



*Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)*

## **Informe de Progreso Anual**

**Poyecto:** *Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)*

**Periodo de Reporte:** Enero 2024 –Diciembre 2025



*Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)*

## Contents

|              |                                                                                                                                         |           |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>I.</b>    | <b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>                                                                                                           | <b>1</b>  |
| <b>II.</b>   | <b>DETALLES DEL PROGRESO .....</b>                                                                                                      | <b>3</b>  |
| <b>1.</b>    | <b>Atlas de hábitat de los ecosistemas marinos de Cuba elaborado. ....</b>                                                              | <b>3</b>  |
| 1.2-         | Establecimiento de capacidades nacionales para el tratamiento de imágenes satelitales y mapeo, usando software de detección remota..... | 3         |
| 1.3-         | Curso Nacional Validación de mapas de hábitat .....                                                                                     | 8         |
| 1.4-         | Adquisición de equipamiento e insumos para campañas de caracterización de cobertura y tipo de biotopos en áreas seleccionadas. ....     | 9         |
| 1.5-         | Adquisición de insumos para campañas de caracterización de cobertura y tipo de biotopos en áreas seleccionadas. ....                    | 9         |
| 1.6-         | Campañas de monitoreos y muestreos de biotopo en sitios seleccionados.....                                                              | 10        |
| 1.7-         | Reproducción e impresión de mapas y productos de comunicación.....                                                                      | 14        |
| 1.8-         | Taller Nacional "Vulnerabilidad de los ecosistemas de arrecifes de coral en Cuba: presente y futuro". Reunión Final Componente.....     | 15        |
| <b>2.</b>    | <b>Atlas de factibilidad de uso de corrientes marinas para generación de energía eléctrica en Cuba elaborado y en aplicación.....</b>   | <b>15</b> |
| 2.1-         | Establecimiento de capacidades nacionales para la corrida de modelos de alta resolución.....                                            | 15        |
| 2.2-         | Establecimiento de capacidades nacionales para la adquisición experimental de datos de corrientes usando APDC. ....                     | 16        |
| 2.3-         | Campaña de monitoreo para despliegue de medidores de corriente. ....                                                                    | 16        |
| 2.4-         | Impresión de mapas de factibilidad de uso de corrientes marinas para generación de energía eléctrica en Cuba.....                       | 17        |
| 2.5-         | Taller final del componente.....                                                                                                        | 17        |
| <b>III.</b>  | <b>MARCO DE RESULTADOS ACTUALIZADO .....</b>                                                                                            | <b>18</b> |
| <b>IV.</b>   | <b>ANÁLISIS DE RIESGOS ACTUALIZADOS .....</b>                                                                                           | <b>21</b> |
| <b>V.</b>    | <b>PLAN DE TRABAJO PLURIANUAL .....</b>                                                                                                 | <b>24</b> |
| <b>VI.</b>   | <b>LECCIONES APRENDIDAS .....</b>                                                                                                       | <b>27</b> |
| <b>VII.</b>  | <b>CONCLUSIONES .....</b>                                                                                                               | <b>28</b> |
| <b>VIII.</b> | <b>ANEXOS .....</b>                                                                                                                     | <b>29</b> |



## **I. RESUMEN EJECUTIVO**

Durante el período de reporte, el proyecto ha mostrado avances significativos en ambos componentes técnicos, a pesar de enfrentar limitaciones externas relevantes, fundamentalmente asociadas a la inestabilidad del suministro eléctrico, restricciones económicas nacionales, demoras en los procesos de importación y retrasos en la recepción del segundo tramo de financiamiento.

En el Componente 1, orientado a la elaboración del Atlas de hábitat de los ecosistemas marinos de Cuba, se fortalecieron las capacidades nacionales para el procesamiento de imágenes satelitales y el mapeo de hábitats marino-costeros mediante el uso de software de detección remota. Se recibieron y procesaron imágenes satelitales de alta y muy alta resolución (Sentinel-2, GEOEYE-1, WorldView-2, WorldView-3 y Pléiades Neo), lo que permitió avanzar en la actualización de la línea de costa cubana y en la generación de mapas experimentales de biotopos marinos en áreas piloto de alto interés ambiental y socioeconómico. Se desarrollaron metodologías de preprocesamiento, clasificación supervisada y posprocesamiento, destacándose el uso de los algoritmos Maximum Likelihood y Random Forest, con mejores resultados preliminares para este último.

