



CINDAQ
Surfacing Vital
Knowledge

2024

Informe Anual CINDAQ 2024

Realizado por:

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

Facilitar la **investigación**, promover la **educación** y apoyar la **conservación** de los recursos naturales y culturales asociados con los cenotes y ríos subterráneos de Quintana Roo, México

Exploración

CINDAQ Informe Anual 2024

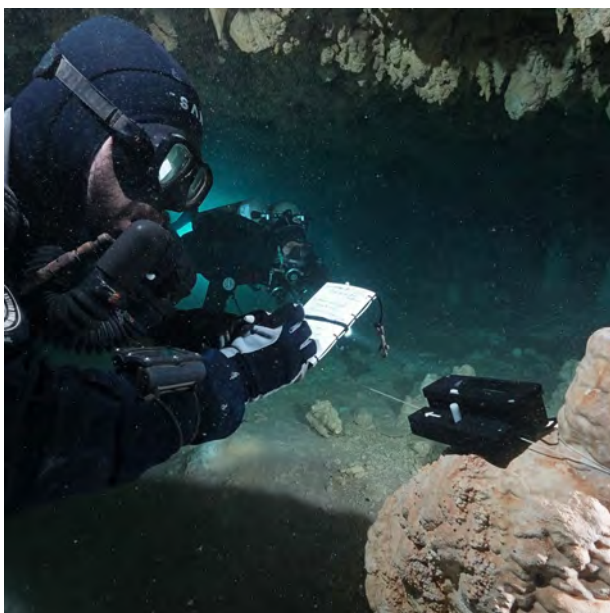




Contenido

Editorial	03
Ox Bel Ha	05
Sian Ka'an - Punta Pájaros	09
Sian Ka'an - Muyil-Xamach & Tuun Ja	11
Sagitario - Martillo Lítico	15
USCD - Escaneo Cueva Seca	17
Chichen Itza	18
Sistema Crustacea	19
Sulawesi, Indonesia	21
República Dominicana	23
Fotogrametría	25
IT, Automatización & Gestión de Datos	29
Teledetección	35
Acuerdos Y Colaboraciones	37
Año en Imágenes	43
Publicaciones Y Conferencias	47
Dedicatoria Y Reconocimientos	49

EDITORIAL



Surfacing
vital
knowledge

Maximizar la **exploración** como herramienta de generación de **datos útiles** para entender y proteger mejor

El 2024 fue otro año de logros para nuestro equipo. Además de completar proyectos cerca de casa, viajamos a **ocho países** fuera de México, dejando nuestra huella tanto dentro como fuera del agua.

En **Ox Bel Ha**, continuamos con nuestros esfuerzos de revisar, documentar y expandir este vasto sistema. Al cierre del año, la longitud total confirmada de Ox Bel Ha alcanzó los 524 km, consolidándose como una de las **cuevas más largas del mundo**. Nos quedan poco más de 40 km de cueva por revisar y cartografiar nuevamente, un objetivo que esperamos alcanzar en 2025.

En la superficie, instalamos de manera sistemática cámaras trampa y dispositivos de monitoreo acústico en cenotes clave dentro de

Ox Bel Ha. Los resultados continúan sorprendiéndonos, confirmando que la biodiversidad de los bosques de la Península de Yucatán depende en gran medida de los cenotes como fuentes esenciales de agua. Como solemos decir, cuevas extraordinarias requieren esfuerzos extraordinarios, y Ox Bel Ha sigue siendo nuestra guía.

Regresamos a la **Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an**, dando continuidad a nuestros esfuerzos de 2023 en la zona centro-costera de la reserva, con base en el Casa Blanca Fishing Lodge en Punta Pájaros. En el Cenote Casa Blanca, ampliamos la exploración iniciada en 2023. Además, en un nuevo ojo de agua (Poza Punta Pájaros), descubrimos un sifón con amplios pasajes en continuo desarrollo. En el Cenote Tuun Ja, capturamos



perfiles químicos en la columna de agua que confirmaron bajas temperaturas en el agua salada y filmamos en alta calidad el área principal “aguas abajo”, iluminándola con más de 250,000 lúmenes de luz. Tras haber probado con éxito nuestra infraestructura de campamento base, planeamos regresar a Tuun Ja a principios de 2025 para nuestro primer proyecto de largo plazo. Seguimos convencidos de que en la mitad norte de la reserva aguarda el descubrimiento de un sistema de cuevas de gran magnitud.

También comenzamos a aplicar nuestros métodos de revisión y documentación en otras cuevas de la región, incluyendo los **sistemas Zapote-Camilo y Sac Actun**, lo que nos ha permitido profundizar en el entendimiento de los patrones biológicos y sedimentación en las cuevas de la zona. Con cada inmersión, seguimos refinando nuestras técnicas y metodologías para la revisión y documentación.

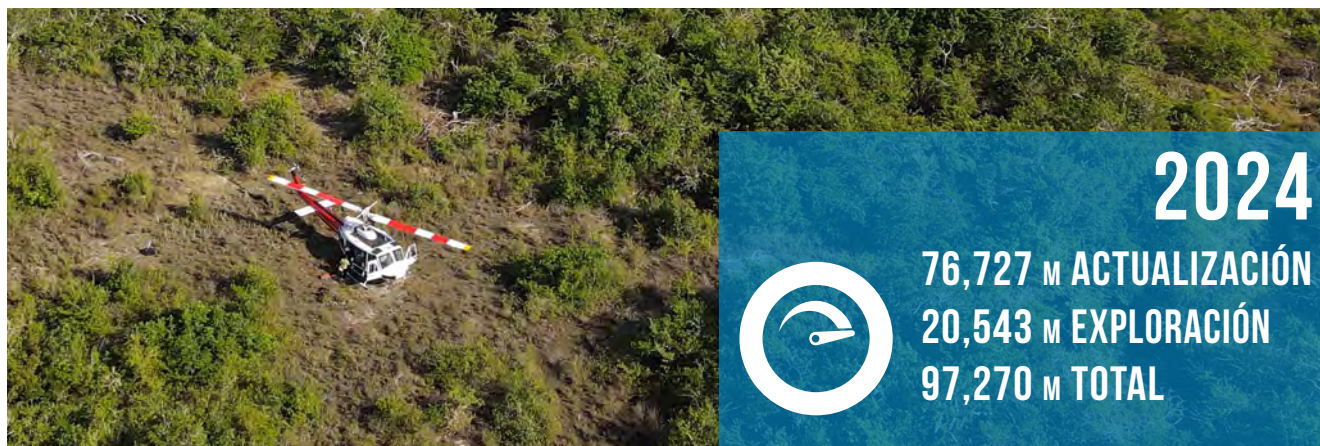
Junto con nuestros socios de la **Subdirección de Arqueología Subacuática del Instituto Nacional de Antropología e Historia** (INAH-SAS), presentamos un proyecto al Consejo General del INAH con el objetivo de ampliar el trabajo realizado en Hoyo Negro y Sagitario (La Mina). Este proyecto busca mejorar nuestra comprensión sobre la vida en la Península de Yucatán durante la última Edad de Hielo y el papel crucial que desempeñaron las cuevas y cenotes. En 2025, planeamos comenzar las primeras fases de este esfuerzo multianual. En otoño, bajo la dirección y apoyo de INAH-SAS, recuperamos tres martillos líticos de Sagitario (La Mina). Estos artefactos serán analizados antes de exhibirse en el nuevo museo del INAH en Tulum. Su recuperación marca la culminación de un ciclo completo—desde el descubrimiento y la investigación hasta la publicación y divulgación—educando a miles de habitantes y visitantes de la región.

En la oficina, ampliamos **nuestro sistema de almacenamiento en red (NAS)** y añadimos una estación de trabajo dedicada capaz de **automatizar tareas** como la fotogrametría y los procesos SIG. La eficiencia en el procesamiento de datos de revisión de cuevas ha mejorado drásticamente. Lo que antes tomaba 40 minutos e involucraba múltiples pasos para transferir datos desde un Mnemo a nuestro SIG, ahora se completa en cuestión de minutos y con solo unos clics. Ahora contamos con una base sólida sobre la cual seguir construyendo.

A nivel internacional, participamos en la conferencia ADEX en **Singapur** y asistimos en la revisión de cuevas en la Isla Muna en **Indonesia**. También brindamos asesoría en **Cerdeña, las Bahamas, India, Estados Unidos y Belice**, apoyando a organizaciones aliadas en la gestión de datos y estrategias SIG. En 2024, aplicamos nuestra experiencia tanto en superficie como bajo el agua en **tres sitios Patrimonio Mundial de la UNESCO**: La Isabela (República Dominicana), la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an (México) y Chichén Itzá (México). Como una ONG acreditada para la Convención de 2001 sobre Patrimonio Cultural Subacuático, seguimos comprometidos en colaborar con organizaciones hermanas a nivel mundial para cumplir con esta convención.

También continuamos desarrollando y fortaleciendo relaciones con ONGs, instituciones, donantes y patrocinadores con valores afines. Juntos, podemos crecer, aprender y ampliar nuestros esfuerzos tanto en México como a nivel global. Estamos, como siempre, **profundamente agradecidos** por el apoyo que recibimos.

Al reflexionar sobre 2024 con orgullo, esperamos con entusiasmo todo lo que nos traerá 2025.



OXBEL HA



DATOS CONFIRMADOS: 524,108 M
2024 ACTUALIZACIÓN: 27,969 M
2024 EXPLORACIÓN: 12,507 M

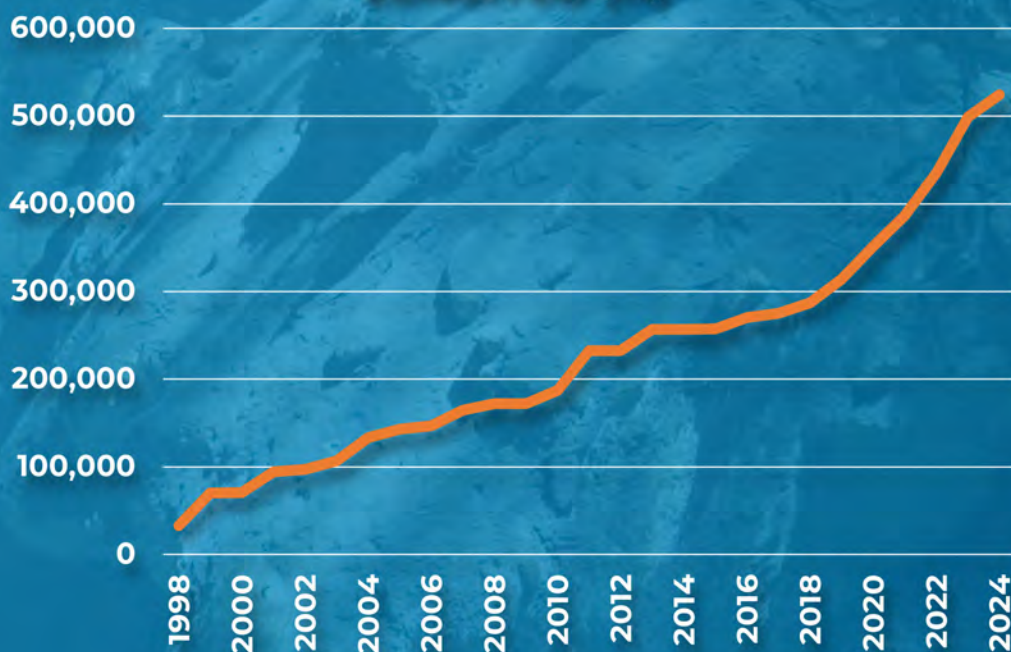


CENOTES: 160+
AREA SUPERFICIAL: 69+ KM²
DISTANCIA N-S: 12,000 M
DISTANCIA E-O: 9,000 M
ANCHO MAX. : 120+ M
PROFUNDIDAD MED. : 12.8 M
PROFUNDIDAD MAX. : 57.3 M
CIRCUITO CERR. MAX. : 7,500 M



ESTACIONES: 61,231
SECCIONES: 632
DIST. MED. ENTRE EST. : 8.6 M
SALTOS: 2,500+
INTERSECCIONES EN T: 1,800+
MARCADORES: 10,548

LONGITUD (M)



OX BEL HA - CINDAQ 2024



Ox Bel Ha sigue siendo una de las prioridades para nuestro equipo, ya que la zona de Tulum continúa desarrollándose de forma vertiginosa. Con el desarrollo inevitable viene la responsabilidad de crear un registro lo más extenso posible del sistema Ox Bel Ha.

Desde que comenzamos a revisar la exploración en Ox Bel Ha, en el 2018, el tamaño conocido del sistema de cuevas se ha duplicado. Partiendo de aproximadamente 245 km de cueva en 2018, desde entonces hemos agregado casi 175 km de nueva exploración y 305 km de datos revisados, de los cuales más de 100 km no habían sido documentados previamente. Al cierre de este año, nos quedan poco más de 40 km de cueva por revisar.

Dado que existe una correlación directa entre la cantidad de cueva revisada y la nueva exploración realizada, esperamos que Ox Bel Ha continúe creciendo, posiblemente superando los 600 km de longitud total cartografiada antes de que completemos nuestro trabajo. En 2024, nuestros esfuerzos se concentraron en los cenotes Naach Wenen Ha, Perla, Canales Norte, Bevo y Gemini 2.

Una cueva excepcional requiere medios excepcionales. Ox Bel Ha no solo ha sido la fuerza impulsora detrás del desarrollo de

nuestro sistema de gestión de datos y la infraestructura SIG para manejar la enorme cantidad de información generada, sino que también ha llevado al desarrollo de nuevos métodos de cartografía, fotogrametría y documentación. Gracias a la mejora continua de estas plataformas esenciales, ahora estamos mejor preparados para **involucrar a la comunidad científica**, allá donde lo requieran. Nuestras observaciones pueden representarse gráficamente y vincularse directamente a los datos en bruto que recopilamos, proporcionando una comprensión más completa del sistema.

La rápida expansión urbana de Tulum, junto con la construcción del Tren Maya y la apertura del Aeropuerto Internacional de Tulum, hacen que nuestro trabajo en esta área sea aún más urgente. Grandes partes de Ox Bel Ha ya se encuentran debajo de áreas urbanizadas o en zonas destinadas al desarrollo, lo que **aumenta la urgencia de nuestros esfuerzos continuos para cartografiar, documentar y comprender mejor el sistema.**

Estamos **profundamente agradecidos** por el acceso otorgado por el Ejido José María Pino Suárez, que nos permite continuar con este trabajo fundamental.



Ox Bel Ha: Una cueva excepcional requiere medios excepcionales

CENOTEOS EN OX BEL HA: PAISAJES SONOROS Y CÁMARAS TRAMPA

A lo largo de los años hemos observado una gran diversidad de vida silvestre en el bosque localizado al sur de Tulum.

Impulsados, principalmente, por nuestra curiosidad por conocer qué especies habitan la zona, comenzamos a utilizar cámaras trampa y grabadoras de sonido automatizadas para establecer una línea base de datos sobre la biología terrestre de la zona.

Con el uso de 4 cámaras y 4 grabadoras de sonido, comenzamos a documentar cenotes y otras áreas donde hemos detectado actividad de fauna, ya sea mediante avistamientos directos, excrementos o huellas.

Las especies identificadas incluyen: puma (*Puma concolor*), hocofaisán (*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*).



Las cámaras trampa instaladas fueron inspeccionadas, de forma periódica, cada 4 a 8 semanas, para asegurarnos de que estuvieran en buen estado y correctamente posicionadas. En cada visita se retiraron y reemplazaron las tarjetas de memoria y las baterías de cada cámara. Además, se despejó la vegetación en los sitios de las cámaras, incluyendo ramas, hojas y cualquier otro obstáculo que pudiera activar accidentalmente los sensores o bloquear el campo de visión. Este proceso **garantiza la captura clara y efectiva de imágenes y videos**. Finalmente, cada cámara trampa fue georreferenciada, lo que permite un control espacial de su ubicación y facilita el análisis de datos sobre la distribución de la fauna y las condiciones ambientales.

Nuestras nuevas **laptops robustas de Dell** nos permiten descargar y reformatear las tarjetas de memoria en el sitio, así como visualizar los videos capturados. Las grabadoras de sonido Wildlife Acoustic, programadas para registrar audio durante dos horas al amanecer y al atardecer diariamente, hasta llenar la tarjeta de memoria, generan **paisajes sonoros de cada cenote**. Posteriormente, estas grabaciones pueden ser procesadas mediante software analítico para identificar especies de aves y anfibios. Con cámaras GoProMax e Insta360, creamos imágenes en 360 grados para documentar todo el sitio, incluyendo la ubicación de las cámaras y grabadoras.



