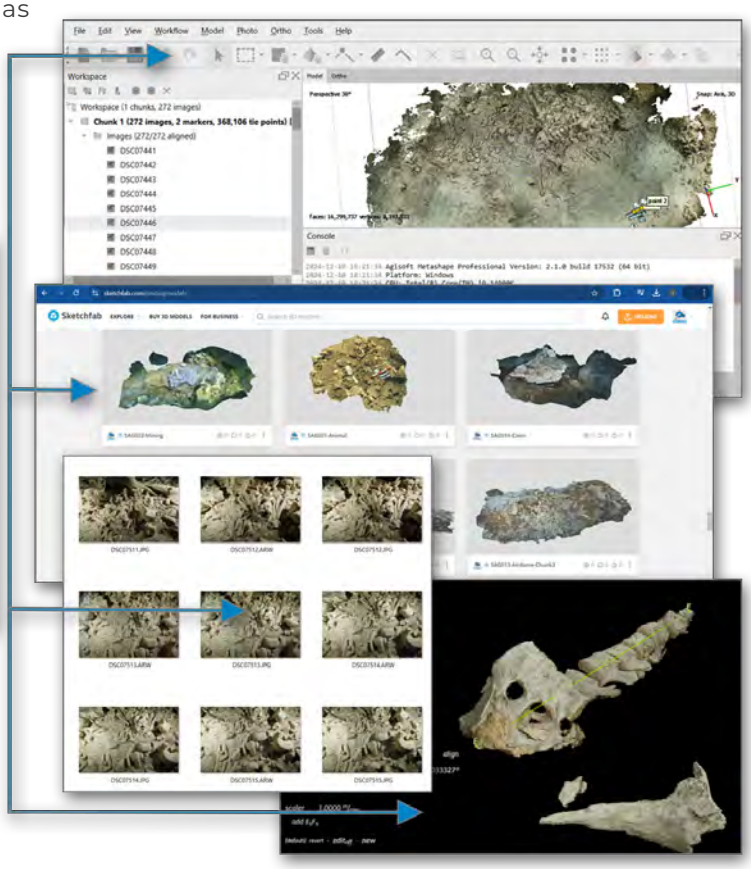
El flujo de trabajo ahora utiliza dos archivos de configuración distintos: uno para la gestión del sistema y otro para los parámetros de fotogrametría. La configuración del sistema define la cola de trabajos, las notificaciones por correo electrónico y los servicios externos, mientras que la configuración del modelo almacena todos los parámetros utilizados para el procesamiento en Metashape. Cada modelo guarda ahora automáticamente su propia copia de este archivo TOML, creando un registro claro y permanente de los parámetros utilizados. En conjunto, estas configuraciones **garantizan una trazabilidad y reproducibilidad** completas en todas las ejecuciones de procesamiento.

Internamente, el programa ha sido reorganizado en bibliotecas dedicadas para la gestión de proyectos, las operaciones en Metashape, las cargas a Sketchfab, las exportaciones a Viscore y la gestión de colas. Este diseño modular simplifica el mantenimiento, facilita futuras extensiones y permite que múltiples trabajos se ejecuten sin supervisión. Un registrador integrado y un sistema automatizado de informes por correo electrónico proporcionan retroalimentación transparente en cada paso.

El rendimiento del procesamiento de modelos aumentó en un 43 por ciento, y el número de modelos georreferenciados en la base de datos de CINDAQ se duplicó en un período de ocho meses. La distribución de la carga de trabajo entre los colaboradores también se volvió más equilibrada, lo que permitió que más miembros del equipo participaran en el procesamiento **sin requerir habilidades técnicas avanzadas.**

Estos cambios refuerzan la capacidad de CINDAQ para procesar eficientemente múltiples modelos. Al mejorar la configurabilidad, la transparencia y la automatización, podemos trasladar cada sitio documentado de manera fluida desde la recopilación en campo hasta un **registro digital reproducible listo para su uso científico.**





VINCULANDO SIG Y FOTOGRAMETRÍA

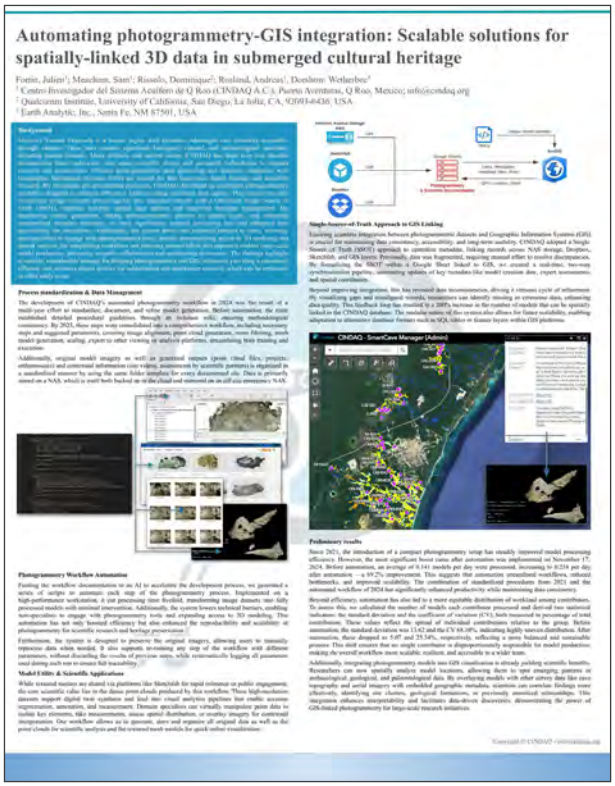
En los últimos años, nuestro equipo ha desarrollado un sistema que hace que la creación y el uso de modelos 3D sean más rápidos, sencillos y confiables. Al combinar métodos automatizados en cada paso del proceso, podemos procesar imágenes en modelos de fotogrametría con menor esfuerzo, manteniendo al mismo tiempo una calidad constante.

Al vincular estos modelos en una Single Source of Truth (SSOT), podemos conectarlos con mapas SIG, levantamientos y datos de origen. Esto ahorra tiempo, reduce errores y **garantiza que cada modelo cuente:** buzos y científicos trabajan siempre a partir de la versión más precisa de los datos.

Es importante destacar que el sistema no está diseñado solo para especialistas: más personas pueden participar en la creación y el uso de modelos 3D. Esto hace que el trabajo sea más colaborativo y **acelera nuevos descubrimientos.**

Lo que comenzó como una solución interna para cuevas subacuáticas es ahora una **estrategia escalable** para proyectos de patrimonio digital en cualquier lugar, que científicos de distintas disciplinas pueden explorar y desarrollar. Para compartir nuestras herramientas y obtener retroalimentación, preparamos tanto un **póster como un artículo detallado de metodología** (resumen en el cuadro de abajo), los cuales fueron revisados por colegas (peer reviewed) y aceptados por la **International Society for Photogrammetry and Remote Sensing**.

www.cindaq.org/isprs-poster-2025
www.cindaq.org/isprs-paper-2025


Automating photogrammetry-GIS integration: Scalable solutions for spatially-linked 3D data in submerged cultural heritage

VINCULANDO FOTOGRAMETRÍA Y SIG MEDIANTE LA AUTOMATIZACIÓN DE FLUJOS DE TRABAJO: UN ENFOQUE ESCALABLE PARA DATOS 3D VINCULADOS ESPACIALMENTE AL PATRIMONIO CULTURAL SUBACUÁTICO

El procesamiento eficiente de datos fotogramétricos y su integración fluida con los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son fundamentales para el patrimonio digital a gran escala y la investigación científica. Al aprovechar procesos previamente documentados y scripts generados mediante IA, CINDAQ desarrolló un flujo de trabajo automatizado de fotogrametría diseñado para mejorar la eficiencia, garantizando al mismo tiempo una calidad de datos consistente. Este sistema no solo agiliza el procesamiento de imágenes a modelos, sino que también se integra directamente con una Single Source of Truth (SSOT) basada en SIG, lo que permite actualizaciones espaciales de datos en tiempo real y una mejor gestión de metadatos.
Mediante la automatización de la generación de modelos, la vinculación de conjuntos de datos fotogramétricos con capas espaciales y la aplicación de estructuras de metadatos estandarizadas, hemos reducido de manera significativa los tiempos de procesamiento y mejorado la accesibilidad de los datos para los investigadores. Además, el sistema reduce las barreras técnicas de entrada, permitiendo que personas no especialistas interactúen con herramientas de fotogrametría y, de este modo, democratizando el acceso al modelado 3D y al análisis espacial.
Al simplificar los flujos de trabajo y reducir el esfuerzo manual, este enfoque permite la producción de modelos a gran escala, incrementando la colaboración científica y acelerando los descubrimientos. Los resultados destacan una estrategia escalable y reproducible para vincular la fotogrametría y el SIG, proporcionando en última instancia un archivo digital estructurado, eficiente e inclusivo para la investigación subterránea y subacuática, que puede replicarse en otras áreas de estudio.

CONFERENCIA SUBACUÁTICA 3D - VIENNA, AUSTRIA



En julio de 2025, CINDAQ participó en la **3D Underwater Conference, organizada por TU Wien y CIPA Heritage Documentation.** Sam y Julien presentaron un póster titulado "Automating Photogrammetry–GIS Integration: Scalable Solutions for Spatially-Linked 3D Data in Submerged Cultural Heritage." El póster, que también contó con la colaboración de **Dominique Rissolo, Andreas Rosland y Wetherbee Dorshow,** expuso las herramientas de automatización de flujo de trabajo de CINDAQ para vincular modelos 3D de cuevas con plataformas SIG.