Asimismo, se ejecutaron campañas de monitoreo y validación en campo en diferentes regiones del país (Cayo Santa María, Rancho Luna, Ciénaga de Zapata, Guanahacabibes y litoral de Santiago de Cuba), incorporando técnicas innovadoras para la adquisición de imágenes subacuáticas georreferenciadas. Estos esfuerzos han permitido identificar limitaciones asociadas a la disponibilidad de puntos de validación, condición que se reconoce como prioritaria para mejorar la exactitud de los productos cartográficos finales.

Como parte del fortalecimiento de capacidades humanas, se desarrolló el Curso Nacional de Validación de Mapas de Hábitat, con participación de múltiples instituciones nacionales, lo que permitió avanzar en la estandarización de metodologías, leyendas cartográficas y estrategias de validación. De igual forma, se completó la adquisición y puesta en operación del equipamiento esencial para las actividades de campo y procesamiento de información.

En el Componente 2, enfocado en la elaboración del Atlas de factibilidad del uso de corrientes marinas para la generación de energía eléctrica, se consolidaron capacidades para la modelación numérica de alta resolución mediante los modelos MITgcm y DELFT3D, así como para la adquisición experimental de datos oceanográficos. Se realizaron campañas exitosas de despliegue y recuperación de medidores de corrientes (ADCP), obteniéndose registros validados de corrientes y mareas en la Bahía de Cienfuegos, cuyos resultados constituyen una base sólida para la validación de los modelos numéricos. Además, se recopilaron variables físicas complementarias (temperatura, salinidad y clorofila) con apoyo del cofinanciamiento nacional.

No obstante, ambos componentes presentan retrasos en la culminación de los mapas y en la reproducción de productos finales, fundamentalmente debido a la inestabilidad energética y a



***Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)***

las limitaciones en el acceso continuo a medios de cómputo, lo que ha requerido la reprogramación de varias actividades para los períodos 2026–2027.

En términos generales, el proyecto ha logrado avances sustanciales en el fortalecimiento de capacidades nacionales, la adquisición de tecnologías clave y la generación de información científica relevante. Sin embargo, la culminación de los resultados previstos depende de la recepción del segundo tramo de financiamiento y de la continuidad de las campañas de validación y procesamiento de información. La extensión del proyecto permitirá consolidar los productos finales y garantizar su aplicación efectiva en la gestión ambiental y energética del país.



## **II. DETALLES DEL PROGRESO**

### **1. Atlas de hábitat de los ecosistemas marinos de Cuba elaborado.**

1.2- Establecimiento de capacidades nacionales para el tratamiento de imágenes satelitales y mapeo, usando software de detección remota.

Durante la etapa se recibieron todas las imágenes de alta resolución que ENEA había comprometido durante la estancia de los especialistas cubanos en Italia en 2023. Estas cubren los territorios donde se trabaja a una escala más detallada (cayos del NE de Villa Clara y la zona costera de Cienfuegos). Provenientes de los satélites GEOEYE-1, WorldView-2, WorldView-3 y Pleiades Neo, se poseen imágenes multispectrales y pancromáticas de ambas zonas con resoluciones espaciales entre 2 y 0.5 m.

Como resultado del taller de capacitación e intercambio técnico entre especialistas de la ENEA, el CEAC y de áreas protegidas seleccionadas en Cuba para la validación de los mapas, se trazaron las estrategias de trabajo coordinadas para actualizar la línea de costa cubana. La necesidad de contar con el litoral vectorizado del archipiélago cubano, para definir el espacio de trabajo de los mapas de hábitats a desarrollar en la plataforma somera (0-30 m), condujo en la primera etapa del proyecto a la búsqueda de referencias/fuentes oficiales anteriores que sirviera de punto de partida. La escasez de fuentes públicas en formato vectorial y algunas deficiencias detectadas en las que obtuvimos para la escala de trabajo del proyecto, determinó que el equipo de trabajo decidiera definir una línea de costa actualizada utilizando el Google Earth Engine (GEE), con una rutina sencilla y pública que permite detectar los límites tierra-agua, a partir del procesamiento de imágenes Sentinel 2, de la Agencia Espacial Europea (ESA).