Adicionalmente, con Drone Deploy capturamos imágenes en 360 grados sobre cada sitio o lo más cerca posible de su posición vertical, proporcionando un contexto geográfico. Nuestro objetivo inicial ha sido **evaluar la eficacia de las cámaras y grabadoras para establecer una línea base de información sobre cenotes en su estado más prístino**. Si los resultados son positivos, planeamos expandir el uso de cámaras a otros sitios de la región. A futuro, mediante una plataforma en línea como Kuula, podremos crear una experiencia inmersiva e interactiva que lleve a los espectadores en un recorrido por Ox Bel Ha. Una cosa está clara: hay una abundante vida silvestre al sur de Tulum, y su dependencia de los cenotes como fuentes de agua es esencial.

Para ver ejemplos, sigue estos enlaces: cindaq.org/bevo-360, cindaq.org/sonrisa-360.



RESERVA DE LA BIÓSFERA DE SIAN KA'AN

A lo largo del año, realizamos dos expediciones a Sian Ka'an: una a Punta Pájaros y otra al Cenote Tuun Ja y al sitio del incendio forestal Muyil-Xamach. También logramos completar la adquisición y prueba de todo el equipo necesario para nuestro futuro campamento base en el Cenote Tuun Ja.

Desde 2006, CINDAQ ha estado explorando, documentando y contribuyendo a una mejor comprensión de la red de cuevas inundadas bajo la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an. Nuestros objetivos principales en esta área son simples: continuar expandiendo nuestras zonas de exploración y encontrar formas de superar los importantes desafíos que Sian Ka'an presenta en el proceso. Hasta la fecha, contamos

con varias "ventanas" al acuífero de Sian Ka'an, que se extienden desde la frontera norte hasta Punta Pájaros. Cada visita nos ha permitido ampliar nuestro conocimiento de la reserva. Cada área nos proporciona una pieza más de un rompecabezas complejo e intrigante. Juntas, estas piezas han comenzado a definir lo que podría ser un sistema de cuevas de gran magnitud en la mitad norte de la reserva.

El aislamiento de la reserva hace que la logística del buceo sea extremadamente desafiante, pero confiamos en que nuestro equipo, nuestros recursos y nuestra experiencia nos permitirán superar estos desafíos y seguir revelando lo que yace bajo Sian Ka'an.

SIAN KA'AN - PUNTA PAJAROS



Del 14 al 19 de septiembre, a invitación del Lodge de Pesca Casa Blanca y con los permisos de CONANP, viajamos a la remota isla de Punta Pájaros y la Bahía de la Ascensión para investigar la presencia de cuevas y evaluar su potencial de exploración.

Nuestros objetivos para este viaje fueron:

1. Localizar y evaluar tantas entradas a cuevas como fuera posible.
2. Realizar inmersiones exploratorias para determinar el potencial de exploración.
3. Documentar el área y sus sitios con drones y cámaras de superficie.
4. Ofrecer una presentación a los huéspedes y el personal de los Lodges Playa Blanca y Casa Blanca.

Durante la expedición, localizamos cuatro nuevos ojos de agua en los manglares y lagunas al oeste de Punta Pájaros. En cuatro días de buceo, realizamos cinco inmersiones en dos entradas principales: Cenote Casa Blanca y Poza Punta Pájaros. Estas inmersiones sumaron un tiempo de fondo total de 674 minutos, en los cuales



exploramos y topografiamos 1,180 metros de nuevos pasajes de cueva. Además, capturamos video de alta resolución del pasaje principal del Cenote Casa Blanca. Los hallazgos de esta expedición refuerzan nuestra firme convicción de que esta área tiene un enorme potencial para la exploración de cuevas.

Continuamos capturando imágenes panorámicas en 360 grados para mejorar la experiencia de la visita virtual de Punta

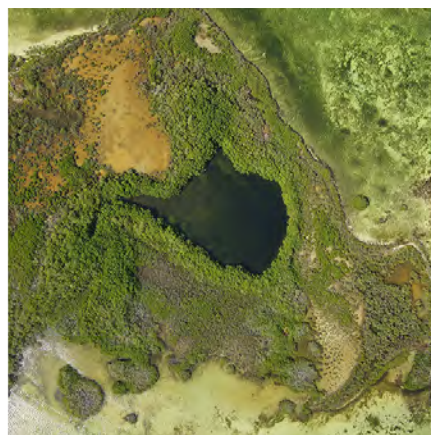
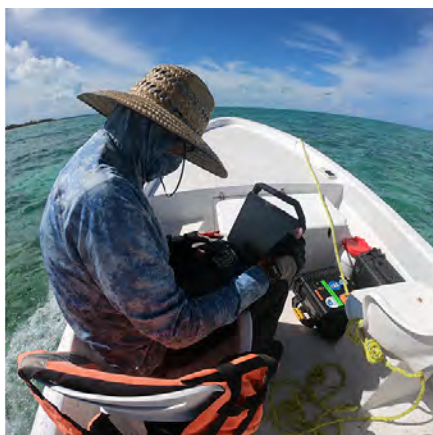


LA RESERVA DE LA BIÓSFERA DE SIAN KA'AN BIOSPHERE ALBERGA

- 120 ESPÉCIES DE ÁRBOLES Y ARBUSTOS
- 1,200 ESPÉCIES DE PLANTAS
- 339 ESPÉCIES DE AVES
- 52 ESPÉCIES DE PECES
- 42 ESPÉCIES DE ANFÍBIOS Y REPTILES
- 103 ESPÉCIES DE MAMÍFEROS
INCLUYENDO JAGUAR Y TAPIR
- 23 RESTOS ARQUEOLÓGICOS MAYAS

Pájaros y Bahía de la Ascensión. Utilizando nuestro dron Mavic 2 con el software DroneDeploy, obtuvimos imágenes aéreas adicionales, mientras que en tierra empleamos la Insta360 RS para capturar imágenes inmersivas. Estas visitas virtuales han sido muy útiles para empezar a tener una visión más clara del área, tanto para nosotros como para otros investigadores. En el caso de Punta Pájaros, también sirven como un excelente recurso para que los visitantes exploren el paisaje de manera remota. Una compilación de imágenes en 360 grados de esta área de la reserva está disponible en cindaq.org/punta-pajaros-360.

Durante nuestra estancia, ofrecimos dos presentaciones a los huéspedes y al personal. Sam compartió detalles sobre el trabajo de CINDAQ en la región y explicó el propósito de nuestra visita a Punta Pájaros, en el contexto más amplio de nuestros esfuerzos en Sian Ka'an. Como firmes creyentes en la importancia de compartir el conocimiento, nos emocionó la cálida recepción y el interés de los presentes, reflejado en las numerosas preguntas realizadas.



SIAN KA'AN - MUYIL-XAMACH Y TUUN JA



El 26 de septiembre, viajamos al sitio del incendio forestal Muyil-Xamach y al Cenote Tuun Ja

para continuar con la investigación y documentación tanto en superficie como bajo el agua. Este viaje a la Zona Núcleo fue una continuación de nuestras cuatro visitas previas a la zona.

En el sitio del incendio Muyil-Xamach, nuestra prioridad fue la de apoyar a CONANP en la evaluación del estado del área y su regeneración. De forma consecutiva, durante los últimos cuatro años, hemos ayudado a recopilar datos de referencia que permitan a CONANP prever cómo podrían recuperarse sitios similares tras un incendio.

En Tuun Ja, nuestros objetivos en tierra incluyeron apoyar a CONANP y continuar evaluando la viabilidad de establecer un campamento base remoto. Bajo el agua, nos enfocamos en registrar perfiles químicos de la columna de agua con la sonda YSI, así como en observar los drásticos cambios de temperatura que habíamos identificado en visitas previas. A su vez, estábamos interesados en documentar este extenso sistema de cuevas, por primera vez, con una cámara de alta resolución.

SIAN KA'AN - MUYIL-XAMACH Y TUUN JA (CONT.)



Gracias a la plataforma DroneDeploy y nuestra nueva cámara Insta360 RS, logramos capturar imágenes de alta calidad de manera eficiente. Con la ayuda de nuestras computadoras Dell Latitude Rugged y el sistema Starlink, alimentado por una batería EcoFlow, pudimos, por primera vez, **subir las imágenes directamente desde el campo para su procesamiento en DroneDeploy**. Las imágenes procesadas fueron recibidas, de regreso, mientras aún estábamos en el sitio.

Una recopilación de imágenes en 360 grados de esta área de la reserva está disponible en cindaq.org/zonanucleo-360.

Esta fue nuestra segunda inmersión en “aguas-abajo” del Cenote Tuun Ja, después de la inmersión inicial en octubre de 2021. Los objetivos fueron **recolectar datos químicos de la columna de agua con la sonda YSI y documentar la cueva con una cámara de video de alta resolución**.

La sonda YSI fue utilizada para obtener un perfil horizontal de la columna de agua, desde la superficie hasta una profundidad máxima de 28 m, así como dos perfiles verticales en distintos puntos. Se recopilaron datos sobre pH, conductividad, oxígeno disuelto y turbidez, además de profundidad y temperatura. Esta información servirá como referencia para

futuros estudios en Tuun Ja y como base comparativa para otras áreas de Sian Ka'an y la región.

Un análisis preliminar realizado por el Dr. Eduard Reinhardt, de la Universidad McMaster, reveló perfiles inusuales en las

CÁMARAS TRAMPA : ESPÉCIES IDENTIFICADAS EN LAS IMÁGENES CAPTURADAS

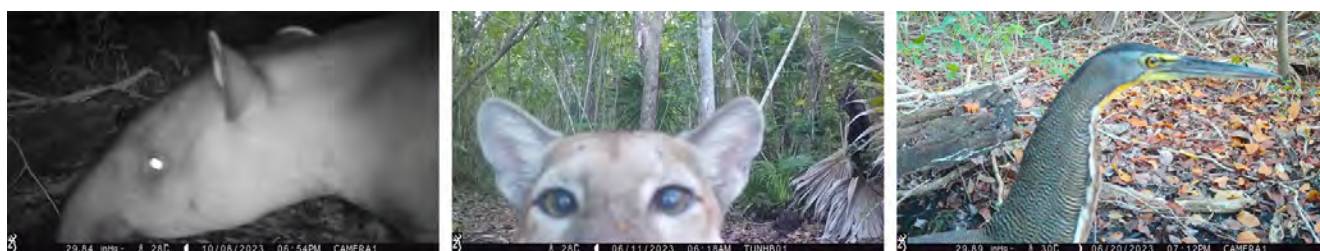
- PUMA (PUMA CONCOLOR)
- TAPIR CENTROAMERICANO (TAPIRUS BAIRDI)
- ZORRO GRIS (UROCYN CINEREOARGENTEUS)
- TEPEZCUINTLE (CUNICULUS PACA)
- COATÍ DE NARIZ BLANCA (NASUA NARICA)
- GUAN CRESTADO (PENELOPE PURPURASCENS)
- PAVÓN GRANDE (CRAX RUBRA)
- HOCOFAISÁN (ORTALIS VETULA)
- TIGRE GARZA (TIGRISOMA MEXICANUM)
- PALOMA CORONA BLANCA (PATAGIOENAS LEUCOCEPHALA)
- RASCÓN CUELLO GRIS (ARAMIDES CAJANEUS)

masas de agua. Se observó que la **temperatura disminuía con el aumento de la salinidad**, lo cual es lo opuesto a lo habitual. Además, la haloclina estaba 4 metros más profunda de lo esperado, en relación con su posición respecto a la costa.

Se filmó desde el punto de penetración más lejano (469 m) hasta la entrada del Cenote Tuun Ja, utilizando **280,000 lúmenes de luz para capturar la magnitud de la cueva**. En las secciones profundas, donde los túneles son más definidos, la iluminación permitió visualizar bien los pasajes. Sin embargo, en los túneles más amplios y poco profundos, la presencia de una capa de taninos oscuros absorbió gran parte de la luz, dificultando la grabación. A pesar de ello, se lograron capturar imágenes impresionantes que revelan la escala y belleza de la cueva por primera vez.

Las cámaras trampa **previamente instaladas fueron inspeccionadas** para asegurarnos de que funcionaban correctamente y su adecuado posicionamiento. Se reemplazaron tarjetas de memoria y baterías en cada cámara. Además, se despejó la vegetación en los sitios de monitoreo, eliminando ramas y hojas que pudieran bloquear el campo de visión o activar los sensores accidentalmente. Esto permitió capturar imágenes y videos con mayor claridad y efectividad.

Las tarjetas de memoria fueron descargadas y revisadas en la oficina de **CONANP**. Una de las cámaras presentaba daños por agua y fue reemplazada. Al igual que en años anteriores, los registros mostraron una **biodiversidad abundante en esta zona remota**.



SIAN KA'AN - PREPARACIÓN DEL CAMPAMENTO BASE



A medida que **nuestro interés en las zonas remotas de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an y más allá ha aumentado**, hemos pasado los últimos cuatro años reuniendo equipo para hacer posible estancias prolongadas **lejos de la civilización**. Nos hemos enfocado en ocho áreas clave: estaciones de trabajo, sistemas de energía, comunicación, manejo de residuos, almacenamiento de alimentos y agua, seguridad, logística de pernocta y equipos de buceo. El objetivo es establecer una infraestructura para trabajar de manera cómoda y con un **impacto ambiental mínimo**. La prueba definitiva será el Cenote Tuun Ja, un sitio accesible únicamente en helicóptero. En 2024, pusimos a prueba la mayor parte del equipo en ubicaciones más accesibles. Con nuestro amigo **Pepe Sánchez**, ensamblamos el equipo en el jardín de Sam antes de probarlo en una noche en la zona de Ox Bel Ha, cerca del Cenote Gemini.



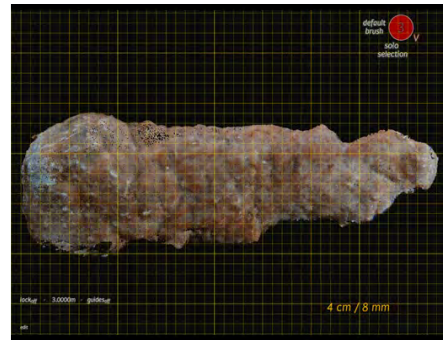
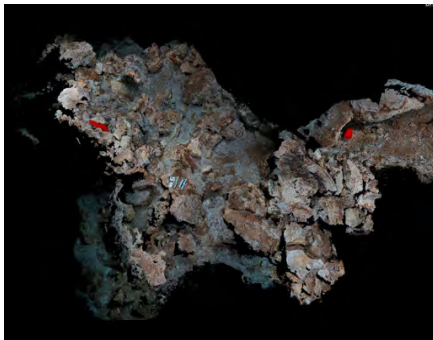
SAGITARIO - RECUPERACIÓN DE MARTILLO LÍTICO



Con la construcción del **nuevo Museo Regional de la Costa Oriental del INAH en Tulum**, fuimos contactados por **Helena Barba Meinecke, de la Subdirección de Arqueología Subacuática del INAH**, con la propuesta de recuperar artefactos de Sagitario - La Mina para su exhibición en el museo. Esta solicitud oficial reemplazó la necesidad de obtener un permiso del Consejo de Arqueología, que normalmente es requerido para cualquier colección arqueológica.

La posibilidad de exhibir objetos tangibles de La Mina que permitan al público no solo relacionarse con el sitio, sino también comprender el contexto más amplio de la actividad humana en la región durante la última glaciación, nos pareció de gran valor.

El INAH solicitó específicamente martillos líticos, los únicos artefactos trabajados que se han encontrado hasta ahora en los sitios de la era Paleoindia en Quintana Roo. Para el proceso de selección y recolección recibimos el asesoramiento del arqueólogo del proyecto La Mina, **Dr. Jim Chatters, y del equipo del INAH-SAS**.



Los especímenes fueron seleccionados con base en tres criterios:

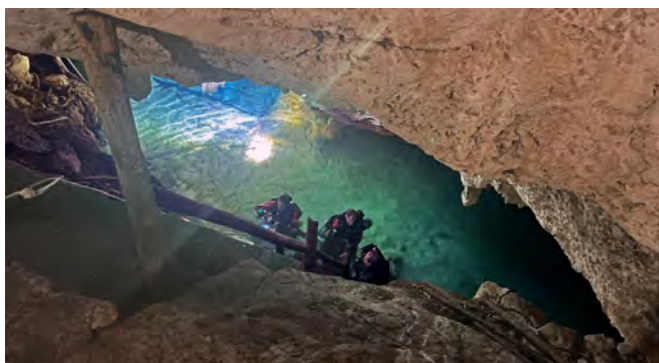
1. **Superficies aplastadas** por percusión evidente en sus extremos.
2. **Ubicación** sobre grandes acumulaciones de escombros mineros, lo que confirma su asociación con la actividad de extracción.
3. **Coloración rojiza** en los costados, posiblemente debido al contacto con ocre aplicado por los mineros con las manos.