Como suele ocurrir ocurrir en estos eventos, el verdadero valor surgió tanto en los descansos como en las sesiones, a través de conversaciones con colegas, **descubriendo nuevas herramientas y la oportunidad de contextualizar nuestro trabajo globalmente**. Tuvimos intercambios productivos con el reconocido fotógrafo subacuático **Christoph Gerigk,** quien presentó su proyecto Underwater Digital Twin of Yuba Island en el Mar Rojo, Arabia Saudi—un esfuerzo impresionante que combina métodos sólidos, logística precisa y comunicación pública de alta calidad. También exploramos posibles colaboraciones con él, especialmente en torno a la optimización de flujos de fotogrametría y el preprocesamiento de imágenes.

Otros momentos destacados incluyeron conversaciones con **Fabio Bruno y Erica Nocerino** sobre su sistema FROG, una plataforma portátil de mapeo subacuático que guía a los buzos en tiempo real durante la adquisición de imágenes. Discutimos posibilidades de prueba en México. Experiencias como estas refuerzan nuestra convicción de que los desafíos que estamos abordando se extienden mucho más allá de las cuevas subacuáticas.

SIMPOSIO INTERNACIONAL CIPA - SEÚL, COREA



En agosto de 2025, CINDAQ participó en el **CIPA 2025 International Symposium en Seúl**, donde Sam y Julien presentaron trabajos relacionados con la automatización de flujos de trabajo y la integración con SIG. Nuestra participación estuvo vinculada a varias contribuciones en los escritos científicos oficiales de la conferencia, incluyendo el artículo completo **"Bridging Photogrammetry and GIS Through Workflow Automation: A Scalable Approach for Spatially-Linked 3D Data in Underwater Cultural Heritage"** y varios pósters relacionados con este artículo

.

La conferencia resultó ser un espacio fértil para nuevas ideas. Exploramos métodos emergentes como los Neural Radiance Fields (NeRF) aplicados a la fotogrametría, algoritmos para la selección de fotogramas y el enmascaramiento en el procesamiento de video 360°, y la posible compatibilidad de nuestras herramientas automatizadas con diversos proyectos y entornos SIG. Estos intercambios nos ayudarán a adaptar y preparar nuestros flujos de trabajo para el futuro.

Igualmente valiosa fue la creación de nuevos contactos. Intercambiamos perspectivas con **Daoud Bouledroua,** con experiencia en proyectos de documentación patrimonial basados en drones como la reconstrucción de los Budas de Bamiyán en Afganistán. También conocimos a **Valentina Salcedo Paparoni**, Project Coordinator en la Staatliche Museen zu Berlin, quien compartió importantes reflexiones sobre la comunicación entre científicos y museos. El **Prof. Nicola Lercari,**



Chair of Digital Cultural Heritage en LMU Munich, expuso oportunidades para que los proyectos de CINDAQ se alineen con su programa de investigación. También discutimos colaboraciones de campo con el **Prof. José Luis Lerma**, Profesor de Geomática en la Universitat Politècnica de València, e intercambiamos ideas sobre paradatos con el **Prof. Marinos Ioannides,** Director del Centro de UNESCO de Patrimonio Cultural Digital en la Cyprus University of Technology. Paradatos es información que describe el proceso de creación y uso de los datos, más que el contenido de los datos en sí, y constituye un concepto clave detrás de nuestro trabajo para garantizar coherencia y trazabilidad.

Es importante destacar que Seúl también **fortaleció nuestra colaboración con colegas de UCSD, el Pro. Dr. Dominique Rissolo, Loren Clark y Scott McAvoy (UCSD, Scripps Center for Marine Archaeology).** Juntos lanzamos un nuevo panel SIG diseñado específicamente para el estudio del acceso humano y faunístico a las cuevas desde el Pleistoceno. Loren y Julien también continuaron desarrollando un marco común para el almacenamiento de datos relacionados con la fotogrametría, basándose en el trabajo de Loren y Dominique para escanear entradas de cuevas en la Península de Yucatán.

Más allá del programa académico, el entorno nos impresionó y fascinó: Seúl es una ciudad



CIPA 2025 SEÚL : DATOS CLAVE

- **NÚMERO DE PARTICIPANTES: 500+**
- **NÚMERO DE PAÍSES REPRESENTADOS: 53**
- **NÚMERO DE SESIONES: 42**

vibrante que equilibra profundas tradiciones con infraestructura futurista. Nuestros buenos amigos Su Eun Kim y Kyung Soo Kim, buzos de cuevas con amplia experiencia que han contribuido significativamente a los esfuerzos de cartografía de CINDAQ a lo largo de los años, nos dieron una cálida bienvenida y se aseguraron de que experimentáramos la ciudad y todo lo que tiene que ofrecer.

En conjunto, estas experiencias refuerzan nuestra visión de que los **esfuerzos de CINDAQ**—aunque arraigados en cuevas subacuáticas—**forman parte de una conversación global sobre patrimonio cultural digital.**



COLABORACIÓN CON PHREATIC, CERDEÑA, ITALIA



Construyendo la plataforma de DIG de Phreatic

La colaboración de CINDAQ con Phreatic continúa creciendo a partir de las bases establecidas en 2023–2024. En febrero de 2025, Julien regresó a Cala Gonone para pasar varios días con **Andrea Marassich y Dorota Czerny,** y ayudar a Phreatic a construir un marco práctico de Sistema de Información Geográfica (SIG) que apoye la exploración, la ciencia y la colaboración.

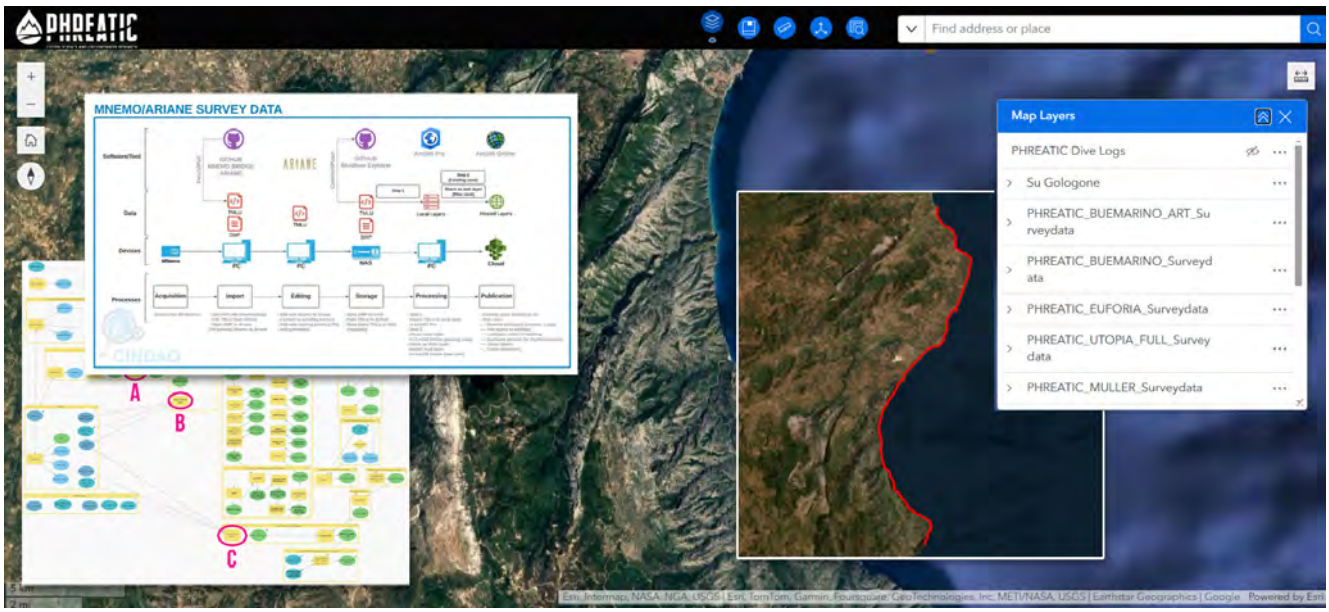
Instalamos y vinculamos ArcGIS Pro con ArcGIS Online utilizando la cuenta ESRI proporcionada por GUE de Phreatic como gestor principal, creamos un grupo de intercambio de Phreatic y delineamos los pasos de acceso (habilitar colaboración externa y añadir un Viewer de bajo costo para voluntarios) para que los mapas puedan **compartirse de manera segura más allá del equipo central.**

Adaptamos el modelo de importación *Ariane To GIS* de CINDAQ a Cerdeña: cambiamos las salidas a UTM Zona 32N, añadimos una capa de costa de Cerdeña para que el panel pueda mostrar “distancia a la costa”, y desactivamos las conexiones de fotogrametría/Google Sheets de CINDAQ que Phreatic aún no necesita. Estos cambios mantienen el **flujo de trabajo alineado con el de CINDAQ, al tiempo que se ajustan a las realidades locales.**

Un nuevo panel en ArcGIS Experience Builder permite al equipo visualizar levantamientos de cuevas en capas, ejecutar consultas rápidas (por ejemplo, haloclinas, huesos), medir distancias y navegar entre sitios marcados—preparado para el futuro ante el retiro de ArcGIS Web AppBuilder.

Para alimentar el mapa con datos confiables, estandarizamos Ariane como formato central de levantamiento y documentamos pasos replicables de limpieza para fuentes mixtas de datos (manual, Mnemo, CSurvey)—incluyendo la reconexión de ramales de cuevas, la conciliación de profundidades frente a inclinaciones y la incorporación de GPS para puntos de inicio.