Este proceso automatizado, ejecutado desde los laboratorios de la ENEA (fig.1), se sometió a un post procesamiento (automático y manual), eliminando errores, interferencias y artefactos típicos que resultan en este tipo de operaciones donde se trabajan numerosas imágenes en diferentes momentos para una extensión como esta. En la etapa del proyecto que se resume, se logra obtener el vectorial de la línea de costa (fig.2), con nuevas métricas, actualizadas a partir de imágenes del 2024.



*Figura 1. Raster obtenido directamente del procesamiento con GEE*



**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**



*Figura 2. Producto final para línea de costa de Cuba (vectorial)*

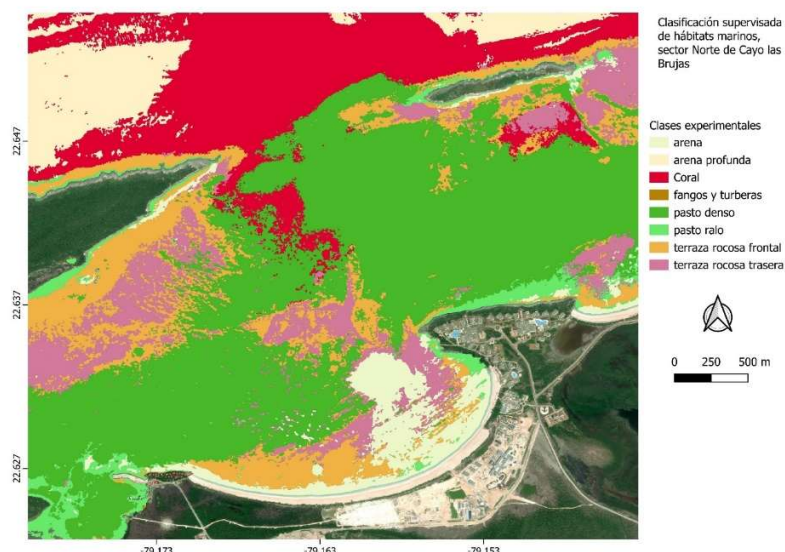
A partir de las imágenes de alta resolución suministradas por la ENEA (fig.3), se ha comenzado a elaborar los mapas con clases experimentales que se ajusten a los hábitats que mejor concuerdan con la realidad que muestra el fondo (fig.4). El proceso se ha realizado con reiterados ajustes a partir de nuevas regiones de interés (ROI) que se introducen en la clasificación supervisada. Esto ha sido posible por las numerosas salidas a campo con el nuevo motor fuera de borda adquirido por el proyecto, permitiendo la ejecución semanal de validaciones/controles que mejoran la precisión del producto aún no terminado en la ventana de validación propuesta. A continuación, un ejemplo del resultado que se va logrando en este sentido:



*Figura 3. Imagen de alta resolución (GEOEYE-1) en la ventana de validación Cayo Santa Maria*