Este último criterio fue incluido con la esperanza de encontrar huellas dactilares o marcas distintivas en las piedras.

Se recolectaron tres ejemplares de la sección más intensamente explotada de La Mina: un ápice de estalagmita de gran tamaño con evidentes marcas de percusión en ambos extremos, una sección media de estalagmita con marcas de impacto en un extremo, y un fragmento más pequeño de estalagmita con una coloración roja intensa.

Siguiendo el protocolo del proyecto Hoyo Negro, creamos **modelos fotogramétricos** para documentar los posibles martillos líticos y **obtener mediciones exactas** de los objetos seleccionados. Esto nos permitió fabricar contenedores de protección personalizados para su extracción segura.





El 4 de septiembre, Sam, Fred y Chris recolectaron estos especímenes bajo la supervisión arqueológica del Dr. Chatters y el equipo del INAH, con **Helena Barba Meinecke y Gabriel León** brindando apoyo en superficie. Los artefactos fueron colocados en bolsas plásticas selladas, las cuales permanecieron cerradas hasta su inspección inicial en el museo. Fred documentó el proceso de recolección en video.

Los artefactos fueron inspeccionados brevemente a través del plástico transparente inmediatamente después de salir a la superficie y fueron llevados directamente al museo.

Los especímenes fueron transportados a

Campeche para su análisis, siguiendo un protocolo desarrollado por SAS-INAH y el Dr. Chatters. El estudio incluirá **modelado en 3D, pesaje, medición y análisis mediante un difractor de rayos X portátil**.

Una vez secos, los artefactos serán inspeccionados en busca de huellas dactilares, fotografiados en detalle y sometidos a análisis geoquímicos para identificar la composición del ocre presente en su superficie.

Cuando los estudios sean completados, los artefactos serán exhibidos en Sala 1, dentro de la sección Pleistoceno y Patrimonio Subacuático del Museo Costa Oriental.



66 Permitir al público no sólo relacionarse con el sitio, sino también comprender el contexto más amplio de la actividad humana en la región durante la última glaciación

99

UCSD/SCRIPPS: ESCANEO DE CUEVAS



CINDAQ colabora con **Loren Clark, Scott McAvoy y Dominique Rissolo de la Universidad de California en San Diego (UCSD) y el Centro Scripps de Arqueología Marina (SCMA)** en un proyecto que investiga el acceso de humanos y fauna a las cuevas durante el Pleistoceno Tardío y el Holoceno Temprano. Este estudio no invasivo examina la morfología de las entradas y pasajes de las cuevas, comparando estas características físicas con las morfología de la megafauna que ingresó y se desplazó en estos entornos.

Además, comprender los retos y oportunidades que enfrentaron los Paleoamericanos, quienes utilizaron las cuevas extensamente, ofrece información valiosa sobre el comportamiento humano y la toma de decisiones en estos ambientes oscuros y complejos.

El tamaño y la forma de los pasajes no solo facilitaron o restringieron el acceso de humanos y animales, sino que el aumento del nivel del mar tras el Último Máximo Glacial agregó una cuarta dimensión a considerar. CINDAQ ha recolectado sistemáticamente **datos que permiten al equipo científico generar “mapas de acceso”**, basados en el tamaño de los animales y el grado de determinación humana.

El equipo de UC San Diego está particularmente interesado en las entradas de cuevas, reconociendo que estos ambientes son dinámicos y están sujetos a diversos procesos espeleogénicos con el tiempo. La primera fase de este estudio se centra en **documentar geometrías de entradas en 3D de manera detallada**.

En agosto, CINDAQ coordinó una campaña intensiva de escaneo con Loren y Dominique. Juntos, escanearon las entradas de La Mina, incluyendo Pu'bix, Kilix Pach-Och y el complejo de entradas de Sagitario. Como parte del sistema de cuevas de Sac Actun, también escanearon las entradas de White River, Concha y Fenómeno, y junto con Beto Nava, las entradas recientemente cartografiadas al oeste, incluyendo Ich Balam.

Para este estudio, el equipo empleó dos tecnologías de escaneo en 3D: un sistema de mapeo LiDAR móvil (Hovermap) y un sistema de fotogrametría de múltiples vistas, conocido como “Q” de Looq. Estos esfuerzos de investigación son fundamentales para la tesis doctoral de Loren, y esperamos **colaborar en futuros estudios con radar de penetración terrestre y perforación de sedimentos** en entradas seleccionadas el próximo verano.



“...investigando el acceso a cuevas de humanos y animales durante el Pleistoceno Tardío y el Holoceno Temprano”

”

UCSD/UC RIVERSIDE: ESCANEEO CHICHEN ITZA



A principios de diciembre de 2024, regresamos a Chichén Itzá para apoyar a nuestros socios del INAH, la Universidad de California en San Diego (UCSD) y la Universidad de California en Riverside (UC Riverside), esta vez con un enfoque en el área de **Chichén Viejo, también conocida como la Serie Inicial**.

Esta es una de las primeras zonas de Chichén Itzá que fue excavada y estudiada adecuadamente a finales del siglo XIX. Contiene los jeroglíficos más antiguos conocidos del sitio, que datan del año 619 d.C. Construidos en el estilo arquitectónico Puuc, los edificios de esta zona, que incluyen varias estructuras y decenas de columnas, se cree que sirvieron como villas para la élite de Chichén Itzá.

A lo largo de un día, asistimos a nuestros colegas en diversas tareas. Volamos una misión de mapeo con DroneDeploy a 30 m de altura sobre el sitio, realizamos un vuelo con dron manual para documentar el área y sus frisos ornamentados en las fachadas de los edificios, y creamos imágenes panorámicas en 360°, tanto a nivel del sitio como en la superficie.

Una vez más, fue un placer y un privilegio trabajar en este sitio del Patrimonio Mundial de la UNESCO. Agradecemos a **José Osorio León y Francisco Pérez Ruiz del INAH, al Dr. Travis Stanton de UC Riverside, y a los Drs. Dominique Rissolo y Scott McAvoy** por brindarnos la oportunidad de colaborar nuevamente.



SISTEMA CRUSTACEA



Uno de los principales intereses de exploración del equipo en 2023, Sistema Crustacea, continuó desafiándonos y revelando más de sus secretos este año. Las **condiciones del agua, el flujo y la visibilidad fueron exigentes en varias ocasiones.**

Excepto por algunas inmersiones desde la playa hacia el interior, la mayoría de las actividades de buceo se llevaron a cabo desde el otro lado de la carretera, en el Cenote Rancho Tigre Grande, propiedad de Don Fernando Chico.

La cueva **sigue siendo tan imponente como siempre, con un gran caudal de agua** que fluye en la clásica orientación noroeste (aguas arriba) a sureste (aguas abajo) y con densas biopelículas naranjas recubriendo gran parte

de la estructura de la cueva.

El equipo actualizó 1,086 m de línea existente. Algunas de las líneas guía estaban en muy mal estado, no eran confiables y fueron reemplazadas por nuevas líneas.

La mayor parte de la actualización se realizó en áreas previamente exploradas por **Nicolas Casela y su equipo**, hasta el Cenote de Los Aluxes.

Este año, el total de **exploración** en Sistema Crustacea fue de **2,686 m**, elevando la **longitud confirmada** del sistema a **23,183 m**. Esperamos que las condiciones del agua mejoren pronto para poder retomar el trabajo en este sistema de cuevas fascinante.

“Desafiante, demandante, grande y fascinante”

”

DATOS CLAVE

	2023-2024	2024
• Actualización:	9,984 m	1,086 m
• Exploración:	13,199 m	2,686 m
• Total:	23,183 m	3,772 m

FATHOM GEMINI CCR



2024 fue el año en que decidimos comprometernos a bucear con el **rebreather de circuito cerrado en configuración sidemount (SM CCR)**. Tras varios años de pruebas con distintas unidades, optamos por el Fathom Gemini mCCR, dejando atrás nuestro confiable Halcyon RB80/RBK, que ahora jugará un papel secundario en futuras expediciones.

Desde abril de este año, hemos probado el Gemini en la mayoría de nuestras inmersiones. Hemos obtenido **experiencia en una variedad de entornos**, desde Ox Bel Ha, Ko'ox Baal, Crustacea, Tuun Ja, Punta Pájaros, Sac Actun, Vaca Ha y República Dominicana. Nos sentimos seguros de poder utilizar el Gemini en diferentes condiciones de buceo, mientras realizamos tareas complejas.

Hemos logrado mantener el mismo nivel de disciplina, productividad y eficiencia que teníamos con nuestros equipos anteriores, lo cual fue un factor clave al elegir el equipo adecuado.



Además, los beneficios de un equipo de buceo más compacto, **mayor eficiencia de gas** y logística simplificada, especialmente para la próxima temporada de campamento base en las cuevas de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an, hacen que esta elección sea aún más atractiva para nosotros.

Al finalizar el año, el equipo ha acumulado casi 850 horas de experiencia en esta unidad de rebreather, con resultados altamente satisfactorios.

EXPLORERS CLUB - SEA STORIES 2024



En noviembre, Sam y Julien participaron en el evento Sea Stories 2024, organizado por **The Explorers Club de Nueva York**.

Su presentación, "Explorando el acuífero de la Península de Yucatán en la era digital", destacó los 25 años de dedicación de CINDAQ a la exploración y protección del frágil sistema acuífero de la península, incluyendo Ox Bel Ha, el sistema de cuevas sumergidas más largo del mundo.

Explicaron **cómo la exploración ha evolucionado desde técnicas tradicionales hasta la incorporación de tecnologías avanzada** como la fotogrametría, LiDAR y los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Estas herramientas han permitido a nuestro equipo mapear, documentar y analizar las cuevas de la región con mayor precisión. También enfatizaron nuestro compromiso con la conservación y divulgación pública, colaborando con medios internacionales para resaltar la importancia del acuífero.

Agradecemos profundamente a The Explorers Club por la oportunidad de compartir nuestro trabajo. Queremos expresar nuestro agradecimiento a **Sean**



Holland, organizador del evento, y a nuestro amigo **Martin Broen**, quien sugirió nuestra participación. La oportunidad de compartir nuestro trabajo con una audiencia apasionada por la exploración y la conservación fue invaluable. Esta plataforma nos permitió inspirar a otros a reflexionar sobre la aplicación global de nuestros métodos para preservar ecosistemas frágiles.

cindaq.org/cindaq-ec

SULAWESI, INDONESIA



DATOS CLAVE PROYECTO SULAWESI

- 9 SITIOS DE BUCEO VISITADOS
- 4 INMERSIONES EN 3 CUEVAS DIFERENTES
- 723 MINUTOS DE FONDO
- 1,066.2 M DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO
- 8 MODELOS DE FOTOGRAMETRÍA



Del 15 al 19 de abril, Chris y Sam fueron invitados, como parte de un grupo más amplio de buzos de GUE, a **visitar sitios de cuevas sumergidas en el sur de Sulawesi, Indonesia**. Nuestros objetivos fueron visitar y evaluar tantas entradas y cuevas subacuáticas como fuera posible; topografiar y documentar tantas como el tiempo nos permitiera; registrar el área y sus sitios con drones y cámaras de superficie para obtener una mejor comprensión del paisaje; y conocer a las personas, la infraestructura y la logística local, en caso de que regresemos en el futuro.

Toda la logística de nuestro grupo fue coordinada por **Chee Hoon Ong**, y la organización desde nuestra llegada hasta la salida fue manejada de manera impecable por **Halim Maswar, Sudiar Subu y el equipo de Rock and Roll Divers (RRD)**. Rock and Roll Divers tiene su base en la ciudad portuaria de Baubau, ubicada en la esquina suroeste de la isla de Buton. Sin su apoyo, este proyecto habría sido extremadamente

difícil, si no es que imposible de realizar. RRD cuenta con una oficina de campamento base en Baubau, con compresores, cilindros, personal completo y los vehículos necesarios para trasladar a los buzos de un sitio a otro. Más importante aún, Halim y Sudiar se han consolidado en la región y han construido sólidas relaciones con las comunidades propietarias de las entradas a las cuevas. Gracias a eso, todo lo que teníamos que hacer era llegar al sitio y bucear. Estamos





profundamente agradecidos por su apoyo. Nos hospedamos en el Zenith Premiere Hotel en Baubau la primera y la última noche. Durante nuestra estancia en la Isla Muna, nos alojamos en el Kadena Glamping Resort, un resort de lujo recientemente construido para recibir a buzos de cuevas.

Nuestros objetivos bajo el agua eran **simplemente aplicar nuestros métodos de topografía y documentación de cuevas en tantos sitios como fuera posible**, a pesar del tiempo limitado que teníamos. Esto no solo permitió proporcionar datos concretos a RRD, sino también mostrarles de primera mano nuestra forma de trabajar y operar.

Durante los cuatro días en la zona, visitamos nueve sitios potenciales de buceo en la Isla Muna. Realizamos cuatro inmersiones en tres cuevas (Goa Kapondaponda, Goa Wandoke, Goa Sanktum), con un tiempo de fondo acumulado de 723 minutos. Pudimos actualizar un total de 1,066.3 m de línea de cueva existente y recolectar datos para ocho

modelos fotogramétricos subacuáticos. Siempre nos resulta interesante viajar a otras partes del mundo y bucear en cuevas para compararlas con lo que tenemos en México. Las cuevas de Sulawesi no nos decepcionaron. Nos llamó la atención encontrar similitudes, **como la presencia de depósitos de ocre en el interior de las cuevas y cerámica en muchas de sus entradas**. Igualmente interesantes fueron las diferencias en la biología y la morfología de las cuevas.

No cabe duda de que esta región tiene un enorme potencial para futuras exploraciones y estudios de cuevas. Lo que **más nos impresionó fue la amabilidad de su gente, la belleza natural y la cultura vibrante que florece en la zona**.

Una visita virtual de la región de la Isla Muna está disponible en:

cindaq.org/muna-360



REPÚBLICA DOMINICANA



Del 23 al 28 de mayo de 2024, participamos en un proyecto para **evaluar y documentar el paisaje marítimo del Parque Nacional La Isabela, ubicado en La Isabela, República Dominicana**. Este proyecto se realizó bajo la supervisión del **Dr. Juan Mubarak y el Dr. Pedro Morales**, del Ministerio de Cultura de la República Dominicana, **Ulrike Guerin** de la UNESCO, y **Mtra. Helena Barba Meinecke y la Dra. Dolores Elkins**, del Cuerpo Asesor Científico y Técnico (STAB) de la UNESCO para la Convención de 2001 sobre la Protección del Patrimonio Cultural Subacuático.

En línea con la Convención de 2001 de la UNESCO, el objetivo de esta misión fue aportar información clave sobre la llegada de Cristóbal Colón y la cultura taína local en el momento del contacto. El proyecto fue financiado por la Agencia Española de

Cooperación Internacional para el Desarrollo.

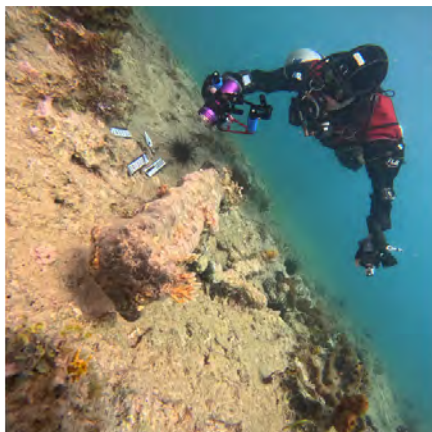
El STAB brinda asesoría técnica y científica a la Reunión de Estados Parte en temas relacionados con el patrimonio subacuático. CINDAQ recibió la invitación para participar como ONG acreditada ante la Convención de 2001. Otros 15 expertos en patrimonio subacuático colaboraron con UNESCO para asegurar los más altos estándares científicos.