También dedicamos tiempo considerable a **estandarizar conjuntos de datos existentes**—alineando palabras clave de levantamiento, convirtiendo y limpiando entradas provenientes de múltiples fuentes, y conciliando versiones duplicadas o conflictivas de levantamientos—de modo que el SIG repose sobre una única y consistente fuente de información.



Asimismo, desarrollamos nuevos modelos de caja de herramientas en ArcGIS para importar recorridos ERON/SUEX Sinapsi y Artemis combinando GPX (marcadores) y CSV (trayectorias). Para mantener ágiles las capas web, incluimos un método de reducción de puntos utilizando un módulo de filtro simple sobre el índice de registro. Finalmente, lanzamos un registro de inmersiones en línea con ESRI Survey123 para que las entradas de campo fluyan directamente al SIG para su análisis.

Revisión y Consolidación de los SOP de Gestión de Datos

En paralelo, revisamos las prácticas del Network Attached-Storage (NAS) de Phreatic para mantener seguros y localizables los archivos (cada vez más numeroso): evaluamos la estructura de carpetas, rutinas de respaldo, controles de acceso (local/remoto) y hábitos de etiquetado de imágenes. También elaboramos **diagramas de flujo claros que capturan los flujos de trabajo de extremo a extremo** (Mnemo/Ariane a GIS, Artemis/ERON a GIS, Survey123 crear/editar y recopilar/visualizar) para que nuevos usuarios y voluntarios puedan seguir el mismo procedimiento.

Los siguientes pasos acordados incluyen la creación de un espacio Wiki centrado en Phreatic, finalizar la limpieza de datos de levantamientos en las cuevas restantes, adaptar las palabras clave y los SOP de levantamiento de CINDAQ a Cerdeña, y habilitar una cuenta Viewer para voluntarios. Estas acciones ayudarán al equipo a ampliar la participación sin sacrificar la calidad de los datos.

Nuestro objetivo principal, construir una plataforma SIG robusta, se logró, y el trabajo complementario de SOP establece una base estable para el crecimiento de las actividades de exploración, investigación y comunicación. Sigue siendo un placer colaborar con Phreatic: ellos se benefician de los años de desarrollo de herramientas y lecciones aprendidas de CINDAQ, y nosotros obtenemos nuevas perspectivas que nos **ayudan a diseñar herramientas más flexibles.**



INSTITUTO FRANCÉS DE PONDICHERRY, INDIA (IFP)



La colaboración con Thomas Drouin en el French Institute of Pondicherry dio como resultado una útil plataforma de datos para el proyecto **Plantae Malabaricae.**

El material existente fue reorganizado en tres objetos distintos: Pliegos de Herbario, Etiquetas de Herbario y Muestras de Plantas. Las relaciones entre estos fueron mapeadas para que cada espécimen, anotación e imagen pudiera vincularse y consultarse de manera consistente.
Las hojas de cálculo heredadas, que se habían vuelto difíciles de mantener, fueron **migradas a una base de datos SQL estructurada y desplegadas en un servidor en línea.** Sobre esta nueva arquitectura, desarrollamos una interfaz ligera basada en la web que permite a investigadores y personal crear, editar, eliminar y mostrar registros sin interactuar directamente con la base de datos. Esta interfaz también integra herramientas flexibles de búsqueda y filtrado, lo que facilita considerablemente explorar la colección y recuperar registros relevantes.

El sistema ahora admite la carga de imágenes, lo que permite una documentación detallada de cada pliego de herbario. Al reunir en un mismo lugar los registros textuales y la documentación visual, la colección se vuelve mucho más útil tanto para el trabajo cotidiano como para la investigación a largo plazo. Esta estructura modular **garantiza que la base de datos pueda ampliarse con el tiempo**—nuevos campos, nuevas imágenes e incluso nuevas colecciones pueden añadirse preservando la coherencia del sistema subyacente.

Estas mejoras transforman arcaicas hojas de cálculo en un recurso de investigación sostenible. IFP ahora cuenta con una plataforma que preserva la integridad de los datos históricos, al tiempo que los hace accesibles y útiles para el análisis científico moderno, un nexo entre los archivos del siglo XVIII y la investigación del siglo XXI.

REUNIÓN UNESCO 2025 - PARÍS, FRANCIA

A principios de junio, CINDAQ participó en la **10a Sesión de la Meeting of States Parties to the 2001 Convention on the Protection of Underwater Cultural Heritage,** así como en la 16a reunión de su comité asesor científico y técnico, ambas celebradas en la sede de UNESCO en París. Adoptada en 2001, la convención sigue siendo el único instrumento jurídico internacional dedicado específicamente a salvaguardar el patrimonio cultural subacuático—pecios, sitios arqueológicos y paisajes prehistóricos ocultos bajo el mar. Establece directrices para la investigación, protección y preservación, al tiempo que desalienta el saqueo y la explotación comercial. Al fomentar la cooperación internacional, subraya la responsabilidad compartida de las naciones y organizaciones de proteger este patrimonio frágil e irremplazable en beneficio de todos.

Como una de diecinueve ONG acreditadas, CINDAQ tiene el privilegio de asistir a estas sesiones, donde fortalece vínculos con representantes de estados miembros, otras ONG y organizaciones. También estuvo presente la UNITWIN Network for Underwater Archaeology, que reúne a socios académicos que contribuyen a la formación y al fortalecimiento de capacidades en todo el mundo. Este año, CINDAQ estuvo acompañado por el **Dr. Dominique Rissolo y Christian McDonald, de la University of California San Diego y el Scripps Center for Marine Archaeology,** reflejando el espíritu de colaboración que es central a los objetivos de la convención.



La reunión en París también fue un momento de transición. **Ulrike Guerin**, quien ha servido durante muchos años como Secretary of the 2001 Convention, dejó su cargo. La dedicación, energía y visión de Ulrike han sido fundamentales para dar vida a la convención, construir alianzas entre naciones y avanzar en el reconocimiento del patrimonio cultural subacuático como una prioridad global. Su liderazgo ha dejado un legado duradero, y su presencia será profundamente hechada de menos por colegas y socios en todo el mundo. En nombre de CINDAQ, **expresamos nuestro más sincero agradecimiento por su incansable labor y compromiso** a lo largo de los años, y le deseamos lo mejor en sus futuros proyectos.



MCEP / CINDAQ: PROYECTO CIENTÍFICO- DIC 2025





Zero Gravity Dive Center y CINDAQ han estado organizando proyectos científicos semestrales durante más de 20 años.

Durante la primera semana de diciembre, 20 buzos voluntarios de cuevas de GUE provenientes de 7 países diferentes, **colaboraron con su tiempo y habilidades** para contribuir a la comprensión del acuífero en esta región.

La mayor parte del trabajo se centró en estudios de sedimentos y agua, pero este año se incorporó por primera vez un componente biológico, lo que dio lugar al registro de **observaciones de troglobios.**

Se realizaron cuatro presentaciones vespertinas muy bien recibidas durante la semana, que ayudaron a reforzar el valor del trabajo que se está llevando a cabo:

- CALCITE RAFTS, SEDIMENTS AND OTHER MATTER: Why are we studying dirt? - Por **Dr. Eduard Reinhardt**
- BENEATH THE SIERRA: Cave Exploration in Tamaulipas - Por **Osama Gobara**
- THE HUMAN / FAUNAL ACCESS PROJECT: Preliminary Data Collection and Ongoing Work - Por **Loren Clark and Dominique Rissolo**
- CINDAQ : 25 years of Evolution - Por **Sam Meacham**

DATOS CLAVES

- 20 BUZOS VOLUNTARIOS DE GUE
- 7 NACIONALIDADES
- 2 PERFILES QUÍMICOS DE LA COLUMNA DE AGUA
- 51 TRAMPAS DE SEDIMENTOS REEMPLAZADAS
- 10 SENSORES EXTRAÍDOS
- 4 SENSORES REINSTALADOS



EXHIBICIÓN FOTOGRÁFICA DE LA RBSK EN EL MURECO

Nos sentimos entusiasmados y orgullosos de que varias de nuestras fotografías fueran parte de la primera exposición temporal en el nuevo **Museo Regional de la Costa Oriental (MURECO) del INAH**. La exposición, "Sian Ka'an: Dònde el Cielo Nace, Santuario de Vida", marcó un momento importante para la región y para quienes trabajan en la protección de su patrimonio natural y cultural. Organizada por la Secretaría de Cultura de México a través del INAH, y con el apoyo de la CONANP, así como de los municipios de Felipe Carrillo Puerto y Tulum, celebró el 39° aniversario de la designación de Sian Ka'an como Sitio Patrimonio Mundial de la UNESCO. Formar parte de este hito fue especialmente significativo para nuestro equipo, dado que gran parte de nuestro trabajo tiene sus raíces en este paisaje extraordinario.

La exposición se llevó a cabo del 1 de febrero al 2 de marzo y reunió 40 fotografías de una amplia gama de colaboradores—fotógrafos, investigadores, grupos de conservación y miembros de la comunidad. Las imágenes **mostraron la impresionante biodiversidad y el carácter único de Sian Ka'an**, cuyo nombre en maya se traduce como "Donde nace el cielo." Nuestras contribuciones incluyeron escenas de nuestra exploración en el Sistema Chumuk Lu'um y en las áreas costeras alrededor de Punta Pájaros, ofreciendo a los visitantes una ventana hacia lugares que pocas personas pueden conocer de primera mano.