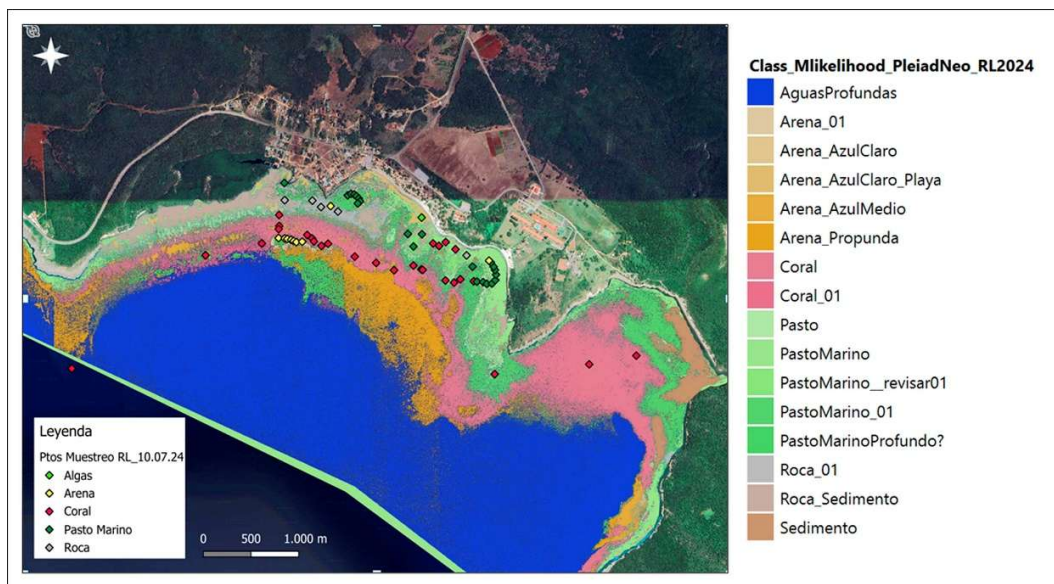


**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**



*Figura 4. Ejemplo del resultado no conclusivo obtenido (mapa de hábitats) en la ventana de validación Cayo Santa Maria.*

La figura 5 muestra el mapa de Biotopos de Rancho Luna, Cienfuegos realizado con el software ENVI. Este resultado fue obtenido a partir de una imagen de muy alta resolución Pléiades Neo de 30 cm de resolución, aplicando el método de clasificación Maximun Likelihood (ML). Se clasifican los biotopos: Coral, Arena, Pasto Marino, Roca y Sedimento. La limitación en este caso es que requiere mayor cantidad de punto de validación.



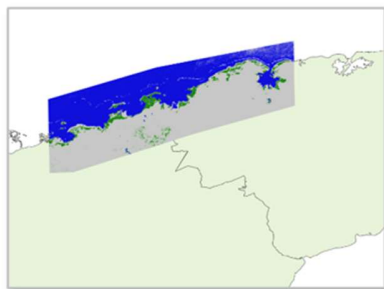
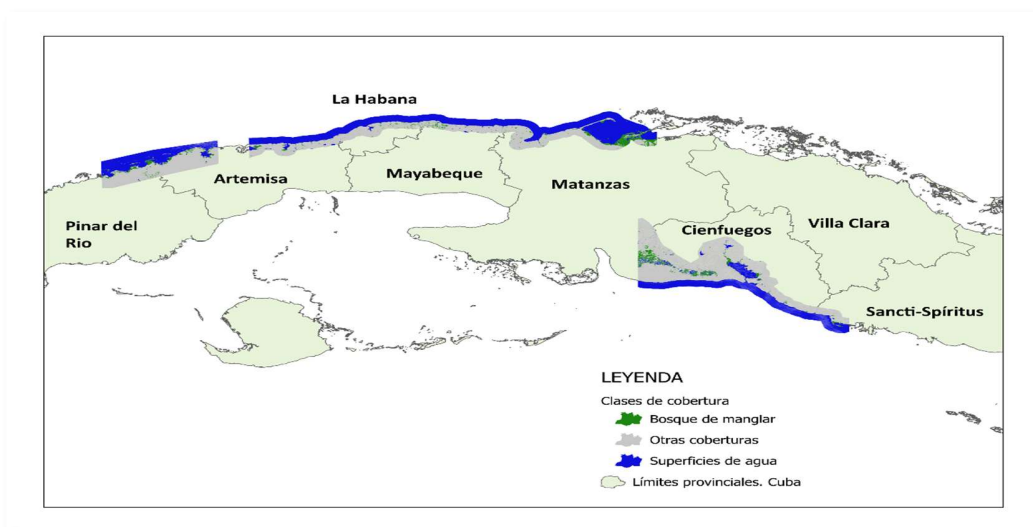
*Figura 5. Mapa Biotopos marinos de Rancho Luna. Cienfuegos.*

Para la confección de los mapas nacionales se utilizan 27 imágenes satelitales Sentinel-2 del 2025 del sitio de Copernicus, 14 de la costa norte y 13 de la costa sur. Estas imágenes son de nivel L2,