La misión consistió en identificar, evaluar y documentar el patrimonio subacuático dentro y alrededor de la Bahía de La Isabela, con la esperanza de localizar entre seis y ocho naufragios pertenecientes a la **flota de Cristóbal Colón**. El proyecto también incluyó la documentación de las ruinas del puerto de La Isabela, el primer asentamiento de Colón en América, así como los cimientos de



DATOS CLAVE DEL PROYECTOS DE LA REPÚBLICA DOMINICANA

- 8 INMERSIONES
- 12 MODELOS FOTOGRAMÉTRICOS
- MISIONES DE DRONE DEPLOY



la casa de Colón, actualmente amenazada por la erosión costera y en riesgo de colapsar. Dada su importancia histórica y turística, se necesitan medidas urgentes para su preservación.

Como parte de la misión, UNESCO también brindó orientación a comunidades locales sobre cómo gestionar y conservar de forma sostenible el patrimonio sumergido de la región. Esto incluyó la capacitación de



dos jóvenes arqueólogos subacuáticos dominicanos en la evaluación de este tipo de sitios y la realización de investigaciones futuras. El equipo de UNESCO también brindó apoyo al museo local y ayudó a preparar la conservación urgente de los artefactos hallados.

CINDAQ colaboró con la fotogrametría y la documentación general del proyecto, tanto en superficie como bajo el agua. Realizamos un total de ocho inmersiones en zonas costeras muy someras, creando doce modelos fotogramétricos de artefactos in situ en diversos sitios de naufragio. Aunque no se localizaron embarcaciones de Colón, se identificaron varios otros naufragios, cada uno aportando información valiosa sobre el paisaje marítimo.

En tierra, asistimos a la Dra. Isabel Rivera-Collazo y a la doctoranda Diana Peña Bastalla, del Scripps Center for Marine Archaeology, en la documentación del sitio de La Isabela y de los asentamientos taínos circundantes, utilizando drones y cámaras mirrorless. Los entregables incluyeron **misiones de mapeo con DroneDeploy, modelos fotogramétricos y imágenes en 360°**, que se integraron en una visita virtual del área (cindaq.org/la-isabela-360). Estos modelos permitirán determinar el grado de erosión costera y cómo mitigar sus efectos en el futuro.

Además, Fred filmó y editó un corto documental sobre el proyecto (cindaq.org/la-isabela), e hizo entrevistas con pescadores locales cuya experiencia fue clave para identificar los sitios documentados.

Disfrutamos profundamente de esta experiencia y valoramos la oportunidad de colaborar con expertos internacionales. **Agradecemos especialmente a Helena Barba Meinecke, Dolores Elkins y Ulrike Guerin** por habernos incluido en este proyecto, así como a la **comunidad de La Isabela, Juan Mubarak, Pedro Morales y Francisco Gómez** por su cálida bienvenida.

Esperamos seguir colaborando con UNESCO y el STAB en futuros proyectos y regresar a la República Dominicana.



FOTOGRAMETRÍA: RESUMEN 2024



En 2024, continuamos **documentando sitios paleontológicos, arqueológicos y geológicos tanto en superficie como bajo el agua** mediante fotogrametría. Esta técnica no invasiva permite a nuestros científicos colaboradores estudiar las increíbles características de las cuevas sumergidas desde la comodidad de sus casas u oficinas en la superficie, al mismo tiempo que se **preservan las cuevas y su contenido**.



AUTOMATIZACIÓN FOTOGRAMÉTRICA



En 2011, publicamos un artículo en **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing, and Spatial Information Sciences**, de la **International Society for Photogrammetry and Remote Sensing**, titulado: “Desafíos ambientales, soluciones técnicas y procedimientos operativos estándar para la recopilación de datos en estudios fotogramétricos hacia una base de datos unificada de objetos y elementos en cuevas sumergidas en México”.

La idea principal era **definir un nuevo método de adquisición de imágenes centrado en una cámara GoPro**, creando un sistema compacto

y replicable para documentar objetos que antes eran inaccesibles mediante métodos tradicionales. Un objetivo igualmente importante era aumentar la producción de modelos fotogramétricos, recolectando una mayor cantidad de datos a lo largo de las cuevas. Esta fase inicial se enfocó en el trabajo de campo y en los aspectos de recopilación de datos de los estudios fotogramétricos.

Posteriormente, dirigimos nuestra atención a la **estandarización del proceso de generación de modelos**. En 2022, como parte de nuestra plataforma interna de documentación, Wikindaq, registramos la mayoría de los ajustes y procedimientos que nuestro equipo

debe seguir en cada etapa de creación de modelos fotogramétricos. Esto incluyó desde la organización de archivos de imagen hasta la publicación de modelos, pasando por la alineación de fotos, generación de nubes de puntos, filtrado, escalado y más.

En 2023, consolidamos esta **documentación interconectando los distintos artículos en un flujo de trabajo completo** y organizado, que lista cronológicamente todos los pasos necesarios, desde la preparación hasta la publicación de un modelo 3D. Este enfoque nos proporcionó una herramienta integral para garantizar:

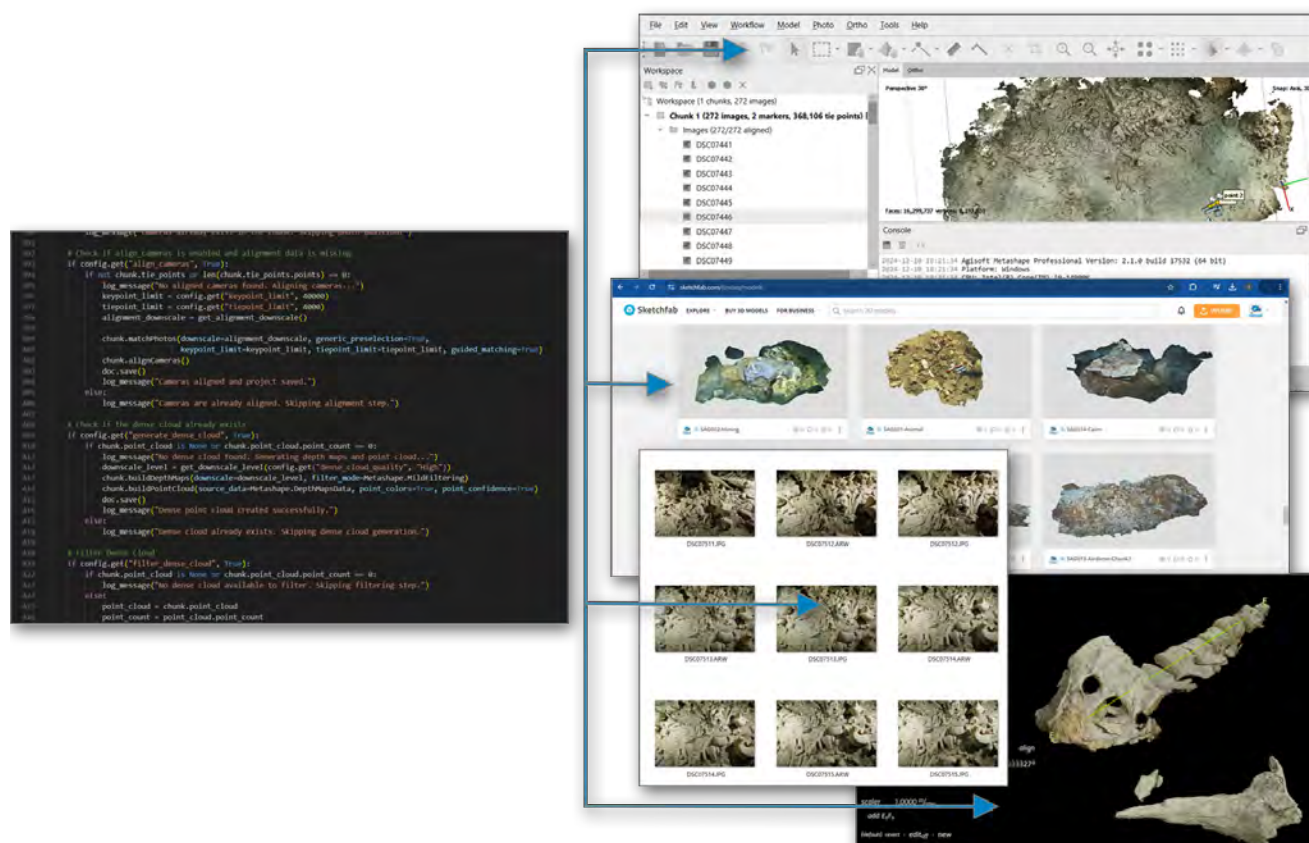
- Consistencia en los métodos utilizados por los miembros del equipo.
- Técnicas de almacenamiento y análisis uniformes para todos los modelos.
- Un sistema claro para capacitar a nuevos colaboradores.

El siguiente paso lógico fue **automatizar el proceso fotogramétrico para escalar aún más la producción y ahorrar tiempo**. Dado que cada paso había sido cuidadosamente documentado y los ajustes

habían sido guardados, dividimos el proceso en componentes gestionables. Estos componentes fueron introducidos en una inteligencia artificial que generó unas dos docenas de scripts en Python utilizando las API de las diferentes herramientas de software en nuestro flujo de trabajo. El equipo revisó, afinó e integró estos scripts en un programa unificado.

Este programa transforma automáticamente las imágenes, almacenadas en una carpeta estructurada, en todos los productos necesarios: imágenes alineadas, nube de puntos, filtrado de ruido, modelo en malla, ortomosaico y exportaciones para nuestros socios científicos. Ahora instalado en una estación de trabajo potente y accesible mediante un menú desplegable simple, esta herramienta aprovecha la experiencia y el trabajo de documentación de los últimos tres años. **Ha reducido el tiempo y esfuerzo necesario para generar un modelo por un factor de al menos cinco.**

Estamos muy entusiasmados por utilizar esta nueva herramienta para documentar aún más las increíbles características paleontológicas, arqueológicas y geológicas de nuestras cuevas.



FOTOGRAMETRÍA E INTEGRACIÓN CON SIG

Con el nuevo proceso para importar datos de levantamiento a nuestro sistema de Información Geográfica (GIS), pudimos extraer información relevante de los comentarios registrados durante el levantamiento, como por ejemplo los identificadores únicos de fotogrametría. Dado que estos también se utilizan para etiquetar todos los datos relacionados con los modelos fotogramétricos en nuestras distintas plataformas de almacenamiento y procesamiento, decidimos desarrollar una serie de herramientas para vincular **automáticamente nuestro GIS con nuestro NAS (Network Access Storage), nuestra cuenta de Dropbox, Sketchfab y la base de datos central que contiene el listado completo de modelos.**

A lo largo de los años, hemos probado distintas maneras de mantener una lista actualizada de modelos, desde una capa de entidades de Survey123 de ESRI, hasta una carpeta que contiene todos los modelos, pasando por páginas web privadas. El sistema que terminó siendo más utilizado por el equipo fue una hoja de cálculo de Google Sheets que resume la información de cada modelo, junto con su ubicación, profundidad, evaluaciones expertas y otros metadatos relevantes.

Mantener una arquitectura basada en una fuente única de referencia (Single Source of Truth, SSOT) para almacenar la lista de modelos fotogramétricos nos pareció lo más lógico en términos de **consistencia de datos y facilidad de uso**, por lo que decidimos partir de esta hoja de cálculo en Google y convertirla en nuestra SSOT, desde la cual el sistema GIS pudiera extraer la información para presentarla a los miembros del equipo y a nuestros colaboradores.

De más de 200 modelos, solo el veinte por ciento contaba con información completa. La primera fase del trabajo, que duró aproximadamente un mes, consistió en depurar la lista y recuperar información faltante desde diversas fuentes, como nuestro NAS, bandejas de entrada de correo, conversaciones de WhatsApp y grabaciones de reuniones por Zoom. Esto llevó al desarrollo de una primera serie de herramientas para identificar registros problemáticos, evaluar nuestro progreso y recuperar enlaces a los datos asociados con cada modelo.

Una vez que la hoja de cálculo de Google fue depurada, desarrollamos una segunda serie de herramientas para establecer una comunicación bidireccional entre la hoja y nuestro GIS: la información de los modelos (fecha, buzos involucrados, evaluación experta) se transfiere de la hoja de cálculo al GIS, mientras que las coordenadas GPS exactas de cada modelo se extraen del GIS hacia la hoja. Este intercambio se integró posteriormente en nuestra herramienta de importación Ariane-to-GIS.

El resultado es:

- Una lista más clara de los modelos fotogramétricos disponibles para nuestro equipo y colaboradores científicos, funcionando como fuente única de referencia (SSOT).
- La posibilidad de **visualizar todos los modelos en nuestro mapa web** y acceder directamente a los enlaces generados automáticamente para consultar los modelos y los datos asociados.
- Una estructura modular donde la SSOT puede ser reemplazada por cualquier otro tipo de base de datos, desde una capa de entidades GIS hasta una tabla SQL.

Network Access Storage
NAS



Link

Sketchfab



Link

Dropbox



Link

Google Sheets



Photogrammetry
& Scientific Documentation



TM LU

Unique model identifier

ArcGIS



Links, description,
metadata (date, diver)

GPS Location, Depth

GOPRO : CÓDIGO QR PARA FOTOGRAMETRÍA



Usar cámaras GoPro bajo el agua presenta **desafíos únicos, ya que la carcasa limita el acceso a solo dos botones**. Ajustar configuraciones en medio de una inmersión se vuelve poco práctico, lo que dificulta tareas como la fotogrametría o la documentación en video.

Tradicionalmente, configurábamos todo antes de la inmersión usando la pantalla táctil, pero este método dejaba fuera funciones como la velocidad mínima de obturación, el histograma o bitrates de video más altos.

La llegada de GoPro Labs, un firmware experimental disponible en modelos como la HERO12, ha resuelto muchos de estos problemas. Generando un código QR con los ajustes deseados y escaneándolo, **podemos aplicar configuraciones complejas al instante, sin necesidad de navegar por menús**. Esto ha simplificado la preparación previa al buceo y ha añadido funciones avanzadas como histogramas e indicadores de nivel, que no están disponibles en el firmware estándar.

Utilizamos las GoPro para fotogrametría varias veces al mes, especialmente al documentar nuevos descubrimientos en cuevas. La fotogrametría requiere imágenes claras, desde muchos ángulos y con sombras mínimas. Usamos el modo de fotografía en intervalos (timelapse) configurado mediante código QR, lo que permite que la cámara capture imágenes automáticamente cada segundo. Una función clave es el histograma en pantalla, que nos ayuda a ajustar la exposición en tiempo real. Preferimos un histograma grande para realizar ajustes precisos al tomar fotografías en ambientes de cuevas con poca luz, y uno más pequeño para video, lo cual reduce el desorden visual en la pantalla pero mantiene la información esencial de exposición.

A pesar de estas ventajas, escanear diferentes códigos QR para cada cambio de configuración puede ser engorroso bajo el agua. En inmersiones donde necesitamos tanto fotogrametría como video, usamos dos códigos distintos, uno para cada modo. Alinear la cámara para escanear el código correcto puede resultar difícil en condiciones de poca visibilidad o espacios reducidos dentro de la cueva.

Le preguntamos a David Newman, el desarrollador de GoPro Labs, si era posible almacenar ajustes detallados de forma permanente por preajuste en la cámara, para poder cambiar de modo sin tener que volver a escanear. David confirmó que esta función, ya disponible en la HERO13, llegará a la HERO12 en una actualización futura.

Una vez habilitada, esta función **optimizará enormemente nuestro flujo de trabajo** al permitirnos guardar y recuperar configuraciones personalizadas (por ejemplo, tamaño de histograma, límites de ISO y velocidad de obturación) dentro de diferentes preajustes. Así podremos alternar entre los modos de fotogrametría y video sin perder ninguna configuración crítica. Para los esfuerzos de recolección de datos de CINDAQ, esta flexibilidad garantiza una documentación consistente y de alta calidad de los entornos de cueva, mejorando la precisión de la investigación y la planificación de conservación.

En general, descubrir la funcionalidad de GoPro Labs con códigos QR ha **mejorado significativamente la forma en que capturamos imágenes en cuevas. Al aprovechar estas mejoras, podremos recolectar conjuntos de datos más completos incluso en las condiciones más desafiantes, ampliando las fronteras de la exploración subacuática.**

VALIDACIÓN DE COMENTARIOS DE LEVANTAMIENTO



Con el tiempo, la gestión de datos de topografía en cuevas presenta ciertos desafíos, especialmente al convertir la información recolectada durante las inmersiones de un formato legible para humanos a uno que pueda ser procesado eficientemente por computadoras. Esto suele generar varios problemas:

- **Errores humanos en la captura de datos:** Los topógrafos pueden desviarse sin querer del formato estándar, lo que genera inconsistencias y errores.

- **Procesamiento ineficiente de datos:** Los datos no estandarizados dificultan la automatización del procesamiento y análisis, lo que ralentiza los flujos de trabajo.

