

INFORME TRIMESTRAL NARRATIVO

(OCTUBRE-DICIEMBRE) 2025

• Proyecto

– Monitoreo *in situ* de la calidad del agua en bahías cubanas: creando y promocionando el uso de herramientas científicas

• Instituciones que participan

- Universidad de La Habana (UH).
- Universidad Libre de Bruselas(Bélgica).

• Instituciones que cooperan

- Centro de Investigación y Manejo Ambiental del Transporte (CIMAB).
- ESPOLETA Tecnologías(MiPyMe).

• Otras Instituciones que colaboran

- Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae).
- Grupo Estatal de manejo de la Bahía de La Habana.
- Universidad Católica de Lovaina.

• Coordinadores del Proyecto

Por la parte cubana: Dr. C. Ernesto Altshuler Álvarez

Por la parte extranjera: Dr. Denis Terwagne

• Participantes

– Dra. Geydis Fundora Nevot, Dra. Florence Degavre, Dr. Stamatios Nicolis, Dr. Alexandre Campo, Lic. Daniela Martínez Ortiz (doctorante), Ing. Alex Rivera Rivera (doctorante), MSc. Luis Abel Rodríguez de Torner (doctorante), Dra. Aramis Rivera Denis, Ing. Orestes Chávez Linares, Dr. Dayaris Hernández.

• Duración

- Cinco años

• Objetivo General

– Proveer al ecosistema científico-social cubano de una colección de herramientas que permita el monitoreo in situ y continuo de parámetros de calidad del agua en bahías cubanas, con carácter sostenible y vinculado a las comunidades locales.

• **Objetivos específicos**

- Diseñar y construir un canal de olas en la facultad de Física de la UH
- Diseñar y construir un modelo de boya
- Montaje de un servidor con un sitio web de recepción de datos desde las boyas y desde la comunidad
- Establecimiento de una metodología para el uso de las boyas
- Entrenamiento de los recursos humanos correspondientes

• **Cumplimiento de los objetivos trimestrales:**

Objetivo 1. Elaboración de lista de compras del Segundo año, gestiones aduanales, y recepción de equipos

Se había logrado el autorizo de importación, por la parte cubana, del primer contenedor proveniente de la Universidad de Bruselas. Sin embargo, las formalidades por la parte belga también han tomado demasiado tiempo, de modo que esperamos el arribo del contenedor dentro del primer cuatrimestre del 2026.

El primer cargamento proveniente de Panamá fue extraído exitosamente de los almacenes de Guanabacoa. Este incluía cuatro bicimotos, una planta eléctrica y 1 espectrofotómetro. Éste último fue instalado en el Laboratorio de Ingeniería de Zeolitas (IMRE) con la supervisión de la Dra. Aramis Rivera y la Dra. Dayaris Hernández, además de E. Altshuler.

Durante el último trimestre, se continuó llevando a cabo una negociación constante con proveedores y suministradores de equipos especializados para el segundo contenedor proveniente de Bélgica y el segundo cargamento desde Panamá.

Tras múltiples gestiones (que involucraron la contratación de un proyecto de colocación de la alarma) se logró extraer la caja de la alarma de la Aduana a principios de septiembre de 2025. Se comenzó el proceso de instalación de la misma por parte de los propios miembros del proyecto, con la ayuda de estudiantes, pero hasta el momento ha sido imposible completar la faena, por problemas técnicos.

Finalmente, vale aclarar que E. Altshuler realizó personalmente las difíciles y prolongadas gestiones para lograr inscribir el triciclo eléctrico adquirido con el proyecto, a su nombre. Este es sólo el primer paso de un largo proceso para que el triciclo finalmente sea inscrito a nombre de la Universidad de la Habana, por el que estamos solicitando todo el apoyo posible por parte de la Universidad de La Habana.

Objetivo 2. Detección y toma de medidas para contrarrestar vulnerabilidades en el edificio de Física, que ponen en peligro el proyecto.

Vale aclarar aquí que se ha estado luchando por eliminar las vulnerabilidades del edificio de Física en la colina de la Universidad de La Habana, donde múltiples ventanas en pésimo estado debido al ataque de las termitas facilitan el paso de delincuentes. Es una situación **MUY**

GRAVE. Las acciones han comenzado por una carta a la Decana de Física que, a su vez, escribió un reclamo a la Rectora de la Universidad de La Habana. Si estas vulnerabilidades (especialmente en las ventanas de la planta baja) no son resueltas a tiempo, se pone en muy serio peligro la integridad física de la inversión material asociada al proyecto belga. Este es un asunto de la **MAYOR IMPORTANCIA y URGENCIA**, que podría poner en tela de juicio nuestra capacidad de llevar adelante el proyecto ARES.

• *Objetivo 3. Continuación de instrumentalización para las mediciones in situ.*

A lo largo del período, se realizaron múltiples pruebas alrededor del sistema de comunicación de las boyas, basado en el protocolo LoRa, en los que participaron los doctorantes Alex Rivera, Daniela Martínez y Luis Abel Rodríguez, además del estudiante de Ciencias de la Computación Raciél Pupo. En especial, se comprobó en tierra la resiliencia del sistema de comunicación con baterías de 12 volts para minimizar el efecto de los apagones sistemáticos que sufre el país para apagones de corta duración. Sin embargo, no son capaces de soportar apagones múltiples de mayor duración que han estado ocurriendo hacia fines del 2025, de modo que el sistema estuvo inoperante durante el fin del año 2025, y sigue inoperante.