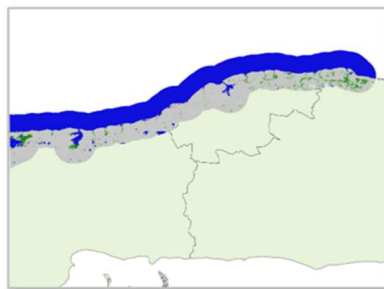


**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**

con alta calidad y despejadas de nube en las zonas de estudio, lo que permitirá obtener resultados más actualizados. Sólo la provincia Cienfuegos y el municipio especial Isla de la Juventud, no tienen imágenes viables de 2025, sin embargo, para Cienfuegos, se cuenta con imágenes provenientes de los satélites GEOEYE-1, WorldView-2, WorldView-3 y Pleiades Neo aportadas por la ENEA. Hasta la fecha se elaboran mapas de biotopos en diferentes sectores de la costa cubana (fig.6).



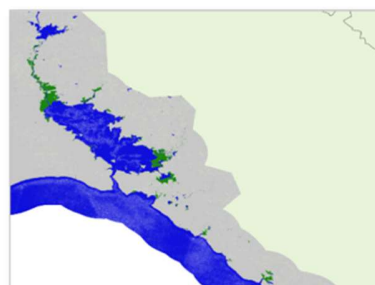
A



B



C



D



**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**

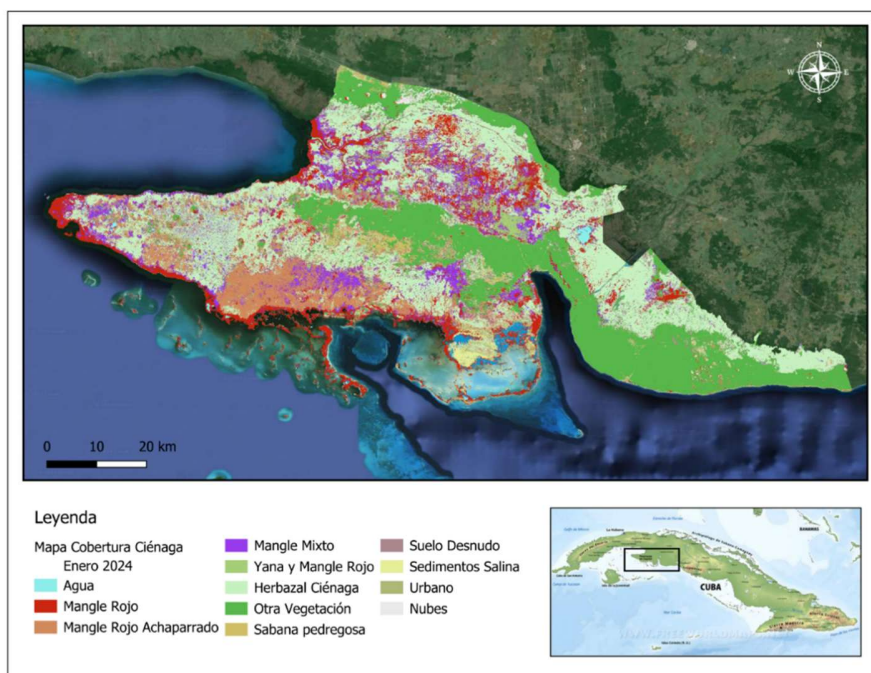
*Figura 6. Cobertura de manglares en diferentes sectores de la costa Norte y sur de Cuba determinadas a partir de imágenes Sentinel-2. Resultados sin posprocesamiento. Sector A: Guanahacabibes. Pinar del Río - Artemisa; Sector B: Artemisa – La Habana – Mayabeque; Sector C: Mayabeque – Matanzas. Sector D: Cienfuegos*

La figura 7 muestra el Manglar de la Ciénaga de Zapata con resolución de 10m, utilizando Google Earth Engine. Resultado obtenido con la media de las mejores imágenes Sentinel-2A y de alta resolución, de enero a mayo de 2024, con un mínimo de cobertura de nubes ( $\leq 1\%$ ). Aplicando el algoritmo de clasificación supervisada Support Vector Machine SVM), se obtuvo un 82.35 % de exactitud en la clasificación.

**Limitación:** Se utilizaron muy pocos puntos (píxeles puros) para realizar la clasificación. Se requiere mayor cantidad de puntos de validación de campo para mejorar la clasificación y la exactitud.