- **Detección tardía de errores:** Sin mecanismos de retroalimentación inmediata, los errores pueden pasar desapercibidos durante mucho tiempo, dificultando su corrección.

Para abordar estos desafíos, desarrollamos una Herramienta de Validación de Comentarios de Topografía.

Esta herramienta automatiza el proceso de validación de nuestros datos topográficos mediante los siguientes pasos clave:

- **Revisión automatizada de sintaxis:**

Cada vez que se sube un archivo TMLU — un archivo generado por Ariane, nuestro software de topografía de cuevas— a GitHub, la herramienta escanea automáticamente las secciones de comentarios. Para quienes no estén familiarizados, GitHub es una plataforma en línea que nos permite almacenar y gestionar archivos de manera colaborativa. La herramienta busca patrones específicos en los datos, como marcadores, navegación, leads, observaciones biológicas y direcciones de flujo.

- **Verificación de colores y nombres de sección:**

La herramienta compara los códigos de color con los nombres de sección correspondientes, en función de un mapeo predefinido. Por ejemplo, las secciones que comienzan con “RES” deben tener un código de color específico. Esto garantiza la consistencia y precisión en la representación de nuestros datos.

- **Reporte inmediato de errores:** Cuando se detectan discrepancias, la herramienta genera un reporte detallado que indica el ID de estación, el comentario o sección problemático, y la naturaleza del error. Este reporte se envía directamente a la persona que subió el archivo, lo que permite hacer correcciones de forma rápida.



Por ejemplo, un topógrafo podría registrar una línea que necesita actualización como:
 “DM article CINDAQ24 ; Jump N ; #Resurvey ; #Lead S; #Biology shrimp 2024-11-24”
 en lugar de la forma estandarizada:
 “DM Article CINDAQ24 ; Jump N #Resurvey ; #Lead S; #Biology shrimp 2024-11-24”.

El punto y coma extra (“;”) evita que los datos sean interpretados correctamente durante el procesamiento. La herramienta detecta este error sutil y notifica al topógrafo para que lo corrija.

La implementación de la Herramienta de Validación de Comentarios de Topografía ha traído varios beneficios:

- **Mejora en la calidad de los datos:** La detección y corrección temprana de errores evita que se propaguen datos inexactos, lo que garantiza la confiabilidad de nuestras bases de datos.
- **Mayor eficiencia:** La automatización reduce el tiempo que los topógrafos dedican a revisar

datos manualmente, permitiéndoles enfocarse en la exploración y recolección de información.

- **Estandarización de los datos:** Aplicar normas de ingreso de datos promueve la coherencia entre conjuntos de datos, lo cual es esencial para un análisis efectivo e integración con otros sistemas.

Esta herramienta ha **optimizado significativamente nuestro proceso de validación, cerrando la brecha entre la captura manual de datos y su interpretación por sistemas automatizados**. No solo mejora la calidad de nuestros datos, sino que también incrementa la eficiencia operativa.

A futuro, planeamos ampliar las capacidades de la herramienta para cubrir más escenarios de validación e integrarla más estrechamente con los sistemas de ingreso de datos de los topógrafos. Esto permitirá tomar decisiones mejor fundamentadas basadas en información precisa y confiable.

WIKINDAQ

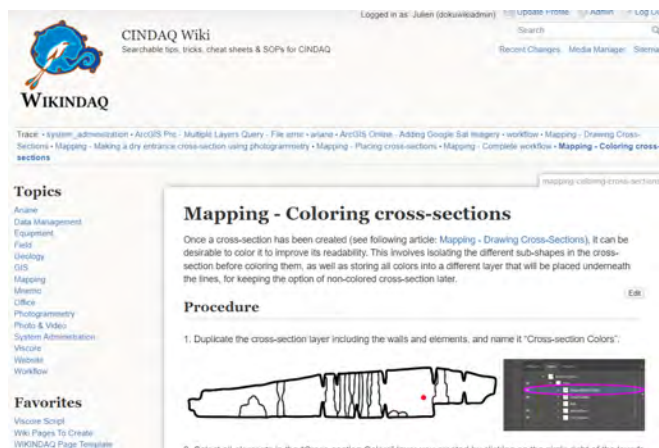
WIKINDAQ, la wiki interna de CINDAQ, organiza y almacena procedimientos operativos estándar (SOP), flujos de trabajo e instrucciones clave. A finales de 2022, contaba con 100 artículos que cubrían diversas áreas operativas. En 2023, se añadieron otros 100 artículos, con un énfasis especial en flujos de trabajo interconectados, incluyendo un flujo integral para fotogrametría, gestión de usuarios y sistemas de respaldo. Estas actualizaciones mejoraron la consistencia, estandarización y seguridad de los datos.

En 2024, WIKINDAQ experimentó avances significativos:

1. Flujo de trabajo para mapeo de cuevas: Se introdujo un nuevo flujo de trabajo para el mapeo de cuevas, que abarca métodos de campo, integración con mapas digitales, fotogrametría de entradas secas y elaboración de secciones transversales. Esta incorporación asegura metodologías consistentes y mejora la eficiencia en los proyectos.

2. Documentación de administración de sistemas: Se desarrollaron procedimientos detallados de administración de sistemas para respaldar la creciente infraestructura de TI de WIKINDAQ. Estos documentos ofrecen a los administradores herramientas sólidas para monitorear y resolver problemas en la plataforma.

3. Rediseño de la herramienta Ariane-to-GIS: La nueva herramienta Ariane-to-GIS, que agiliza la conversión de archivos TMLU y mejora el flujo de trabajo al reducir significativamente el tiempo de procesamiento, fue documentada en detalle para facilitar futuros desarrollos.



WIKINDAQ : DATOS CLAVE

- **MÁS DE 300 ARTÍCULOS**
- **15 CATEGORIAS**

IMPORTACIÓN DE DATOS TOPOGRÁFICOS AL SIG



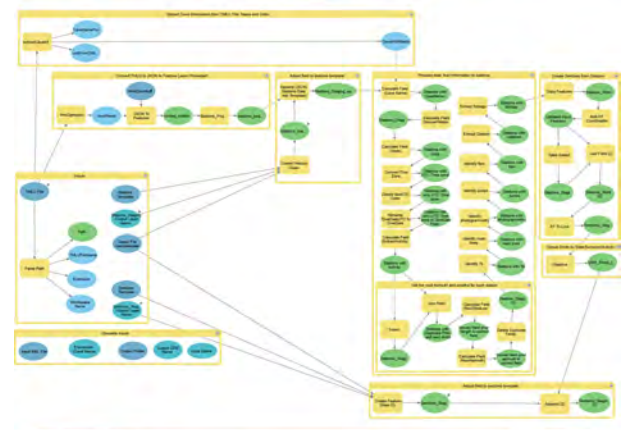
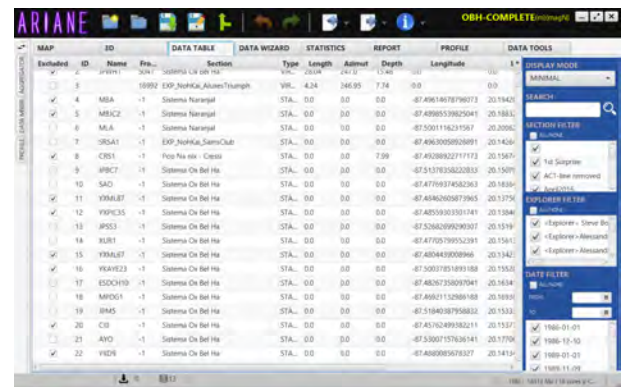
Aunque Ariane es el software elegido por CINDAQ para ingresar datos topográficos de cuevas, debido a su facilidad de uso y su conectividad directa con el dispositivo Mnemo, carece de muchas funcionalidades para compartir y analizar datos. Para cubrir estas necesidades, CINDAQ utiliza ArcGIS para visualizar, compartir, analizar, procesar y consultar datos topográficos de cuevas. ArcGIS Pro ofrece potentes herramientas de geoprocetamiento, mientras que ArcGIS Online proporciona una plataforma intuitiva para mostrar y compartir información con miembros del equipo y colaboradores científicos.

Dado que Ariane guarda los datos de topografía en un formato propietario llamado TMLU, que no es reconocido por ArcGIS, era necesario contar con una herramienta que permitiera importar datos de Ariane a ArcGIS. En 2020, Wetherbee Dorshow, de Earth Analytics, desarrolló la primera versión de esta herramienta, la cual ha sido mejorada en varias ocasiones desde entonces.

Sin embargo, a medida que los datos de CINDAQ crecieron tanto en cantidad como en complejidad —con sistemas de cuevas que abarcan varios cientos de kilómetros en un solo archivo y comentarios de topografía cada vez más detallados sobre navegación, flujo, geología, biología, modelos de fotogrametría y más—, la herramienta Ariane-to-GIS empezó a mostrar sus límites. **Se hizo necesario desarrollar una nueva herramienta** para resolver los siguientes problemas:

1. Proceso de exportación engorroso: Era necesario dibujar el archivo TMLU con cierres de lazos en Ariane antes de exportarlo, corregir errores de formato en Google Earth Pro y usar archivos KMZ como formato intermedio. Este proceso podía tardar entre 15 y 30 minutos para archivos grandes y con frecuencia causaba que los programas se cerraran inesperadamente.

2. Comentarios sobrecargados: Los comentarios de topografía en Ariane —y posteriormente en ArcGIS— se estaban volviendo cada vez más extensos y difíciles de leer debido a la gran cantidad de información incorporada, lo que reducía su utilidad para fines científicos.



3. Opciones de búsqueda limitadas: En ArcGIS solo se podían buscar las fechas y los campos de explorador/topógrafo en las estaciones (puntos), pero no en los segmentos (líneas), lo que dificultaba enormemente realizar consultas útiles basadas en líneas.

4. Complejidad creciente: Las capas sucesivas de actualizaciones aplicadas a la herramienta de importación a lo largo del tiempo habían hecho que fuera cada vez más difícil editarla o mejorarla.

Para resolver estos desafíos, se desarrolló una nueva herramienta durante los primeros tres meses de 2024. A solicitud de CINDAQ, nuestro buen amigo Håvard Sørnbø diseñó un programa en Rust que convierte directamente archivos TMLU al formato GeoJSON. Esta pieza de código esencial elimina la necesidad de volver a dibujar los archivos TMLU en Ariane con cierres de lazos, exportarlos a KML/KMZ y corregir el formato en Google Earth.

A partir de este núcleo de conversión a GeoJSON, desarrollamos un nuevo modelo en ArcGIS Pro desde cero, estructurado en bloques bien definidos y completamente documentado para facilitar futuros desarrollos. Las mejoras clave incluyen:

- **Extracción optimizada de datos:** Se extrae información relevante de los comentarios de Ariane, como identificadores únicos de fotogrametría, datos de flujo y puntos de navegación (Ts y jumps), y se almacena en campos separados para permitir consultas y análisis más complejos.
- **Estructuración mejorada de datos:** Se importan y organizan primero las estaciones, y luego se generan los segmentos (shots) a partir de ellas, lo que permite conservar el máximo de información para consultas basadas en líneas.
- **Flujo de trabajo simplificado:** Se redujo el número de parámetros que el usuario debe introducir, lo que hace el proceso mucho más sencillo.

El nuevo flujo de trabajo ha demostrado **ser mucho más rápido, reduciendo el tiempo de procesamiento de sistemas de cuevas grandes de 30 minutos a menos de tres**. Más importante aún, proporciona una herramienta robusta que permite un trabajo científico más profundo y sirve como una plataforma adaptable para integrar herramientas de análisis adicionales en el futuro.

¡Y esto es solo el comienzo!

ANÁLISIS CIENTÍFICA: TRANSCRIPCIÓN AUTOMÁTICA ↓

CINDAQ **recopila grabaciones en video de conversaciones con colaboradores científicos, capturando ideas valiosas para su análisis posterior.** Al extraer el audio de estos videos y transcribirlo mediante el modelo Whisper de OpenAI, obtenemos transcripciones de alta precisión que son fácilmente buscables y compartibles.

Hemos comprobado que el modelo Whisper es considerablemente más preciso que los servicios de transcripción integrados en plataformas como Zoom o Adobe Premiere, por lo que desarrollamos un script personalizado en Python para llevar a cabo esta tarea.

Con estas transcripciones precisas, nuestro equipo puede revisar rápidamente los momentos clave, consultar segmentos específicos y transferir este contenido con facilidad a otros modelos de lenguaje, como GPT O1, para **generar minutas o resúmenes de reuniones.** Este enfoque permite identificar información vital de manera más eficiente y facilita una exploración más profunda de los datos junto con nuestro equipo y socios científicos.

Al incorporar este proceso en nuestro flujo de trabajo—junto con la nueva herramienta de importación a GIS, la generación automática de enlaces y el script de automatización de fotogrametría—ahora podemos descubrir y documentar un nuevo sitio de interés, generar su modelo fotogramétrico correspondiente y **compartirlo con científicos el mismo día.** La videollamada posterior con expertos para analizar el hallazgo es transcrita y convertida en un informe utilizable en cuestión de horas.



ESTACIÓN CENTRALIZADA DE PROCESAMIENTO ↓

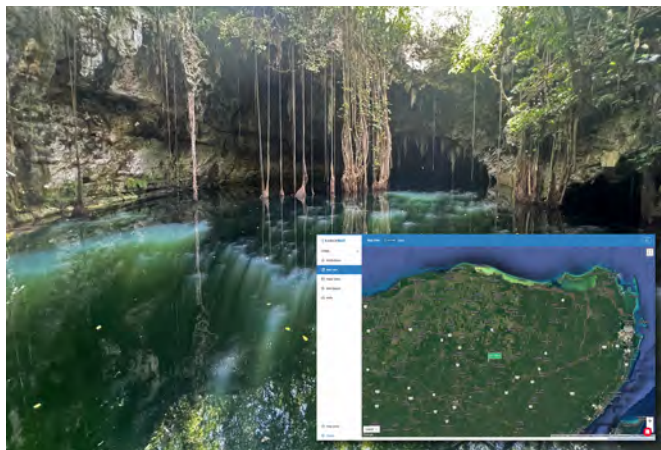
Recientemente adquirimos una nueva estación de trabajo en rack de Puget Systems, equipada con un procesador Intel Core i9, 192 GB de RAM y una GPU NVIDIA GeForce RTX 4090. Esta potente máquina **ha acelerado drásticamente nuestros flujos de trabajo**, especialmente el nuevo proceso automatizado de fotogrametría, permitiéndonos procesar grandes conjuntos de imágenes con rapidez. La generosa cantidad de RAM nos permite manejar múltiples proyectos de forma simultánea sin que el sistema se ralentice, mientras que la GPU de alto rendimiento reduce considerablemente los tiempos de renderizado.

Otra gran ventaja de esta estación de trabajo es la facilidad de acceso para todo nuestro equipo. Todo nuestro entorno de trabajo está protegido detrás de un firewall, lo que garantiza una conexión privada y segura para todos. Combinado con nuestro servicio de internet satelital Starlink, los miembros del equipo —ya sea en la oficina principal o en campo— pueden iniciar sesión y colaborar en tiempo real en proyectos que requieren gran capacidad de procesamiento. Mientras operan de forma remota, nuestras **laptops robustas Dell** recopilan y cargan datos directamente a la estación centralizada, lo que optimiza la gestión de archivos y elimina la necesidad de múltiples equipos aislados y menos potentes.



MONITOREO REMOTO DEL ACUÍFERO: RANCHBOT ↓

Continuamos explorando opciones para el monitoreo del acuífero, basándonos en el trabajo previo realizado junto al Dr. Richard Wylde y el uso del Internet de las Cosas (IoT). **Will y Pam Harte, colaboradores de CINDAQ desde hace muchos años**, se inspiraron en nuestro informe anual de 2023 y nos sugirieron los monitores remotos de tanques de Ranchbot. Ranchbot ofrece sistemas de monitoreo diseñados para ganaderos, que brindan información en tiempo real sobre los niveles de agua. Estas unidades autónomas, alimentadas por energía solar, admiten hasta cinco sensores cableados y diez inalámbricos, se conectan vía satélite las 24 horas del día y son fáciles de instalar y mantener.