Ser incluidos nos permitió compartir nuestra pasión por documentar y proteger los entornos subacuáticos y costeros de la región. Estas fotografías ayudan a contar la historia de los extensos sistemas hidrológicos y ecológicos que definen Sian Ka'an, **recordando al público cuán interconectados y frágiles son estos paisajes.**

El objetivo fue acercar la comunidad a la reserva fomentando la curiosidad, el aprecio y un fuerte sentido de corresponsabilidad hacia este ecosistema extraordinario. La colaboración adicional provino de Hola Tulum, Amigos de Sian Ka'an, Slow Food, Comunidad y Biodiversidad y El Colegio de la Frontera Sur.

CINDAQ se enorgullece de haber apoyado esta importante iniciativa y mantiene su compromiso de ayudar a que más personas comprendan, valoren y protejan la región de Sian Ka'an para las generaciones futuras.



JOSÉ LUIS - CURSO DE AGUAS ABIERTAS



Desde 2020, **José Luis Hernández** se ha desempeñado como nuestro gerente de campo, apoyando nuestro trabajo de una variedad extraordinaria de formas. Desde coordinar la logística en áreas remotas hasta asistir en el manejo de equipos, transporte y necesidades operativas diarias, José Luis se ha convertido en un miembro esencial de nuestro equipo. Su dedicación, confiabilidad y buen humor son una fuente constante de motivación para todos.

Debido a que está tan profundamente involucrado en nuestras operaciones de campo, consideramos importante brindarle una **comprensión de primera mano de uno de los aspectos más fundamentales de nuestro trabajo: el buceo.**



Este otoño, **José Luis completó su certificación GUE Open Water Diver** bajo la atenta mirada e instruccion de **Laurent Dahan**. El curso, realizado durante seis rigurosos días, incluyó diez sesiones en aguas confinadas y seis inmersiones en aguas abiertas, junto con más de 40 horas en aula, ejercicios en tierra y desarrollo de habilidades en el agua.

A lo largo de la formación, José Luis demostró que se mueve como pez en el agua, sino también un deseo constante de aprender, haciendo preguntas y esforzándose por mejorar. Su **sonrisa, entusiasmo y espíritu aventurero** hicieron que fuera un placer enseñarle.



Durante sus inmersiones, José Luis fue recompensado con encuentros notables con fauna, incluyendo tortugas, rayas, un tiburón nodriza e incluso un tiburón martillo. Estamos agradecidos no sólo con Laurent, sino también con **Francisco Hernández Gómez** de Zero Gravity Dive Center, cuya orientación adicional ayudó a transformar a José Luis de un completo principiante en un nadador de aguas abiertas seguro y competente. De cara al futuro, estamos comprometidos a ayudar a José Luis a continuar desarrollando sus habilidades de buceo. Nos entusiasma especialmente llevarlo en su primer recorrido en caverna, **dándole finalmente la oportunidad de ver los increíbles espacios subacuáticos** donde desaparecemos cada vez que salimos a bucear.

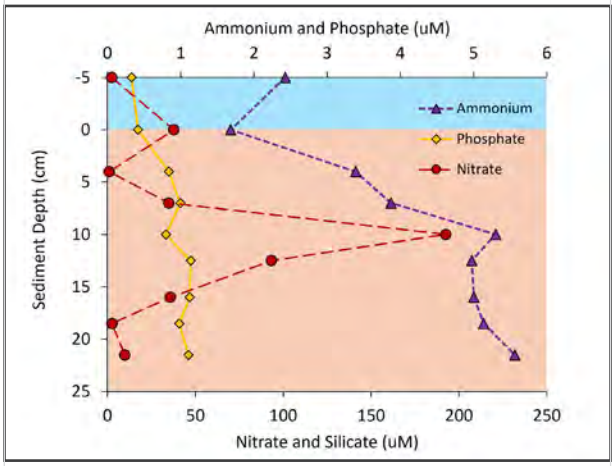
SISTEMA CRUSTACEA-INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA



Para más información: cindaq.org/crustacea_opp

En febrero, CINDAQ apoyó a un equipo internacional de investigación que estudia ecología, biodiversidad, fisiología, ciclo del carbono y estrategias de conservación en los estuarios subterráneos kársticos bajo la Península de Yucatán. Los procesos bajo estudio influyen en la salud de los ecosistemas y en la calidad del agua dentro de los sistemas de cuevas y a lo largo del paisaje costero adyacente.

Tras una **exitosa campaña de muestreo** en los pasajes aguas arriba del Sistema Crustacea, ayudamos al equipo a acceder a pasajes costeros a través del Cenote Diamante. Con nuestro apoyo logístico y de buceo directo, los científicos documentaron y muestrearon el sitio, desplegaron un muestrador *in situ* de agua intersticial de sedimentos y recolectaron muestras biológicas y mediciones fisicoquímicas adicionales de la columna de agua.



También asistimos en la recolección de muestras de sedimento para análisis genómicos. Estos datos **ayudarán a identificar invertebrados microscópicos** y a mejorar la comprensión de cómo los organismos cavernícolas interactúan con su entorno. Cabe destacar que, a pesar de la proximidad del sitio a la línea costera, no se observaron organismos marinos; toda la fauna registrada correspondió a especies endémicas de cueva.

Este trabajo complementa otros esfuerzos en toda la región de Yucatán enfocados en contaminantes, límites de tolerancia de especies endémicas, conservación y uso humano sostenible de los cenotes. Al recopilar y extraer los resultados de los proyectos, los hallazgos pueden compartirse con comunidades y tomadores de decisiones para apoyar a la conservación, la gestión y la sostenibilidad a largo plazo de estos recursos críticos que sustentan la biodiversidad, la disponibilidad de agua dulce y las economías locales.

Los análisis de laboratorio de las muestras hidrogeoquímicas y biológicas continuarán hasta 2026, seguidos de su publicación en revistas científicas y la difusión de resultados con socios interesados a nivel local e internacional. El equipo espera que los resultados **generen nuevas preguntas de investigación y campañas adicionales de trabajo de campo**, fortaleciendo aún más la colaboración con CINDAQ en nuestro objetivo compartido de comprender—y conservar—el estuario subterráneo kárstico.

El equipo científico incluye a Efraín Chávez (UMDI Sisal, UNAM, México), Fernando Calderón (Stephen F. Austin State University, USA), Liz Borda (Texas A&M University–San Antonio, USA), Annie Tamalavage (Smithsonian Environmental Research Center, USA), Flor Arcega-Cabrera (UNAM–Sisal, México), John Pohlman (U.S. Geological Survey, USA) y David Brankovits (Water Research Institute, Italia). Este trabajo está financiado por el programa Biological Oceanography de la U.S. National Science Foundation (subvenciones no. 2136322 y 2136377).

MUSEO REGIONAL DE LA COSTA ORIENTAL - TULUM



A principios de 2025, tras varios retrasos, el ala de Prehistoria del nuevo Museo Regional de la Costa Oriental finalmente abrió sus puertas. Diseñado para educar tanto a residentes como a visitantes, el espacio complementa las dos salas de exhibición existentes del museo, enfocadas en los pueblos mayas antiguos y contemporáneos de la región. En conjunto, estas tres alas ofrecen una **narrativa más completa de la Costa Oriental**—una que ahora se extiende mucho más profundamente hacia el pasado sumergido de la península.

En el corazón del ala de Prehistoria se encuentran exposiciones destacadas dedicadas al Proyecto de **Hoyo Negro** y a las minas prehistóricas de ocre del Sistema de Cuevas Sagitario–La Mina, descubiertas por CINDAQ en 2017. Ver el trabajo de nuestros colegas en Hoyo Negro—y nuestras propias contribuciones—presentado de manera tan prominente y reflexiva es profundamente gratificante. La sala integra mapas, paneles interpretativos, videos informativos y diagramas que **hacen accesible la investigación** sin sacrificar el rigor científico.

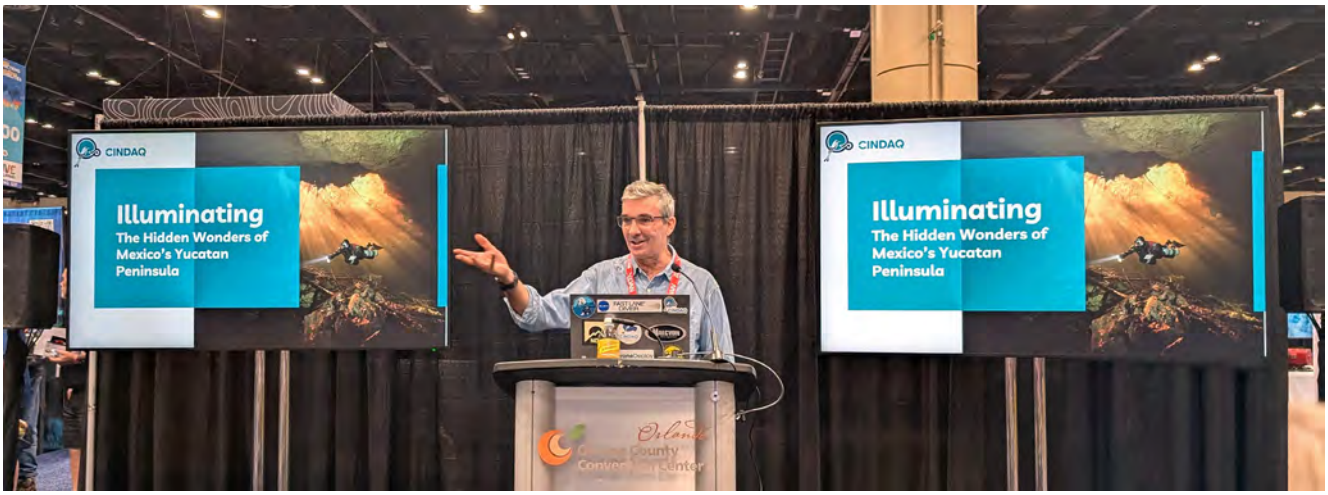
Entre los elementos más impactantes se encuentran las réplicas a tamaño real del perezoso gigante recuperado en Hoyo Negro y de **"Naia"**, la joven que cayó en la cavidad hace más de 13,000 años. En los próximos meses, los **percutores recuperados en Sagitario–La Mina** también serán colocados en exhibición, ofreciendo a los visitantes evidencia tangible de la actividad humana temprana y de las tecnologías utilizadas para extraer ocre bajo tierra.