Especialmente durante su estancia doctoral en la Universidad Libre de Bruselas, los doctorantes Alex Rivera y Daniela Martínez lograron notables avances en dos renglones clave (Ver Figura más abajo):

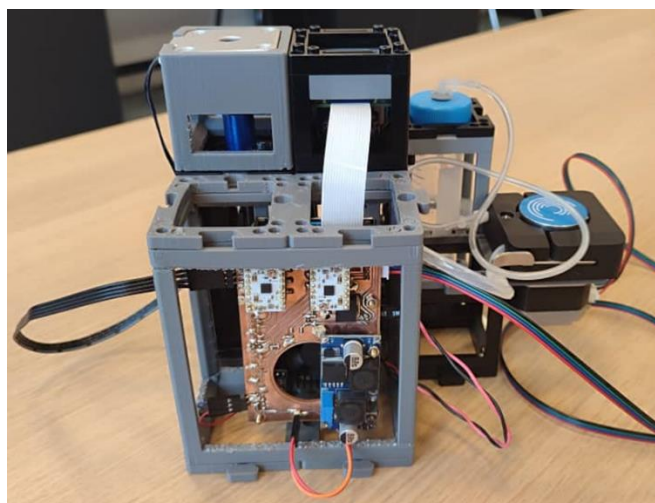
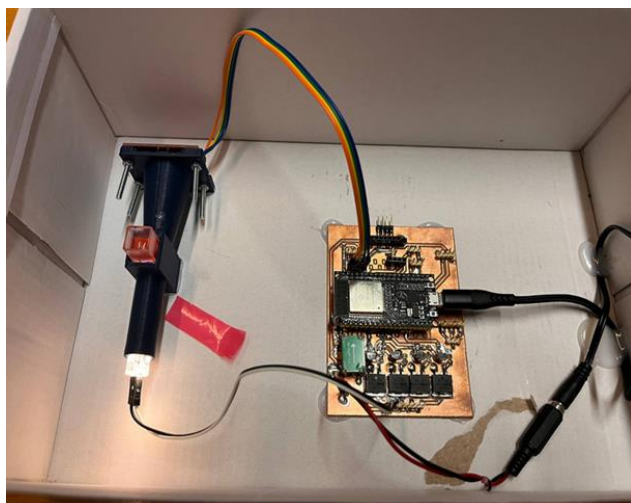
- a) Diseño y construcción de varios prototipos de espectrofotómetros portátiles para la realización de mediciones de la calidad de agua marina *in situ*.
- b) Diseño y construcción de un prototipo de microscopio portátil con incorporación de inteligencia artificial, para la realización de mediciones de la calidad de agua marina *in situ*.

Adicionalmente, el licenciado en Física Marlon-Mederos continuó pruebas tanto en el laboratorio como en las aguas de la bahía de la Habana, sobre la posibilidad de utilizar la intensidad de recepción de la señal LoRa como parámetro de medición de la conductividad/salinidad del agua en forma inalámbrica. Las pruebas siguen avanzando, aún sin resultados definitivos o publicables.

• *Objetivo 4. Realización de labores académicas por parte de los doctorantes involucrados en el Proyecto*

La doctorante Daniela Martínez pasó exitosamente el curso de fabricación digital en la Universidad Libre de Bruselas, y expuso su proyecto final (microscopio inteligente).

Además, todos los doctorantes participaron en la escritura de un artículo de revisión sobre la medición *in situ* de la calidad del agua marina, que ha de ser enviado a publicación en la primera mitad de 2026.



Prototipos de nuevos equipos para mediciones *in situ* de la calidad del agua marina, realizados por los doctorantes Alex Rivera y Daniela Martínez-Ortiz. Izquierda: Uno de los prototipos de espectrofotómetro de bajo costo. Derecha: Prototipo de microscopio de bajo costo, que incorpora inteligencia artificial.

Objetivo 5. Estudios preliminares sobre el efecto del cobre en la corrosión marina

Con la colaboración del doctorante Luis Abel Rodríguez, se realizaron ensayos preliminares en la bahía de la Habana que sugieren que la malla de cobre es capaz de detener en notable medida la colonización por entes biológicos (*biofouling*) de sensores en el ambiente marino, a aproximadamente un metro bajo la superficie.

• Objetivo 6. Continuar la investigación dentro de las ciencias sociales

Durante el período analizado, se ha avanzado en el objetivo de la tesis de doctorado de Mayelín García (CIMAB) relacionado con identificar las necesidades y expectativas de los actores sociales en términos de conocimientos, comunicación y participación, relacionados con la calidad del agua en la Bahía de La Habana. Se ha continuado con las encuestas en las comunidades, así como contactos con proyectos de fabricación digital, como el de “Espacios Creativos”, que se articula con nuestro propio proyecto. En estas actividades participaron la Dra. Geydis Fundora y la doctorante Mayelín García.

Atentamente,

Dr.C Ernesto Altshuler

Director del proyecto por la parte cubana