Will y Pam nos pusieron en contacto con Andrew Coppin, de Ranchbot, y rápidamente se envió una unidad a México. Contactamos a Sara Fuentes y Alfredo Medina, propietarios del Cenote Chenxunan, quienes aceptaron instalar el monitor como prueba de concepto. En agosto, colocamos la unidad con un sensor de profundidad debajo del muelle del cenote. Hasta ahora, **creemos que esta es una solución confiable para recolectar y transmitir datos desde ubicaciones remotas**. Estamos colaborando con Ranchbot y otros fabricantes para integrar sensores de pH, oxígeno disuelto, temperatura, precipitación y conductividad. Nos motiva el potencial de desarrollar un sistema de monitoreo del acuífero rentable. Una vez que tengamos listo un prototipo, planeamos buscar financiamiento para desplegar entre 25 y 50 unidades en distintos puntos de la península. **Estamos profundamente agradecidos con los Harte y con Ranchbot por su apoyo.**

DELL COMPUTERS - PRUEBA DE CAMPO



A lo largo del último año, **recibimos tres computadoras robustas de Dell**. Tras conocer a David Plourde, de Dell, en la Conferencia de Usuarios de ESRI en 2023, él se interesó en nuestro trabajo y quedó convencido de que, dadas las zonas remotas y muchas veces desafiantes en las que trabajamos, la línea de computadoras robustas de Dell sería de gran utilidad para nosotros. Desde que recibimos las laptops, las hemos puesto a prueba en una variedad de situaciones en las que, anteriormente, llevar una computadora al campo no habría tenido sentido.



Para la recolección de datos de nuestras cámaras trampa, ahora podemos descargar, revisar y reformatear las tarjetas SD en campo, sin necesidad de retirar las cámaras. Con ESRI Field Maps en la tableta, podemos registrar puntos, líneas y polígonos directamente en el terreno desde su pantalla de alto contraste, como hicimos bajo el sol abrasador de Punta Pájaros en septiembre.

También utilizamos las laptops para la **calibración de instrumentos de campo**, como nuestra sonda YSI en el Cenote Tuun Ja y el monitor Ranchbot en el Cenote Chenxunan.

En la Zona Núcleo de Sian Ka'an, realizamos con éxito una misión de mapeo con DroneDeploy y luego **subimos las imágenes generadas utilizando la laptop Dell conectada a Starlink para su procesamiento**. Pudimos visualizar los resultados aún estando en campo, algo que anteriormente no era posible. Al alimentar las computadoras con nuestras baterías EcoFlow, agilizamos el proceso de mapeo de cuevas: ingresamos los datos topográficos en el campo, **imprimimos los resultados en papel impermeable y comenzamos a dibujar de inmediato**. Anteriormente, este proceso habría tomado dos días.



En la República Dominicana, pudimos procesar y visualizar modelos fotogramétricos. Ahora que comenzamos a trabajar con nuestra estación de trabajo Puget Systems, vemos que las computadoras Dell se convierten en una valiosa interfaz, conectándonos desde el campo con nuestro equipo de procesamiento en la oficina.

Estamos profundamente agradecidos con David y con Dell por habernos proporcionado estas herramientas invaluable.



CAPTURANDO EL PULSO DEL ACUÍFERO



Dando seguimiento al trabajo de los últimos años, seguimos avanzando hacia nuestro objetivo de monitorear en tiempo real el acuífero de toda la Península de Yucatán.

La persistencia y experiencia del Dr. Richard Wylde han guiado el camino a través de dos enfoques experimentales.

El primero fue a través de **antenas utilizando tecnología LoRaWAN para transmitir datos a larga distancia**, pero este método requiere que no haya vegetación obstruyendo la línea de vista entre las antenas emisora y receptora. Se espera un aumento en la cantidad de antenas compartidas en el futuro, lo que podría hacer esta opción más viable, pero por ahora no resulta práctica para cubrir toda la península.

El otro método ha sido mediante el **envío de señales hacia un satélite**, que a su vez transmite los datos a la sede de CINDAQ vía internet. Está bastante claro que esta es actualmente la mejor opción disponible, aunque la primera unidad que se adquirió e instaló fue descontinuada después de que la empresa fuera comprada y cerrada por SpaceX.



CONOCIMIENTO COMPARTIDO

Además de los beneficios que representa para CINDAQ conocer más y compartir información sobre el acuífero, creemos que ayudar a desarrollar esta tecnología puede ser invaluable para que otros puedan monitorear, estudiar, comprender mejor, valorar y conservar nuestro acuífero.



GEOLOCALIZACIÓN BAJO EL AGUA



Conocer con precisión la posición de una cueva se vuelve cada vez más relevante a medida que **buscamos expandir la exploración de cuevas con una sola entrada** y en consideración del crecimiento urbano en zonas situadas directamente sobre pasajes de cueva.

Hace algunos años, el Dr. Richard Wylde desarrolló y **experimentó con un magnetómetro para mejorar la precisión del mapeo de cuevas someras bajo el agua**. Con la sensibilidad mejorada de los magnetómetros actuales, el experimento está siendo replicado. Las pruebas iniciales con un imán más pequeño fueron exitosas, ya que se detectó claramente una señal en la superficie a través de unos 10 metros de roca. Será necesario contar con un segundo magnetómetro en la superficie para triangular la posición y establecer una geolocalización mucho más precisa de la cueva subyacente.



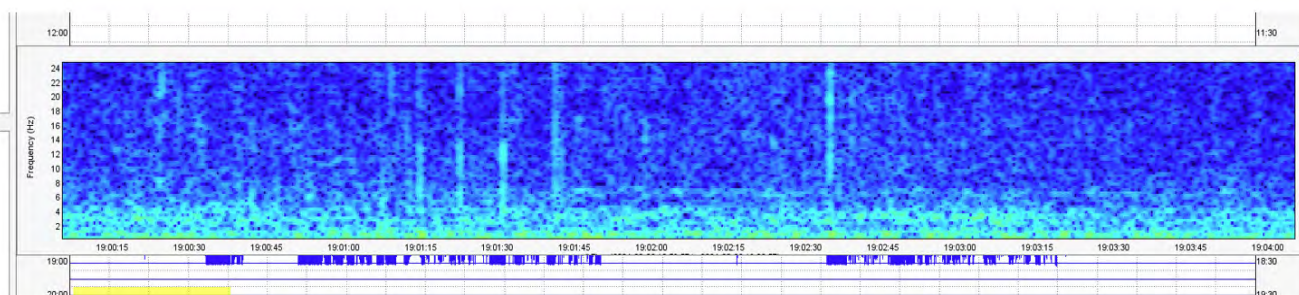
Siempre atento a oportunidades interesantes para estudios relacionados con cuevas, el Dr. Wylde trajo un sismógrafo de movimiento vertical alimentado por Raspberry Pi (Raspberry Shake 1D), que colocamos sobre suelo firme directamente encima de la cueva. Desde una profundidad de 10 metros, golpeamos el techo de la cueva y logramos



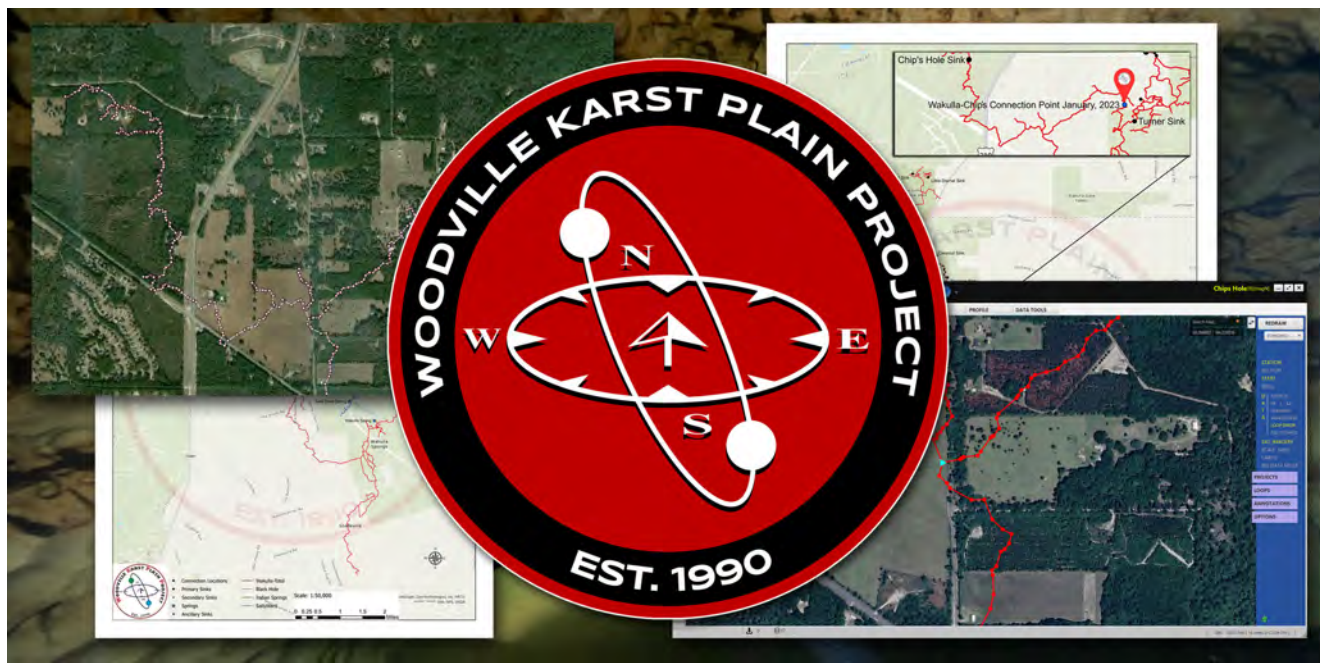
detectar una leve vibración.

Para detectar señales fuera del punto vertical exacto, se experimentará el próximo año con una unidad capaz de medir movimientos verticales y horizontales (Raspberry Shake 3D), lo cual también podría **permitir localizar con precisión cuevas subacuáticas**.

Además de mejorar la precisión en la ubicación de cuevas sumergidas, es posible que los sismógrafos **ayuden a detectar y documentar el impacto del desarrollo humano sobre las cuevas**.



COLLABORACIÓN CON EL WKPP, FLORIDA, USA



El Woodville Karst Plain Project (WKPP) es un proyecto y organización que ha estado mapeando sistemas de cuevas subacuáticas en el norte de Florida desde la década de 1980. Para los buzos de cuevas, se trata de un grupo legendario de exploración que **ha sido pionero en muchos de los protocolos e ideas que aún se utilizan ampliamente hoy en día**. El WKPP también fue la inspiración para la creación de Global Underwater Explorers, fundada por Jarrod Jablonski.

El equipo de CINDAQ y los miembros del WKPP han sido amigos desde hace mucho tiempo, tanto bajo el agua como en la superficie. A partir de 2022, comenzamos a colaborar para **replicar algunas de las funcionalidades GIS utilizadas por CINDAQ en beneficio del WKPP**.

En 2022, nuestro amigo Wetherbee Dorshow (de Earth Analytics) estableció la estructura principal para el WKPP proporcionando una licencia de ArcGIS Pro y una solución alojada en ArcGIS Online para el manejo de sus datos de topografía. También creó una versión específica para WKPP de su interfaz SmartCave Manager.

En 2023, compartimos algunas de nuestras ideas sobre las ventajas de utilizar comentarios estandarizados al ingresar datos en Ariane. A partir de esto, Chris Werner y John Rose realizaron un trabajo importante de depuración en sus datos de topografía, como parte de un

proyecto más amplio centrado en los archivos históricos que documentan décadas de trabajo del WKPP.

En 2024, asistimos al WKPP en la implementación de nuestra nueva herramienta de conversión para importar datos TMLU desde Ariane a ArcGIS. Como suele ocurrir con este tipo de colaboraciones, **el proceso fue mutuamente beneficioso**: no solo fue un placer trabajar juntos, sino que extender nuestras herramientas a otros proyectos nos permitió descubrir particularidades locales y nuevas ideas que no habríamos considerado de otro modo.

El WKPP también integra la tecnología de Cave Radio Location (CRL), que utiliza una baliza transmisora de radio subterránea y un receptor de superficie para corregir levantamientos subacuáticos mediante puntos fijos. Además, sus datos incluyen referencias históricas, o "citas", integradas en los archivos TMLU para documentar el origen de los datos de topografía, como bitácoras o notas que se remontan a Sheck Exley.

Como organización con sede en Estados Unidos, el WKPP almacena sus mediciones en el sistema imperial, a diferencia de CINDAQ, que utiliza el sistema métrico. Trabajar con sus datos nos permitió identificar la necesidad de tener en cuenta las diferentes zonas UTM

(Universal Transverse Mercator) al proyectar datos en ArcGIS Pro, algo que CINDAQ no había necesitado abordar previamente.

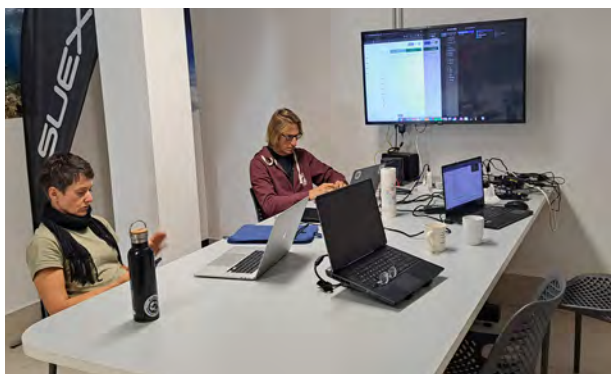
Esta colaboración no solo permitió al WKPP importar sus datos de Ariane a ArcGIS, sino que también ayudó al equipo de CINDAQ a desarrollar una herramienta más sólida y versátil. La herramienta ahora puede adaptarse a una gama más amplia de zonas de exploración, diferentes instrumentos de campo y sistemas de unidades, integrando datos históricos y siendo compatible con múltiples versiones de ArcGIS Pro.

¡Trabajo colaborativo en su mejor expresión!

COLABORACIÓN WKPP & CINDAQ: DESARROLLOS CLAVE

- PERFECCIONAR LOS COMENTARIOS ESTANDARIZADOS
- INTEGRAR LOS SISTEMAS MÉTRICO E IMPERIAL
- INCORPORAR DIFERENTES ZONAS HORARIAS
- VINCULAR DATOS DE TOPOGRAFÍA Y REGISTROS HISTÓRICOS
- COMPATIBILIDAD CON MÚLTIPLES VERSIONES DE ARCGIS PRO
- MEJOR DOCUMENTACIÓN DE NUESTROS PROCESOS

COLABORACIÓN CON PHREATIC, CERDEÑA, ITALIA



En 2023, CINDAQ firmó un memorando de colaboración con Phreatic, una organización sin fines de lucro con sede en Cala Gonone, Cerdeña, Italia. Fundada por un grupo de exploradores, científicos e investigadores de entornos extremos, está liderada por nuestro buen amigo Andrea Marassich. Phreatic y CINDAQ **acordaron que la colaboración en exploración, buceo científico, documentación e investigación sería mutuamente beneficiosa.** El objetivo es impulsar intereses científicos compartidos y co-desarrollar técnicas y metodologías.

En el otoño de 2023, diseñamos un sistema de gestión de datos inspirado en las herramientas ya utilizadas por CINDAQ. Apoyamos a Phreatic en la identificación del hardware necesario, colaboramos en la configuración de su NAS (Network Attached Storage) y centralizamos su información —anteriormente distribuida en diferentes plataformas— en un sistema organizado.

En mayo de 2024, Julien viajó a Cerdeña para colaborar con Andrea en el avance de la implementación. Esta fase se centró en identificar con precisión las necesidades de

Phreatic en cuanto a los tipos de datos que recopilan, los usuarios que requieren acceso, y las herramientas y procedimientos operativos estándar necesarios para garantizar que los datos se mantuvieran limpios, seguros y utilizables.

Después de varios días de trabajo, el equipo de Phreatic **contaba con una caja de herramientas completa para acceder a sus datos de forma segura, tanto local como remotamente,** un sistema de doble respaldo, y utilidades de gestión de accesos y contraseñas. También comenzaron a etiquetar su extensa colección de material audiovisual relacionado con la investigación de cuevas subacuáticas, tanto con fines de comunicación como científicos. Además, se estableció una hoja de ruta para el desarrollo de un sistema GIS en el futuro.

Es un verdadero placer para el equipo de CINDAQ colaborar con Phreatic, intercambiando ideas y aprendizajes sobre la exploración y el estudio de cuevas a través de dos continentes. Y, por supuesto, ¡es imposible no disfrutar trabajando en el hermoso entorno de Cerdeña!