Es un placer recorrer este espacio con colegas, amigos y colaboradores, y compartir los resultados visibles de nuestro esfuerzo colectivo. Lo más emocionante de todo es que la exposición ha sido diseñada con espacio para crecer—dejando lugar para futuros descubrimientos de CINDAQ y de otros dedicados exploradores de cuevas en la región.



Haciendo accesible la investigación sin sacrificar el rigor científico..

DEMA 2025 - ORLANDO, USA



Del 11 al 14 de noviembre, **Sam y Fred representaron a CINDAQ en la feria anual de la Dive Equipment Manufacturers Association (DEMA) en Orlando, Florida,** invitados por nuestros grandes **colaboradores Keldan GmbH y Reef Photo and Video**. Como parte del programa educativo del evento, ofrecieron una presentación de 45 minutos titulada "Illuminating the Hidden Wonders of Mexico's Yucatán Peninsula." La charla recorrió la evolución de las tecnologías de buceo, imagen e iluminación durante las últimas dos décadas y demostró cómo estos avances han transformado nuestra capacidad para documentar, estudiar y proteger los extensos sistemas de cuevas subacuáticas de la región.

Al compartir perspectivas de ¨detrás de las cámaras¨ de expediciones recientes, Sam y Fred compartieron cómo las herramientas más recientes—en particular los sistemas de iluminación subacuática de Keldan—nos permiten mostrar el delicado patrimonio geológico, biológico y cultural que se encuentra en la oscuridad del acuífero.

La presentación fue muy bien recibida, **generando una fuerte participación de una audiencia que incluyó profesionales del buceo, fabricantes de equipos, creadores de contenido, y socios y amigos del mundo de la conservación**. La presentació nos proporcionó una importante oportunidad para destacar no solo nuestros flujos de trabajo técnicos, sino también los impactos científicos y de conservación, en términos más amplios, de nuestro trabajo.

Más allá del programa formal, DEMA ofreció una valiosa oportunidad para reencontrarnos con viejos colegas y amigos, fortalecer relaciones con fabricantes de equipos y explorar tecnologías emergentes relevantes para nuestro trabajo. Sam y Fred se reunieron con fabricantes que apoyan nuestras operaciones de campo e identificaron innovaciones prometedoras—desde sistemas de imagen hasta equipos de seguridad—que pueden mejorar futuras expediciones.

.



BBC/NBC AMERICAS EMISIÓN EN EEUU

En un enorme placer compartir el destacado éxito de The Americas, la serie emblemática de historia natural de NBC Universal producida en colaboración con la mundialmente reconocida BBC Studios' Natural History Unit y narrada por el **ganador del Premio de la Academia® Tom Hanks**, con una banda sonora original de Hans Zimmer. Esta serie se ha convertido en **uno de los programas de historia natural más vistos de los últimos años,** y nos enorgullece que CINDAQ haya desempeñado un papel significativo en su producción.

Nuestro equipo contribuyó al episodio de México, que destacó la extraordinaria biodiversidad oculta dentro de los sistemas de cuevas de la Península de Yucatán. Estos hábitats subterráneos—completamente desprovistos de luz natural—sustentan una notable variedad de formas de vida especializadas, muchas de las cuales permanecen desconocidas para el público general. Durante la filmación, Fred tomó imágenes excepcionales que capturaron las delicadas, y a menudo esquivas, especies que encontramos en nuestras expediciones en lo profundo del subsuelo. Su material ofreció a los espectadores una visión poco común de los ecosistemas que prosperan en total oscuridad y subrayó la importancia científica de continuar con la exploración y la conservación.

Las tomas generales ambientales que se ven en el episodio se filmaron durante el **mismo período de campo en el que CINDAQ colaboró en Planet Earth 3 en 2022.** Estrenada el 23 de febrero y concluida el 20 de abril, The Americas ha obtenido un reconocimiento significativo, incluyendo un Gold Seal de la Environmental Media Association y una nominación a los Critics Choice Real TV Awards.

Su impacto es igualmente impresionante en términos de alcance: la serie promedió 5.5 millones de espectadores en NBC, convirtiéndose en el documental de naturaleza más visto en la televisión abierta de Estados Unidos en más de 15 años y en la nueva serie alternativa más destacada de la temporada 2024–25. A nivel global, ya ha alcanzado a más de **60 millones de espectadores** y continúa su distribución en más de **35 plataformas en más de 180 territorios,** con una fuerte demanda en importantes mercados internacionales.

Siempre nos complace poder ayudar a mostrar la riqueza, complejidad y valor científico de **nuestras cuevas** a audiencias de todo el mundo.

www.cindaq.org/theamericas





2025: EL AÑO EN IMÁGENES

Este año se grabaron entrevistas y se tomaron imágenes y videos de todos nuestros emocionantes proyectos, tanto en superficie como en el agua. Documentamos no solo la impresionante belleza de las cuevas, sino también las metodologías utilizadas para estudiar este entorno fascinante. Esto sigue siendo una parte esencial de nuestro trabajo científico y de divulgación.

2025: EL AÑO EN IMÁGENES (CONT.)



Ciencia en Acción

En febrero filmamos al equipo internacional de científicos desplegando el dispositivo OPP en el Sistema Crustacea. Durante ambas temporadas de campo, documentamos el trabajo del equipo científico de UCSD y SCMA mientras escaneaban entradas de cuevas con fotogrametría y radar de penetración terrestre (GPR), así como un nuevo sistema para capturar la interfaz aire-agua (AWI). Se editó un breve video que muestra el GPR en funcionamiento, para que UCSD pueda mostrar su trabajo.

Martillos de Piedra



Se produjo un breve documental de seis minutos para mostrar la recuperación de los martillos de piedra de Sagitario/La Mina. El video fue presentado durante nuestra ponencia en DEMA, en Octubre. Esperamos que en el futuro pueda proyectarse en el nuevo museo en Tulum.

cindaq.org/hammerstones

Documentación general de las Cuevas

Continuamos documentando las cuevas y cenotes de la zona y lo mucho que encontramos en su interior. Desde el Sistema Crustacea, en el norte, hasta el Sistema Ox Bel Ha en el sur, capturamos una variedad de tipos de cuevas, haloclinas, biología y evidencia arqueológica, añadiendo el material a nuestra ámplia biblioteca de imágenes.

Sian Ka'an

Se capturó una gran cantidad de material durante los 7 días que duró el proyecto en el **Sistema Chumuk Luum.**
Todos los aspectos del proyecto, desde la logística con helicóptero y la vida en el campamento hasta la increíble sección aguas abajo del Cenote Tuun Ja, fueron registrados. En Punta Pájaros, continuamos documentando los increíbles paisajes, excursiones en bote, vida silvestre y arqueología terrestre, además de los pasajes de cueva de **Poza Punta Pájaros.**

Cámaras Trampa

A medida que el monitoreo con cámaras trampa se ha convertido en una parte central del trabajo



de CINDAQ, recorrimos la selva documentando las labores de mantenimiento de las cámaras y la emoción de ver lo que las tarjetas de video habían capturado. Pronto se compartirá un breve documental.

Procesamiento de Muestras

Parte del proyecto PPY con INAH incluye el procesamiento de muestras de carbón vegetal, calcita y ocre. Aprovechando la presencia de los expertos, filmamos al equipo INAH-SAS trabajando en el laboratorio improvisado de CINDAQ y realizamos entrevistas con cada uno de ellos sobre el proyecto.



2025: EL AÑO EN IMÁGENES (CONT.)

En 2025 grabamos numerosas entrevistas, así como una variedad de cortos que documentan nuestro trabajo en la región.



La Haloclina

Este proyecto cinematográfico será lanzado próximamente y documenta la interfaz entre el agua salada y el agua dulce conocida como haloclina. Esperamos producir más videos cortos como este para contribuir a la mejor información del público general.