BAHAMAS CAVES RESEARCH FOUNDATION (BCRF) ↓

Del 26 de enero al 1 de febrero, **Julien y Sam** visitaron a **Brian Kakuk, de la Bahamas Caves Research Foundation (BCRF), en Abaco, Bahamas**, para ayudar en la instalación y configuración del hardware y software de un sistema de gestión de datos para el archivo histórico de datos recolectados por la BCRF entre 1990 y 2017.

La gestión y seguridad de datos son, sin duda, dos de los aspectos más subestimados y con menos financiamiento dentro de cualquier organización. Sin embargo, **un sistema integral de gestión de datos** no es difícil de implementar con las herramientas y conocimientos adecuados. En CINDAQ, hemos podido diseñar e implementar nuestro propio sistema para lograr que tanto los datos existentes como los nuevos sean organizados, consultables y utilizables. Con esto en mente, recibimos por parte de la BCRF el **objetivo de asistirles en la implementación de un sistema similar** para sus 27 años de datos históricos sobre cuevas en las Bahamas.



Durante los cinco días de trabajo en campo, logramos completar la mayor parte de las tareas previstas, y aún así tuvimos tiempo para realizar tres inmersiones en las hermosas cuevas de Abaco. **Esperamos con entusiasmo seguir colaborando con Brian y la BCRF en el futuro.**

FRENCH INSTITUTE OF PONDICHERRY, INDIA (IFP) ↓

El **Instituto Francés de Pondicherry (IFP), en India**, es una institución dedicada a la investigación y estudios superiores, que refuerza la cooperación entre Francia e India. La biblioteca del IFP posee una rica colección en los campos de la Indología, las Ciencias Sociales y la Ecología, con más de 67,000 libros, 380 tesis y más de 1,600 artículos. Cada año se incorporan aproximadamente 800 libros nuevos a la colección.

Una cantidad creciente de datos valiosos recolectados en campo necesita ser organizada, almacenada y compartida en plataformas digitales para su uso científico. Este **desafío de gestión de datos al que se enfrenta el IFP es muy similar al que CINDAQ ha abordado en los últimos años.**



A solicitud de Blandine Ripert, directora del IFP, y de Thomas Drouin, investigador, Julien ofreció una conferencia en el IFP en junio de 2024, presentando una visión general sobre métodos y herramientas para recolectar, almacenar y compartir datos con fines científicos, utilizando ejemplos del mundo de la exploración de cuevas subacuáticas. Posteriormente, Thomas aplicó estos métodos en su trabajo sobre la *Plantae Malabaricae*, una colección botánica creada alrededor de 1733 durante la Misión Danesa de Tranquebar en Tharangambadi, reorganizando su base de datos e imágenes para facilitar un análisis más eficiente y consultas más efectivas.

Cuando el equipo de CINDAQ desarrolló sus Principios Operativos Estándar y esquemas para la gestión de datos de exploración de cuevas, **ciertamente no imaginamos que terminaríamos ayudando a nuestros colegas a estudiar hojas de palma de un herbario del siglo XVIII.**

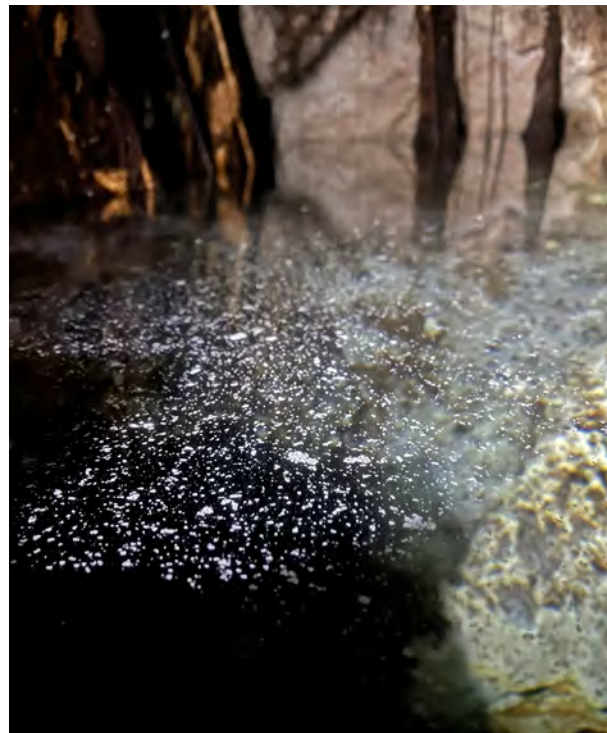
PROYECTO CIENTÍFICO MCEP / CINDAQ - DIC 2024



Otra **semana exitosa de trabajo y diversión** para los 19 voluntarios de 8 países que participaron en el más reciente Proyecto Científico MCEP / CINDAQ, realizado en el centro de buceo Zero Gravity del 2 al 7 de diciembre de 2024.

Los objetivos de los Proyectos Científicos son **contribuir a una mejor comprensión y apreciación de las cuevas** y sus características asociadas, asistiendo en tareas científicas; todo esto mientras se convive, se comparten experiencias y se disfruta del buceo en cuevas con otros buzos entrenados por GUE que comparten la misma pasión. Este trabajo contribuye a publicaciones científicas revisadas por pares y a una base de datos en constante crecimiento sobre el conocimiento relacionado con cuevas.

La semana comenzó con una reunión de introducción, en la que el **Dr. Ed Reinhardt** presentó los logros de proyectos anteriores y



expuso el plan de investigación actual y futura. Chris Le Maillot y Fred Devos explicaron las tareas y la logística necesarias para alcanzar los objetivos establecidos.

A mitad de semana, se ofreció una **presentación de CINDAQ** a cargo de **Fred Devos, Julien Fortin, Andreas Rosland** y el especialista en GIS **Wetherbee Dorshow**, destacando la evolución de 25 años de exploración, así como la gestión y utilidad de los datos generados.

¡Gracias a todos los que participaron!

DATOS CLAVE

- 19 BUZOS VOLUNTARIOS DE GUE
- 8 NACIONALIDADES
- 6 DÍAS DE TRABAJO CIENTÍFICO
- 2 PERFÍLES QUÍMICOS
- 14 TRAMPAS DE SEDIMENTOS REEMPLAZADOS
- 4 SENSORES HOBO ANALIZADOS
- 19 UBICACIONES CON CALCITA VISITADAS



ADEX 2024 - SINGAPUR



Sam y Chris asistieron a TekTalk Asia 2024 como parte del **ADEX Ocean Festival**, celebrado del 12 al 14 de abril. Realizado en Singapur, el ADEX Ocean Festival es un evento anual que reúne a buzos de toda Asia y del mundo. Sam fue invitado a dar una charla sobre el trabajo de CINDAQ, específicamente sobre nuestros 25 años de exploración en Ox Bel Ha. La conferencia fue una excelente oportunidad para conectar —y reconectar— con muchos amigos, fabricantes de equipo, y también para disfrutar de los paisajes de Singapur.

Siempre es un placer viajar a regiones del mundo donde viven grandes amigos. **Estamos muy agradecidos** por la invitación y por el arduo trabajo del equipo de ADEX, así como por la cálida bienvenida de **nuestros buenos amigos Chee Hoon Ong, Gideon Liew, Nora Ismail y Melbin Co**, quienes nos hicieron sentir como en casa en su hermoso país.



UNESCO - RED COLECTIVA DE ONGS



Este año continuamos participando en el grupo de trabajo de las ONG acreditadas. **Gracias al liderazgo de Garry Momber, de la Maritime Archaeology Trust**, se ha logrado avanzar significativamente en nuestros objetivos colectivos. En particular, ha progresado la iniciativa de ONG acreditadas por la UNESCO, que busca apoyar la Década de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, dentro del Programa Marco de Patrimonio Cultural. Este proyecto busca **aprovechar la red colectiva de ONG para contribuir a los objetivos de recopilación de datos, sensibilización y defensa de la protección del patrimonio cultural subacuático**, explorando y documentando la rica historia oculta bajo la superficie del océano; es una forma de destacar los vastos tesoros culturales sumergidos en las aguas del mundo.

El plan incluye el establecimiento de múltiples centros de coordinación global y de financiamiento continuo, con la posibilidad de que CINDAQ funcione como centro regional de ONG en el Caribe. Gracias a Brandon Mason, la base de datos internacional de expertos en Patrimonio Cultural Subacuático de UNESCO ya está disponible en línea:

cindaq.org/unesco-ngos



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación
la Ciencia y la Cultura



La protección del
patrimonio cultural
subacuático

BUENA PRÁCTICA CONVENCIÓN UNESCO 2001 PARA LA PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL SUBACUÁTICO

El sitio web presenta el trabajo de todas las ONG acreditadas y sus áreas de especialización.

Nuestro trabajo este año en los sitios patrimonio mundial de la UNESCO como la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an, Chichén Itzá y La Isabela no hace más que reforzar nuestro compromiso con la colaboración entre UNESCO, el Consejo Científico y Técnico Asesor (STAB), agencias federales y científicos expertos. Esperamos reunirnos nuevamente con nuestros colegas en persona el próximo junio en la reunión de UNESCO en Niza, Francia, para continuar con esta importante labor.

CURSO DE WILDERNESS FIRST RESPONDER (NOLS) ↓



Sam y Julien asistieron a un curso de actualización de Wilderness First Responder (WFR) impartido por la National Outdoor Leadership School (NOLS) en Estes Park, Colorado, durante el mes de septiembre. Esta clase intensiva de dos días es obligatoria para mantener activa la certificación.

Como organización, creemos que mantener actualizadas nuestras habilidades en atención médica de emergencia es fundamental, dada la **naturaleza de alto riesgo de nuestro trabajo** y las experiencias pasadas que hemos tenido con emergencias médicas, tanto menores como graves.

El curso de WFR de NOLS está **diseñado para situaciones en las que el acceso a atención médica se ve retrasado** cuando la comunicación es poco confiable. Es el estándar de la industria

para guías profesionales, líderes de expedición, equipos de búsqueda y rescate, personas que realizan actividades recreativas al aire libre y viajeros internacionales. Como resultado, hemos reforzado nuestros conocimientos y habilidades prácticas para realizar exámenes físicos completos, recolectar el historial del paciente, evaluar signos vitales, proporcionar atención de emergencia en áreas remotas y tomar decisiones críticas de evacuación. Si bien siempre trabajamos para reducir riesgos, nuestra participación en este curso nos **brinda tranquilidad al acceder a áreas más remotas, como la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an.**



ASESORIA EN GESTIÓN DE DATOS AL BFREE ↓

La Belize Foundation for Research and Environmental Education (BFREE) es una ONG beliceña que busca integrar con éxito la investigación científica, la educación ambiental, la conservación y la creación de oportunidades de desarrollo sostenible como medios de vida alternativos para los beliceños. BFREE fue fundada en 1995 con la misión de "conservar la biodiversidad y el patrimonio cultural de Belice". La organización arrienda y gestiona 1,153 acres de selva tropical, ubicada dentro de uno de los mayores bloques continuos de selva tropical del hemisferio occidental.

Desde 2005, Sam ha estado colaborando en proyectos de investigación con BFREE y, en 2023, se incorporó a su junta directiva. Al conocer las capacidades de CINDAQ en gestión de datos y sistemas GIS, la junta de BFREE manifestó interés en explorar cómo podrían **aprovechar nuestra experiencia para crear un sistema similar.**

A inicios de 2024, presentamos nuestro sistema a la junta y actualmente estamos trabajando hacia una alianza en la que CINDAQ brindará asesoría técnica en las áreas de gestión de datos y sistemas GIS. Actualmente, BFREE está construyendo un espacio dedicado para alojar el hardware necesario, el cual se prevé estará listo en 2025. Una vez finalizado, estaremos listos para avanzar con BFREE y colaborar en el **desarrollo de un sistema adaptado a sus necesidades específicas.**



2024: AÑO EN IMÁGENES

Las actividades de filmación en 2024 incluyeron esfuerzos intensivos en la República Dominicana, Punta Pájaros y Tuun Ja, junto con 10 entrevistas formales y tomas adicionales relacionadas con los temas abordados en dichas entrevistas.





Además, se ha vuelto evidente que **CINDAQ puede aprovechar la impresionante imagen visual de los cenotes, cuevas subacuáticas y el emocionante trabajo relacionado que realizamos** para fortalecer nuestras relaciones con aliados externos. Organizaciones como Dell, DroneDeploy, SUEX y Ranchbot, que apoyan nuestro trabajo, pueden vincular sus productos con nuestras imágenes e historias para ampliar su alcance y destacar cómo respaldan a CINDAQ. Esto, a su vez, beneficia a CINDAQ al **incrementar nuestra capacidad de negociación para obtener más apoyo** y ampliar nuestra presencia y proyección global a través de este público más amplio.

Esperamos producir más videos cortos en los próximos meses para destacar estas importantes colaboraciones.

Para aumentar nuestra producción, formalizamos recientemente nuestra colaboración con **Tonatiuh Rangel**, quien se incorpora en una posición de medio tiempo para reforzar la capacidad de CINDAQ en la captura de imágenes en superficie y acelerar la publicación de videos editados profesionalmente. Tona aporta una **gran experiencia y habilidades en video, audio, edición y fotografía**. Con la expansión del equipo, ahora necesitamos un sistema de colaboración efectivo. En el nuevo año, planeamos instalar el hardware necesario y establecer flujos de trabajo que nos permitan maximizar la co-edición y agilizar la retroalimentación en decisiones de edición.



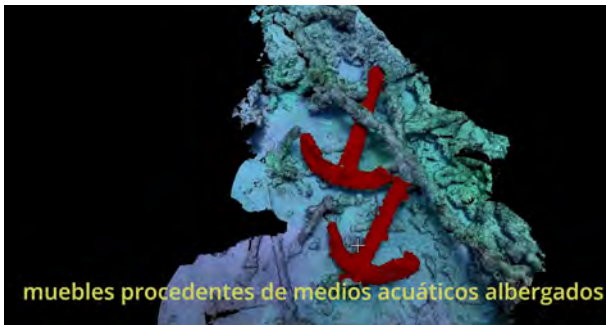
PROYECTOS VIDEOGRÁFICOS



Ox Bel Ha

Imágenes 4K impresionantes del sistema de cueva subacuática más largo del mundo

cindaq.org/obh2024video



muebles procedentes de medios acuáticos albergados

Proyecto UNESCO La Isabela

Un informe visual sobre los objetivos y descubrimientos de este proyecto internacional en la República Dominicana.

cindaq.org/la-isabela

Drone Deploy

Preparación para la exploración y el estudio de este sistema de cuevas remoto en la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an.

cindaq.org/drones



Tuun Ja - Avance

(English & Spanish)

Preparación para la exploración y el estudio de este sistema de cuevas remoto en la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an.

cindaq.org/tuunja2024eng

cindaq.org/tuunja2024esp

Martillo Lítico en Sagitario

(in production)

Helena Barba, jefa de arqueología subacuática en la península de Yucatán, y el destacado paleontólogo Jim Chatters explican la importancia de La Mina y la reciente extracción de tres percutores prehistóricos, ahora exhibidos en el recientemente inaugurado museo de Tulum.

Entrevistas

Se realizaron diez entrevistas formales con el objetivo de establecer una conexión más directa con los temas abordados, aprovechando al máximo nuestro inventario creciente de equipo de filmación.



Juan Carlos Rodríguez Bush - Punta Pájaros ; Nelkis Villaman - UNESCO La Isabela ; Sam Meacham - Ranchbot ; Chris Bierschmidt - Estudio de Virus



Fred Devos - Ranchbot ; Jim Chatters - Martillo Líticos La Mina ; Ivan Álvarez Vargas - Piloto del Helicoptero Tuun Jat ; Helena Barba - Martillo Lítico La Mina

ALIANZAS Y PARTICIPACIÓN COMUNITARIA



En 2024, CINDAQ continuó **fortaleciendo su participación con comités locales y plataformas colaborativas**, compartiendo nuestra experiencia para una gestión sostenible de los recursos hídricos de la región. Participamos activamente ofreciendo asesoría científica y técnica a representantes municipales y estatales, con el firme propósito de mejorar la gestión del agua en la zona.

Nuestra colaboración con la **Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)** siguió siendo un eje central de nuestras actividades, especialmente en la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an. Los informes de proyecto presentados dentro de la reserva han alcanzado ahora los más altos niveles dentro de CONANP, reflejando un compromiso cada vez más profundo. Este año tuvimos el privilegio de continuar explorando Punta Pájaros, por invitación del lodge de pesca Punta Pájaros. También seguimos fortaleciendo nuestros vínculos con socios federales en **INAH-SAS, INAH-Península de Yucatán e INAH-Ciudad de México**, con un enfoque en la colaboración en investigación y conservación.