Grabando con Scooters

Esta compilación de 1 min, presentada en la feria DEMA, destaca nuestro uso de scooters durante las labores de filmación.

www.cindaq.org/scooters25

Nauticam show reel

Creamos este corto de cuatro min para nuestros socios en Nauticam, Reef Photo. El video será presentado alrededor del mundo en ferias comerciales de buceo.

www.cindaq.org/nauticam25



Cenote Tuun Ja - Sección Aguas Abajo

Durante nuestra expedición en el campamento base en el Sistema Chumuk Luum, dedicamos un día a filmar la sección aguas abajo del Cenote Tuun Ja. Aunque no es una cueva típicamente “bonita” como las que pueden encontrarse más al norte, esta cueva ofrece abundante dramatismo.

www.cindaq.org/tjdownstream

Poza Punta Pajaros

Un corto para mostrar la inusual pero asombrosa cueva que yace bajo la Bahía de la Ascensión en la Reserva de la Biósfera de Sian Ka’an.

www.cindaq.org/puntapajaros25





DE VUELTA A CLASE: THE NEW YORK FILM ACADEMY

Después de 7 años de intensa documentación de las actividades de CINDAQ, tanto en superficie como bajo el agua, uno se puede imaginar la cantidad de material de alta calidad con la que se cuenta. Aunque pequeños fragmentos han sido editados y publicados o compartidos con nuestros socios para difusión conjunta en medios, el objeto de **nuestra misión y trabajo es de suma importancia, además de visualmente atractivo.** Por ello creemos que podemos llegar a una audiencia más amplia mejorando nuestras técnicas de narración. Esta fue la motivación para que Fred se inscribiera en un curso vitual de 15 semanas a través de la New York Film Academy (NYFA).

Este curso online se centró en los aspectos fundamentales de la narrativa y el cine documental a través de una serie de conferencias, proyecciones en clase y **tareas prácticas, con cineastas galardonados** guiando a los estudiantes en la producción de tres documentales originales de 5 a 10 minutos.

El primer trabajo de Fred fue una película muda que capturó las dificultades y el triunfo final de José Luis durante su curso de GUE Open Water Diver, curso patrocinado por CINDAQ.

www.cindaq.org/swimtest

Su segunda tarea fue un documental basado únicamente en entrevistas que documenta la importancia de las conexiones con la naturaleza a través de los ojos del amigo y colaborador de CINDAQ Pepe Sánchez y su estrecha relación de 5 años con un grupo de monos araña.

www.cindaq.org/pepe-monos



Para su última tarea, Fred se centró en el Cenote Tuun Ja y en el recorrido desde el avistamiento fortuito durante un vuelo aéreo en 2006 hasta el emocionante aterrizaje en este, extremadamente remoteo, sitio en helicóptero en 2021.

www.cindaq.org/chumuk15years

Fred completó este exigente curso y está motivado para comenzar a aplicar nuevos conocimientos en futuras producciones de CINDAQ. Para empezar se está trabajando en continuar con el documental de Tuun Ja, incluyendo las **visitas posteriores a este remoto cenote, y documetando este increíble proyecto de exploración e investigación en extremas y remotas condiciones.**



MANTENIÉNDOSE EN FORMA EN ZERO GRAVITY



Tras 2.5 años de **entrenamiento físico patrocinado por CINDAQ y Zero Gravity,** quisimos evaluar el éxito de esta iniciativa. Se realizaron entrevistas informales para preguntar si se habían observado mejoras en la salud de quienes asisten regularmente al horario de 6–7 AM, 3 días por semana.

Los comentarios en las entrevistas fueron todos positivos e incluyeron
- "...cambió mi vida"
- "...problemas de salud previos han desaparecido..."
- "...los problemas de espalda ya no están..."
- "...soy más feliz que antes..."

Leyendo estos comentarios, poder confirmar que **este programa ha sido un gran éxito.**

MONITOREO DE SEDIMENTO Y CALCITA



Desde hace años, CINDAQ ha apoyado al **Dr. Eduard Reinhardt de McMaster University** en sus estudios longitudinales sobre sedimentos y formaciones de calcita. Esto ha dado lugar a numerosos descubrimientos y coautorías en publicaciones. El Science Project que se realiza dos veces al año se centra principalmente en estudios de sedimentos dentro del sistema de cuevas Ox Bel Ha. Además, usando datos geoquímicos se puede intentar comprender cuándo y por qué se forman balsas de calcita en ciertas áreas de la cueva. Con este conocimeinto se puede reconstruir condiciones pasadas del acuífero.

Durante mucho tiempo, se ha usado un sitio en concreto, en el sistema de cuevas Ponderosa, donde se ha focalizado el monitoreo de la calcita Durante el 2025 se realizaron varios salidas para descargar y reinstalar un conjunto de sensores, así como llevar a cabo muestreo de agua y perfiles multiparámetros de la columna de agua.



ALIANZAS Y COLABORACIONES LOCALES

En 2025, CINDAQ **continuó fortaleciendo su participación en iniciativas locales enfocadas en la protección y gestión sostenible de los recursos hídricos y marinos de la Península de Yucatán**. A lo largo del año, mantuvimos comunicación activa con socios estratégicos y colaboramos en proyectos de conservación y restauración que reflejan nuestro compromiso continuo con la ciencia aplicada y la cooperación comunitaria.

Este año apoyamos mediante buceo y voluntariado al **Centro Ecológico de Akumal (CEA)** para su proyecto de vivero y restauración de arrecifes de corales (ceakumal.org/comunidades-arrecifales-coralinas). Este proyecto tiene como objetivo fortalecer los esfuerzos de recuperación de corales en la Bahía de Akumal, y nos entusiasma explorar oportunidades para ampliar nuestro apoyo—particularmente mediante el uso de imágenes secuenciales y fotogrametría para monitorear el crecimiento y la recuperación de los corales, así como la salud del arrecife.



APOYANDO A INICIATIVAS DE CONSERVACIÓN LOCALES

Aunque este año no fue posible desarrollar proyectos conjuntos con **Centinelas del Agua**, mantenemos el interés en impulsar futuras colaboraciones que promuevan la protección y restauración de los acuíferos y ecosistemas de agua dulce de la Península de Yucatán. Valoramos profundamente su labor y continuamos compartiendo sus objetivos de conservación.

A través de estas alianzas, **CINDAQ reafirma su compromiso de aportar experiencia técnica, conocimiento científico y acción colaborativa** para la gestión responsable de los ecosistemas de agua dulce y marinos que sostienen tanto la biodiversidad como a las comunidades locales de la región.



PUBLICACIONES Y CONFERENCIAS

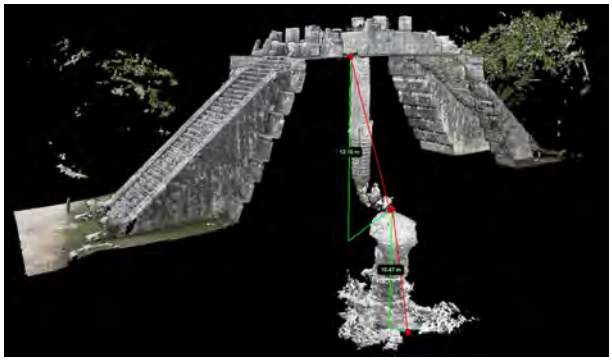
PUBLICACIONES

A continuación un listado de publicaciones asociadas con CINDAQ es este 2025:

Chatters, James C., H. Gregory McDonald, Blaine W. Schubert, and Joaquin Arroyo Cabrales (2025). *Cenotes, Caves, and Sloths: Pleistocene Sloth Diversity on the Yucatan Peninsula, Mexico and Belize*. Journal of Cave and Karst Studies 87:120-128.

Clark, Loren, Dominique Rissolo, Scott McAvoy, Julien Fortin, Alberto Nava Blank, Helena Barba-Meinecke, Falko Kuester (2025). *Integrated Multi-Camera Photogrammetry: Toward the Simulation of Human and Faunal Access to the Pleistocene Cave Systems of Quintana Roo, Mexico*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVII-M-9-2025:329-335.

Klingspon, Jonathan, Scott McAvoy, Filiberto Chiabrando, Beatrice Tanduo, Alessio Martino, Dominique Rissolo, Falko Kuester (2025). *A Multi-Modal Evaluation of GPS Assisted Rapid Multi-Cam Photogrammetry*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVII-M-9-2025:741-747.



McAvoy, Scott, Manuel Eduardo Perez Rivas, Jesus Manuel Gallegos Flores, Wetherbee Dorshow, Travis Stanton, Cecilio Cortes Arreloa, Dominique Rissolo, Samuel Meacham, Julien Fortin, Jose Fancisco Javier Osorio Leon, Fancisco Perez Ruiz, Claudia Garcia-Solis, Miguel Salazar Gamboa, Falko Kuester (2025). *Towards a Mexican National Archaeological Atlas Scalable 3D Web GIS and Archival System for Big Data*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVII-M-9-2025:1005-1011.

McAvoy, Scott, Claudia Garcia-Solis, Jeremy D. Coltman, José Francisco Javier Osorio León, Francisco Pérez Ruiz, Dominique Rissolo, Travis William Stanton, Jesús Manuel Gallegos Flores, Luis Alberto Rodríguez Catana, Falko Kuester (2025). *Digital Reconstruction of a Serpent Column at Chichen Itza's El Castillo*. Antiquity Project Gallery:1-8.

Rissolo, Dominque, Holley Moyes, and Scott McAvoy (2025). *Scanning the Stone Sepulcher: Multimodal Digital Documentation of Actun Tunichil Muknal*. Research Reports in Belizean Archaeology, Vol. 19:217-228. Institute of Archaeology, NICH, Belmopan, Belize.

Rissolo, Dominique, Scott P. McAvoy, Travis W. Stanton, Claudia Garcia-Solis, Jesús Manuel Gallegos Flores, José Francisco Javier Osorio León, Francisco Pérez Ruiz, Samuel S. Meacham, Falko Kuester (2025). *A Reexamination of the Substructure Inside the Castillo at Chichen Itza, Yucatan, Mexico*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVII-M-9-2025:1303-1308.

Fortin, Julien, Sam Meacham, Dominique Rissolo, Andreas Rosland, Wetherbee Dorshow (2025). *Bridging Photogrammetry and GIS through Workflow Automation: A Scalable Approach for Spatially-Linked 3D Data in Underwater Cultural Heritage*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVII-M-9-2025:497-502.



PRESENTACIONES EN CONFERENCIAS

Rissolo, Dominique, Scott P. McAvoy, Travis W. Stanton, Claudia Garcia-Solis, Jesús Manuel Gallegos Flores, José Francisco Javier Osorio León, Francisco Pérez Ruiz, Samuel S. Meacham, Falko Kuester (2025). *A Reexamination of the Substructure Inside the Castillo at Chichen Itza, Yucatan, Mexico*. Paper presented at the CIPA Digital Heritage, Seoul.

PUBLICACIONES Y CONFERENCIAS (CONT.)



Clark, Loren, Dominique Rissolo, Scott McAvoy, Julien Fortin, Alberto Nava Blank, Helena Barba-Meinecke, Falko Kuester (2025). *Integrated Multi-Camera Photogrammetry: Toward the Simulation of Human and Faunal Access to the Pleistocene Cave Systems of Quintana Roo, Mexico.* Paper presented at the CIPA Digital Heritage, Seoul.

Fortin, Julien, Sam Meacham, Dominique Rissolo, Andreas Rosland, Wetherbee Dorshow (2025). *Bridging Photogrammetry and GIS through Workflow Automation: A Scalable Approach for Spatially-Linked 3D Data in Underwater Cultural Heritage.* Paper presented at the CIPA Digital Heritage, Seoul.

Klingspon, Jonathan, Scott McAvoy, Filiberto Chiabrando, Beatrice Tanduo, Alessio Martino, Dominique Rissolo, Falko Kuester (2025). *A Multi-Modal Evaluation of GPS Assisted Rapid Multi-Cam Photogrammetry.* Paper presented at the CIPA Digital Heritage, Seoul.

McAvoy, Scott, Manuel Eduardo Perez Rivas, Jesus Manuel Gallegos Flores, Wetherbee Dorshow, Travis Stanton, Cecilio Cortes Arreloa, Dominique Rissolo, Samuel Meacham, Julien Fortin, Jose Fancisco Javier Osorio Leon, Fancisco Perez Ruiz, Claudia Garcia-Solis, Miguel Salazar Gamboa, Falko Kuester (2025). *Towards a Mexican National Archaeological Atlas Scalable 3D Web GIS and Archival System for Big Data.* Paper presented at the CIPA Digital Heritage, Seoul.

Fortin, Julien, Samuel Meacham, Andreas Rosland, Dominique Rissolo, and Wetherbee Dorshow (2025). *Automating Photogrammetry-GIS Integration: Scalable Solutions for Spatially-Linked 3D data in Submerged Cultural Heritage.* Paper presented at 3D Underwater, an ISPRS Workshop, Vienna.

Rissolo, Dominique and Jeffrey Glover (2025). *The Maritime Maya and the Rise of the Itza: The View from Northern Quintana Roo, Mexico.* Paper presented at the 90th Annual Meeting of Society for American Archaeology, Denver, CO.

Glover, Jeffrey, Dominique Rissolo, Jakob Sedig, David Reich, and Vera Tiesler (2025). *The Proyecto Costa Escondida: Recent Bioarchaeological Research at Two Maya Port Sites.* Paper presented at the 90th Annual Meeting of Society for American Archaeology, Denver, CO.

Clark, Loren, Julien Fortin, Dominique Rissolo, Scott McAvoy, and Helena Barba Meinecke (2025). *Navigating the Subterranean Landscapes of Quintana Roo, Mexico.* Paper presented at the 90th Annual Meeting of Society for American Archaeology, Denver, CO.

Arroyo-Cabrales, Joaquin, James C. Chatters, Blaine W. Schuber, Dominique Rissolo, Josh X. Samuels, and J. Alberto Cruz (2025). Hoyo Negro, Trampa Natural que data del Pleistoceno Tardío al Holoceno Temprano en Quintana Roo, México. Paper presented at XII Congreso Internacional de Paleontología, Puebla, Mexico.

Clark, Loren, Dominique Rissolo, Beatrice Tanduo, Scott McAvoy, Julien Fortin, and Helena Barba-Meinecke (2025). Entering the Vertical Landscape: Reconstructing Human and Faunal Access to the Caves of Quintana Roo, Mexico. Paper presented at the 58th Annual Conference on Historical and Underwater Archaeology, New Orleans, LA.

SESIONES PLENARIAS Y PONENCIAS MAGISTRALES

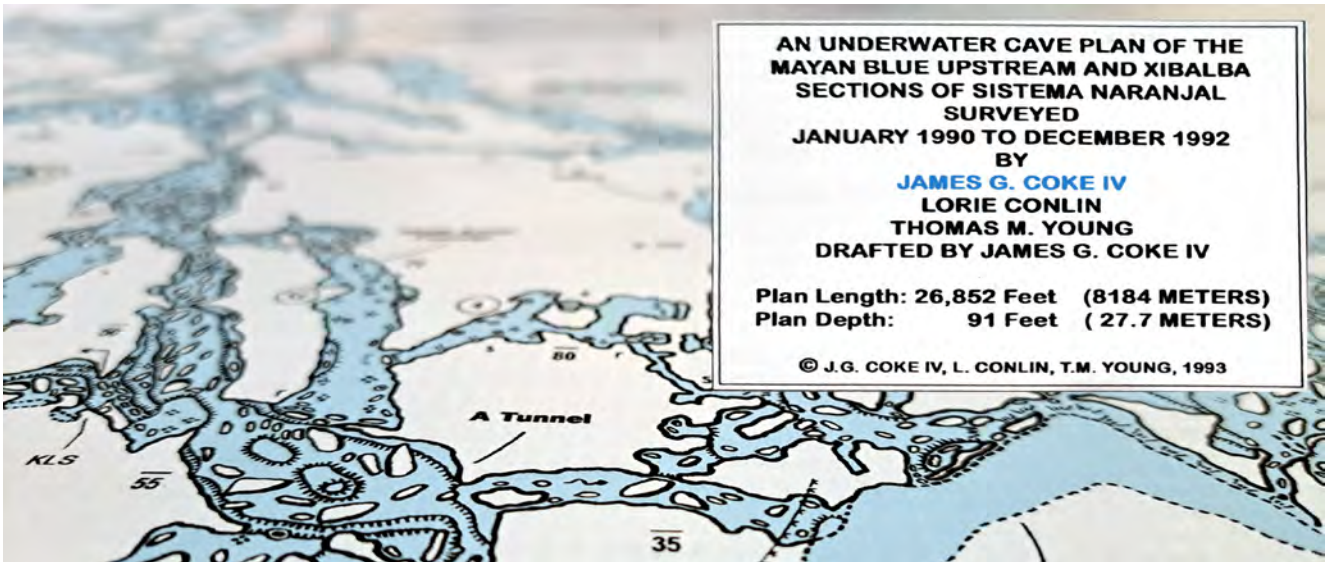
Rissolo, Dominique (2025). *El Proyecto Arqueológico Hoyo Negro, Tulum, México: La Virtualidad como Estrategia para la Puesta en Valor.* Reunión Internacional sobre Patrimonio Cultural Subacuático: Visibilidad, Museos, y Acceso Democrático, Campeche, Mexico.

Rissolo, Dominique (2025). *Adventures in Extreme Scanning: Digital Documentation and Visualization of Challenging Environments in the Maya Area.* American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Spring Technical Meeting, San Diego.

PRESENTACIONES

Apr. Centinelas del Agua - Cancún
Apr. Equipo de Dirección de Punta Pájaros
Punta Pájaros
Apr. EarthX - Dallas (*cindaq.org/earthx_2025*)
May CONANP - Puerto Aventuras
June McMaster University
Puerto Aventuras
June 2001 Convention of Underwater
Cultural Heritage - UNESCO Paris
July ISPRS Underwater Workshops - Vienna
July INAH SAS - Puerto Aventuras
July Equipo Directivo MURECO - Tulum
Aug. CIPA 2025 - Seoul (*cindaq.org/CIPA25*)
Oct. WKPP Team - Newbury, Florida
Oct. Dema - Orlando (*cindaq.org/dema25*)
Dec. CONANP - Puerto Aventuras
Dec. ESRI Nonprofit Team - Virtual
Dec. Science Week - Puerto Aventuras
Dec. Wildstar Films - Puerto Aventuras

DEDICACIÓN: JIM COKE



Es difícil medir el gigantessco impacto que **Jim Coke** tuvo en el buceo en cuevas en nuestra región. Explorador, cartógrafo, científico y custodio del conocimiento, Jim estuvo presente—y **profundamente involucrado**—en cada dimensión del entendimiento de nuestro acuífero. Sus primeras exploraciones de sistemas de cuevas, hoy tan conocidos y visitados, como Carwash, Naranjal–Mayan Blue, Dos Ojos y Sac Actún, ayudó a abrir la puerta a casi todo lo que siguió.

Igualmente perdurables fueron los mapas que produjo de esos mismos sistemas. Eran más que referencias de navegación; se convirtieron en herramientas de enseñanza esenciales que ayudaron a generaciones de buzos a desplazarse de manera segura y reflexiva por estos espacios. También eran **inconfundibles obras de arte**—aún colgadas en las paredes de centros de buceo en todo Quintana Roo.