Nos entusiasma renovar nuestro acuerdo con **Centinelas del Agua** en torno a objetivos compartidos para proteger y restaurar recursos hídricos críticos en la Península de Yucatán. A través de esfuerzos colaborativos que incluyen investigación, iniciativas de conservación y programas de concientización, buscamos promover un enfoque unificado para proteger los cenotes y ríos subterráneos que sostienen la biodiversidad y a las comunidades locales. Asimismo, buscamos establecer nuevas relaciones con organizaciones que comparten estos objetivos, como Cenotes Urbanos y Cenoteando / UNAM Sisal.

Tuvimos el honor de asistir a la 8ª Reunión Regional de Socios de la **Iniciativa Arrecifes Saludables para el Sistema Arrecifal Mesoamericano**, donde intercambiamos experiencias y contribuimos a los esfuerzos conjuntos por proteger el arrecife y los ecosistemas que lo rodean.

FOROS Y SIMPOSIUMS



Asistimos al **Foro de Sostenibilidad de Quintana Roo 2024**, en su edición inaugural, con el tema "Retos y Oportunidades", celebrado el 19 de noviembre en Cancún. El evento incluyó paneles, presentaciones y conferencias que abordaron temas de sostenibilidad ambiental, social y económica. Entre los temas clave se destacaron el desarrollo urbano, la recuperación y protección de playas, la gestión del agua, el blanqueamiento de corales en el Arrecife Mesoamericano y la conservación de especies, con el objetivo de inspirar la replicación de buenas prácticas en distintos sectores empresariales del estado.



Tuvimos también la fortuna de participar en **Reef Futures**, un simposio global dedicado a las acciones necesarias para asegurar la supervivencia de los arrecifes de coral en el próximo siglo. El evento funcionó como un centro de esperanza, acción, oportunidad y diversidad en el campo de la restauración de arrecifes. Este simposio representó una oportunidad invaluable para reconectar con socios locales, regionales e internacionales, fomentando la colaboración y el intercambio de conocimientos para impulsar la restauración de arrecifes a nivel mundial, un esfuerzo íntimamente ligado a la conservación de los ríos subterráneos y el agua de la Península de Yucatán.

PUBLICACIONES Y CONFERENCIAS

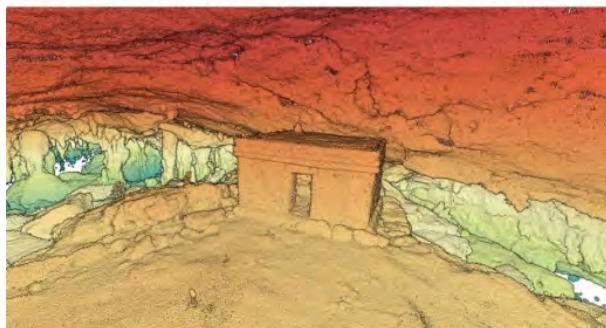


PUBLICACIONES

Las siguientes son publicaciones asociadas directa o indirectamente con CINDAQ en 2024:

Rissolo, Dominique, Scott McAvoy, Helena Barba Meinecke, Holley Moyes, Samuel Meacham, Julien Fortin, Fred Devos, and Falko Kuester (2024). *A Multimodal Approach to Rapidly Documenting and Visualizing Archaeological Caves in Quintana Roo, Mexico*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing, and Spatial Information Sciences Volume XLVIII-2-2024:349-354.

Hui, Nathan, Dominique Rissolo, and Falko Kuester (2024). *Lighting Model for Underwater Photogrammetric Captures*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing, and Spatial Information Sciences Volume



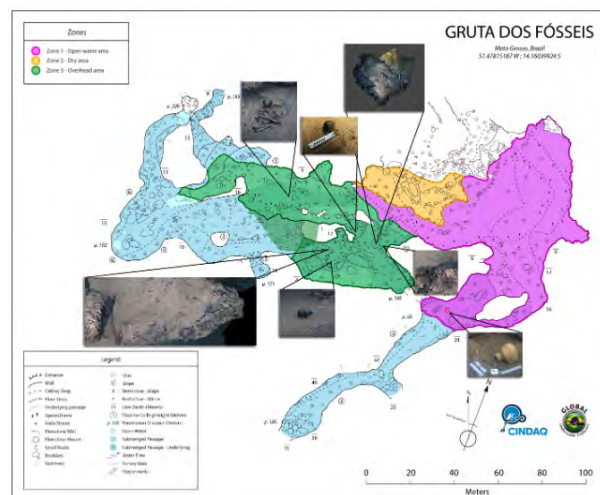
XLVIII-2-2024:153-158.

Menna, Fabio, Scott McAvoy, Erica Nocerino, Beatrice Tanduo, Louise Giuseffi, Alessio Calantropio, Filiberto Chiabrando, Lorenzo Teppati Losè, Andrea Maria Lingua, Stuart Sandin, Clint Edwards, Brian Zgliczynski, Dominique Rissolo, and Falko Kuester (2024). *POSER: an oPen sOURCE Simulation platform for tEaching and tRaining underwater photogrammetry*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing, and Spatial Information Sciences Volume XLVIII-2-2024:265-272.

Lo, Eric, Nathan Hui, Hilda Lozano Bravo, Erica Nocerino, Fabio Menna, Dominique Rissolo, and Falko Kuester (2024). *Evaluation of the accuracy of photogrammetric reconstruction of bathymetry using differential GNSS synchronized with an*

underwater camera. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing, and Spatial Information Sciences Volume XLVIII-2-2024: 211-218.

Sergio Rhein Schirato, Alexandre Jardim,



Christophe Le Maillot, Francisco William da Cruz, Eliane Nunes Chim, André Oliveira Sawakuchi, Thays D. Mineli, Ana C. Borella, Haruan Straioto, Andre M. Strauss, Nicolas Strikis, Luana C. Nicolau, Victor Nery, John Kendall, Julien Fortin, Melissa M. Medina, Rachael Kendall, Samuel Meacham, Susanne Schumacher Schirato, Rodrigo Elias Oliveira (2024). *Early Holocene human occupation in the lowlands of South America- Gruta Azul de Cocalinho, Brazil*. Journal of Historical Archaeology & Anthropological Sciences 9(2):99-108.

Chatters, James C., H. Gregory MacDonald, Blaine W. Schubert, and Joaquin Arroyo Cabrales (2024). *Cenotes, Caves, and Sloths: Pleistocene Sloth Diversity on the Yucatan Peninsula, Mexico and Belize*, Journal of Cave and Karst Studies

PRESENTACIONES EN CONFERENCIAS

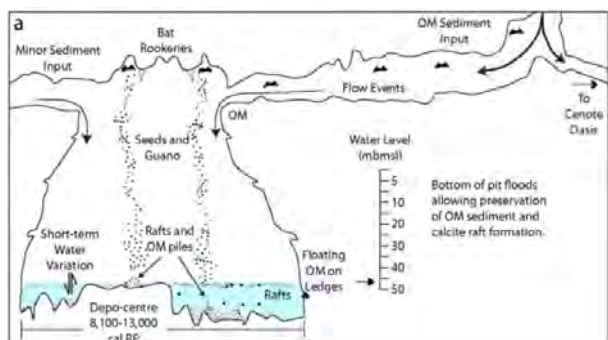
Scott P McAvoy, Dominique Rissolo, Travis W. Stanton, José F. J. Osorio León, Francisco Pérez Ruiz, Falko Kuester (2024). *Chichen Itza 3D Atlas: Change Detection, Visualization, and Archival Systems Enabling Multi-Scalar and Multidisciplinary Analysis and Collaboration*. Paper presented at the 30th Meeting of the European Association of Archaeologists, Rome.

Rissolo, Dominique, James C. Chatters,

PUBLICACIONES Y CONFERENCIAS (CONT.)



Alberto Nava-Blank, Blaine W. Schubert, Joaquin Arroyo-Cabrales, Vid Petrovic, Keila Bredehoeft, Scott McAvoy, Helena Barba Meinecke, and Falko Kuester (2024). *Recent Advances in Visual Analytics and Virtual Access to Submerged Late Pleistocene and Early Holocene Faunal Deposits in the Submerged caves of the Yucatan Peninsula*. Paper presented at the North American Paleontological Convention, Ann Arbor, MI.



Reinhardt, Eduard G., Shawn V. Collins, Shawn E. Kovacs, Teagan Warkentin, James C. Chatters, Alberto Nava Blank, Sang-Tae Kim, and Dominique Rissolo (2024). *Reconstructing Past Groundwater Levels in Hoyo Negro, Sac Actun Cave System, Quintana Roo, Mexico*. Paper presented at the North American Paleontological Convention, Ann Arbor, MI.

Chatters, James C., Blaine W. Schubert, Joaquin Arroyo-Cabrales, and Dominique Rissolo (2024). *Introducing the Hoyo Negro Vertebrate Fauna, Quintana Roo, Mexico*. Paper presented at the North American Paleontological Convention, Ann Arbor, MI.

Schubert, Blaine W., James C. Chatters, Joaquin Arroyo-Cabrales, Joshua X. Samuels, Leopoldo H. Soibelzon, Francisco J. Prevosti, Damian Ruez-Ramoni, Lars Werdelin, Steven C. Wallace, and Dominique Rissolo (2024). *Exceptional Records of Extinct Carnivorans (Arctotherium, Protocyon, and Smilodon) from Submerged Caves of the Yucatan Peninsula*. Paper presented at the North American Paleontological Convention, Ann Arbor, MI.

McAvoy, Scott, Dominique Rissolo, Travis Stanton, Jose Francisco Osorio Leon, and Francisco Perez Ruiz (2024). *Chichen Itza*

3D Atlas. Paper presented at the 89th Annual Meeting of the Society for American Archaeology, New Orleans, LA.



Rissolo, Dominique, and Patricia A. Beddows (2024). *A Review of Paleocoastal Research on the Yucatan Peninsula*. Paper presented at the 57th Annual Conference on Historical and Underwater Archaeology, Oakland, CA.

Scott P. McAvoy, Dominique Rissolo, Dave Conlin, Brett Seymour, Falko Kuester (2024). *A Visual Archive for 3D Submerged Heritage Data*. Paper presented at the 57th Annual Conference on Historical and Underwater Archaeology, Oakland, CA.

Arroyo Cabrales, J., B. W. Schubert, M. T. Alberdi, V. M. Bravo-Cuevas, E. Jimenez-Hidalgo, S. C. Wallace, C. Widga, and J. C. Chatters. 2024 *Ungulates and Proboscideans from Cenote Hoyo Negro, Quintana Roo, Mexico*. University of Michigan Museum of Paleontology, Papers on Paleontology No 39: 108. Ann Arbor.

Chatters, J. C., H. G. McDonald, B. W. Schubert 2024 *A highly diverse assemblage of giant ground sloths from Hoyo Negro, Quintana Roo, Mexico*. 12th North American Paleontological Convention Program with Abstracts, University of Michigan Museum of Paleontology, Papers on Paleontology no. 39: 145-146. Ann Arbor.

McDonald, H. G., J. C. Chatters, T. J. Gaudin, B. W. Schubert, and J. Arroyo-Cabrales 2024 *Update on the extinct sloth Nohochichak and its relationship to Pleistocene sloth diversity of the Yucatan Peninsula*. 12th North American Paleontological Convention Program with Abstracts, University of Michigan Museum of Paleontology, Papers on Paleontology no. 39: 303-304. Ann Arbor.

PRESENTACIONES Y CHARLAS



Jan. Brooks School - Sesión intersemestral de Enero ' Clase de Budeo - Virtual

Feb. "Taller reflexivo sobre la conservación del sistema hidrológico y arrecifal que da vida a Sian Ka'an" enmarcado en los 38 años de la creación de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an y el Día internacional del Arrecife Mesoamericano - Virtual

Abr. ADEX Show

May Ministerio de Cultura, República Dominicana

Jun. Institut Français de Pondicherry, India

Sept. Presentación al staff de Punta Pájaros

Sept. Presentación a los huéspedes de Punta Pájaros



DEDICACIÓN: BIL PHILLIPS



Al estar llegando al final del proceso de actualización de la exploración de Ox Bel Ha y expandir nuestros esfuerzos hacia otros sistemas de cuevas de la región, es imposible no reconocer el profundo impacto que una sola persona tuvo en la exploración del buceo en cuevas en esta zona. **¡Bil Phillips estuvo en todas partes!**

Desde nuestros primeros días trabajando junto a Bil en Aquatech Villas DeRosa, lo llegamos a conocer no solo como un gran buzo (¡y percusionista!), sino también como alguien con un agudo sentido del humor y una pasión por la exploración igual de grande a la nuestra. Esa pasión compartida llevó a la formación del Grupo de Exploración Ox Bel Ha (GEO) a mediados de los años noventa, y a innumerables inmersiones y campamentos base que emprendimos juntos, **ampliando los límites de lo que sabíamos sobre el sistema Ox Bel Ha.**

Hoy, tristemente, Bil ya no está, **pero su legado sigue vivo.** A medida que actualizamos los pasajes de Ox Bel Ha, Sac Actun y muchas otras cuevas, seguimos encontrándonos con sus distintivos marcadores de línea Mr. Bil, sin mencionar alguna que otra huella de aleta o de rodilla cercana, como si fueran las pisadas que los astronautas dejaron en la Luna. Aunque extrañamos a Bil y quisiéramos poder compartir con él nuestros avances, no podemos evitar sentir que, de alguna manera, aún está con nosotros, guiándonos hacia adelante.



RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS



Estamos agradecidos por el apoyo
que recibimos en 2024 de::

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 & Lisetta Hansen, Mike & Meg Cohen, Jamie Rotenberg & Vibeke Olson

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, Benjamin Meacham, Matteo Meacham, Natalie Compton

El Ejido Jose Maria Pino Suarez

Ing. Antonino Almazán
Sra. Ana Luiza Almazán Arteaga, Miguel Velázquez Nieva, Paola Montiel, Juan Pastor Almazán Arteaga, Juan Alberto Nieto

Friends of Mexican Development Foundation

Emily Grand

CONANP

Biol. Angel Omar Ortiz Moreno
Biol. Oscar Guzmán
MEP Eduardo Chaires Montecinos

INAH SAS

Dr. Roberto Junco Sanchez
Arq. Helena Barba-Meinecke

INAH Yucatan

Arq. Jose Francisco Osorio
Arq. Francisco Perez 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 Cultural Heritage Engineering Initiative

Dr. Falco Kuester, Dr. Dominique Rissolo
Eric Lo, Scott McAvoy, Vid Petrovic

UC Riverside

Dr. Travis Stanton

Earth Analytic Inc

Dr. Wetherbee Dorshow

McMaster University

Dr. Eduard Reinhardt

Casa Blanca & Playa Blanca Fly Fishing Lodges

Roberto Hernández, Claudia Madrazo

Alberto Labastida

Juan Carlos Rodríguez, Jesus 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, Ortega y Adolfo Ruiz Fundación Selva Maya AC

Equipo de Exploración y Re-exploración 2024

Sigurd Bowitz, Laurent Dahan, Fred Devos, Kirill Egorov, Gustavo Fragoso, Julien Fortin, Mark Garland, Osama Gobara, Jose Luis Hernandez, John Kendall, Kyungsoo Kim (Jerry), Chris Le Maillot, Gideon Liew, Casey McKinlay, Robert Lourie, Sam Meacham, Sven Nelles, Alison Perkins, Andreas Rosland, Cameron Russo, Sabine Sidi-Ali, Håvard Sørbo, Su Eun Kim (Sue)

Participantes Proyecto Científico MCEP / CINDAQ Diciembre 2024

Chris Beierschmidt, Ian Fisher, Osama Gobara, Herwig Hoffman, Yoshitaka Isaji, Robert Jahn, Sebastian von Koss, Chris Le Maillot, Roman Mikhailov, Viktoriia Mitina, Sven Nelles, Annika Persson, Sarah Schwer, Kai Schychowski, Sabine Sidi-Ali, Alex Vronsky, Joanna Weil

Créditos Fotos

Fred Devos, Kirill Egorov, Julien Fortin, Su Eun Kim, Chris Le Maillot, Sam Meacham, Alison Perkins, Mauricio Ramos, Dominique Rissolo





CINDAQ
Surfacing Vital
Knowledge



Si tienes alguna pregunta o deseas apoyarnos, no dudes en contactarnos a:
outreach@cindaq.org

Reports CINDAQ 2024

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

Facilitar la **investigación**, promover la **educación** y apoyar la **conservación**
de los recursos naturales y culturales asociados
a los cenotes y ríos subterráneos de Quintana Roo, México.