Jim también reconoció, muy pronto, la importancia científica de los cenotes y las cuevas inundadas. Su participación en investigaciones ayudó a dar forma a lo que sabemos sobre estos entornos y lo que contienen, incluido el honor de que la especie Stygiomysis cokei llevara su nombre. Siempre curioso, llegaría a obtener un doctorado en biología, en una etapa más avanzada de su vida.

Quizás lo más importante es que **Jim entendía que la exploración solo se vuelve duradera cuando se gestiona con cuidado**. Con la fundación del **Quintana Roo Speleological Survey (QRSS**) en 1990, estableció un marco de gestión de datos para más de 1,800 kilómetros de cuevas cartografiadas—un esfuerzo que continúa sirviendo a la comunidad hoy en día.

Humilde hasta la esencia y sin buscar nunca el protagonismo, Jim fue un verdadero profesional y un pionero para todos nosotros. Será profundamente extrañado, pero su legado—y su amor por las cuevas—perdurará.

AGRADECIMIENTOS & GRACIAS

Estamos inmensamente agradecidos por todo el apoyo recibido en este 2025 de las siguientes personas e instituciones:

Dr. Robert Lourie

Mr. Rami Shakarchi, The Strauss Family Foundation, Beth Walters & John Storyk, Mr. Brian Strauss, Pam & Will Harte, Joseph & Cynthia Mitchell, The Coleman Family, Christopher Dore & Heritage Business Int., David Potter and Lisetta Hansen, Alex and Eva Angell

Dell Technologies, DroneDeploy, Zero Gravity Dive Center, Halcyon MFG, SUEX, D3 Diving, Reef Photo & Video, Keldan Lights, Nauticam, Gignet, Good To-Go, Ecoflow Mexico, Tentsile, Microsoft, Agisoft, Google, Dropbox, SlingFin, Illumina, Bayer, Ranchbot

Jose Luis Hernández, Juan Carlos Rodriguez, Pepe Sanchez, Benjamin Meacham, Matteo Meacham

El Ejido José María Pino Suarez
Ing. Antonino Almazán
Sra. Ana Luiza Almazán Arteaga, Miguel Velázquez Nieva, Paola Montiel, Juan Pastor Almazán Arteaga, Victor Urtusuastegii

Friends of Mexican Development Foundation
Emily Grand

CONANP
Biól. Oscar Guzmán, MEP Eduardo Chaires Montecinos, Daniel Tun Oy

INAH SAS
Dr. Roberto Junco Sánchez
Arq. Helena Barba-Meinecke
Dr. Silvina Vigliani,
Arq. Gustavo Garcias, Arq. Salvador Isab

INAH Yucatán
Arq. José Francisco Osorio
Arq. Francisco Pérez Ruiz
Arq. Leticia Vargas de la Pena
Arq. Alejandra Alonso Olvera

INAH Quintana Roo
Arq. Carmen Rojas Sandoval
Arq. Miguel Covarrubias

UNAM
Dr. Fernando Álvarez, Dr. Luisa Falcón

UCSD/Scripps Center for Marine Archaeology
Dr. Falco Kuester, Dr. Dominique Rissolo
Eric Lo, Scott McAvoy, Vid Petrovic, Loren Clark, Nathan Hui, Christian Mcdonald

UC Riverside
Dr. Travis Stanton

Earth Analytic Inc
Dr. Wetherbee Dorshow

McMaster University
Dr. Eduard Reinhardt

Casa Blanca & Playa Blanca Fly Fishing Lodges
Sr. Roberto Hernández y Claudia Madrazo, Pablo Simón, Andrea Solidoro, Irving Yam, Jesús Dzul, Rene Chan

Woodville Karst Plain Project (WKPP)
Global Underwater Explorers (GUE)
Phreatic Sardinia
Bahama Caves Research Foundation

The Diamant Family, Fernando Chico Hall, Alex Monforte, Don Otilio Ruiz Cruz, Doña Catalina Manuela Ortega, Don Armando Romo, Fundación Selva Maya AC

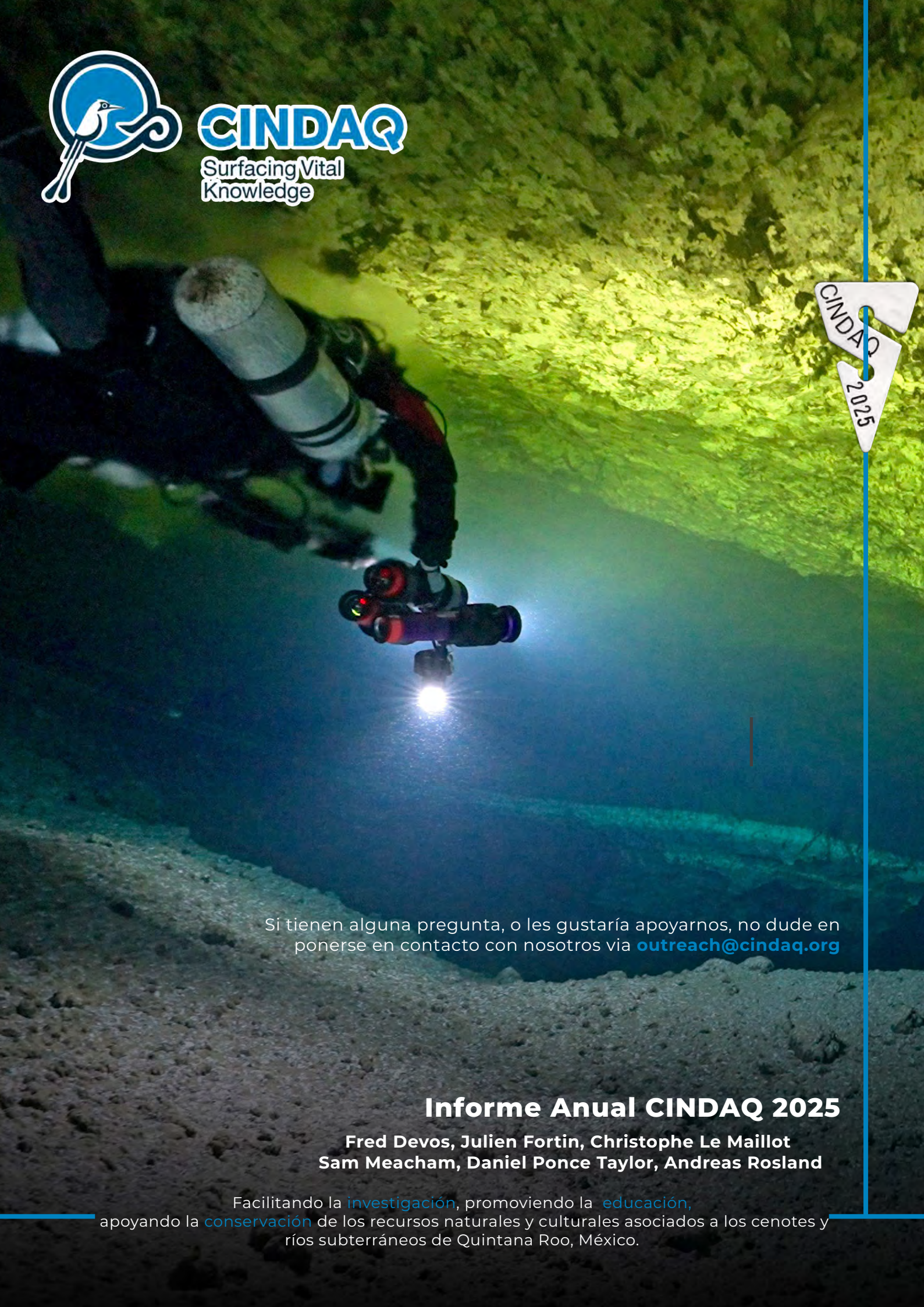
Equipos de Exploración en el 2025
Sigurd Bowitz, Paul Brown, Ken Cochrane, Ricardo Constantino, Laurent Dahan, Fred Devos, Matt Duke, Bruno Espinosa, Leo Fielding, Julien Fortin, Gustavo Fragoso, Mark Garland, Osama Gobara, John Kendall, Kyungsoo Kim (Jerry), Su Eun Kim (Sue), Catrine Larsson, Christophe Le Maillot, Sam Meacham, Ali Perkins, Renato Raseta, Dr. Ed Reinhardt, Andreas Rosland, Cameron Russo, Sabine Sidi-Ali, Håvard Sørbø, Dr. Richard Wylde

Participantes Proyecto Ciencia MCEP / CINDAQ Deciembre 2025

Chris Beierschmitt, Stephen Clark, Fred Devos, Anthony Esposito, Peter Gaertner, Britta Hennes, Herwig Hoffmann, John Kendall, Rachael Kendall, Chris Le Maillot, Emir Memic, Sven Nelles, Annika Persson, Renato Raseta, Manuela Schoch, Sarah Schwer, Kai Schychowski, Jeroen Steinberg, Matt Worsley

Crédito Fotos
Loren Clark, Fred Devos, Kirill Egorov, Julien Fortin, Su Eun Kim, Chris Le Maillot, Sam Meacham, Dominique Rissolo,

CINDAQ
Surfacing Vital Knowledge



Si tienen alguna pregunta, o les gustaría apoyarnos, no dude en ponerse en contacto con nosotros via **outreach@cindaq.org**

Informe Anual CINDAQ 2025

Fred Devos, Julien Fortin, Christophe Le Maillot
Sam Meacham, Daniel Ponce Taylor, Andreas Rosland

Facilitando la investigación, promoviendo la educación,
apoyando la conservación de los recursos naturales y culturales asociados a los cenotes y ríos subterráneos de Quintana Roo, México.