**Resultado valioso:** Se diferencia el mangle rojo del achaparrado y otras especies.

**Nota:** Este mapa se diseñó con el propósito de obtener el manglar para los estudios de carbono. Aunque, con vistas a optimizar y aprovechar los recursos de cómputo, se clasificaron todas las clases de Cobertura del Suelo típicas de la región, de las que había píxeles puros. Esto ha sido posible por la colaboración con los especialistas del servicio Estatal Forestal de la Ciénaga, que aportaron su experiencia y datos valiosos sobre el territorio. De esta capa se extraen entonces los manglares.





*Figura 7. Mapa de Cobertura de la Ciénaga de Zapata*

Se ha confeccionado la metodología para el procesamiento de las imágenes Sentinel-2. La metodología se basa en el uso del software SNAP versión 11 para el preprocesamiento y clasificación de las imágenes, mientras que el posprocesamiento se realizará con el software QGIS versión 3.34.11 Prizren. SNAP es un software libre de pago, diseñado por la Agencia Aeroespacial Europea (ESA) para procesamiento de las imágenes de su flota de satélites Sentinel. Es un software robusto, al igual que el ENVI que por el contrario es un software privativo del cual no tenemos licencia.

En la etapa de preprocesamiento de las imágenes se confecciona un buffer de 5 km a partir de la línea de costa. Utilizando como referencias las capas vectoriales de estudios previos de los humedales de Cuba de Menéndez (2013)<sup>1</sup> y el mapa de vegetación de Estrada et al. (2013)<sup>2</sup>. La clasificación se realiza con los métodos de clasificación supervisada de Maximum Likelihood (ML) y Random Forest (RF). Con este último se están obteniendo los mejores resultados.

Para mayor detalle del trabajo realizado con los especialistas de la ENEA consultar Anexo 1.

A pesar del trabajo realizado, la inestabilidad del suministro eléctrico aportado por el sistema eléctrico nacional limita el uso de los medios de cómputo. En particular, durante el análisis y procesamiento de imágenes satelitales para la creación de mapas de hábitats marinos costeros y el cálculo mediante modelos matemáticos de alta resolución, para la creación de mapas del potencial de las corrientes marinas como fuente de energía. Estos resultados han sufrido retrasos en su elaboración (Riesgo 6, Informe de progreso anual octubre de 2022 a diciembre de 2023).

### 1.3-Curso Nacional Validación de mapas de hábitat

Se desarrolló durante los días 11 al 15 de marzo del 2024 en el Hotel Dhawas, Cayo Santa María. En el taller participaron representantes de diversas instituciones cubanas pertenecientes al Ministerio de Ciencias Tecnología y Medio Ambiente, la Empresa Flora y Fauna, la Fundación Antonio Núñez Jiménez para la Naturaleza y el Hombre, el Grupo Empresarial Gaviota y representantes de la ENEA.

Como resultado del taller se tomaron 5 acuerdos encaminados a la estandarización de metodologías para la elaboración de los mapas, el uso de leyendas, los métodos de clasificación, el diseño de los mapas y las fechas de las campañas de validación.

---

<sup>1</sup> Menéndez (2013): *El ecosistema de manglar en el archipiélago cubano. Bases para su gestión*. Universidad de Alicante. [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/35983/1/tesis\\_ledamiquelina\\_menendez.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/35983/1/tesis_ledamiquelina_menendez.pdf)

<sup>2</sup> Estrada et al. (2013): Mapa (BD-SIG) de vegetación natural y seminatural de Cuba v.1 sobre Landsat ETM 7 SLC-off gap filled, circa 2011. *IV Congreso sobre manejo de ecosistemas y biodiversidad. VIII convención Medio Ambiente y Desarrollo. La Habana 2013*. <https://www.researchgate.net/publication/377298323>



**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**

Durante el taller se impartieron conferencias magistrales por parte de los colegas italianos y cubanos. Además, se realizaron sesiones de trabajo práctico en el mar.

Resultado del taller se generaron 3 noticias difundidas en el Noticiero Nacional de Televisión y 3 noticias en la radio difundidas por las emisoras Nacionales (Radio Reloj, Radio Progreso y Radio Taíno). [Radio Habana Cuba | Participan investigadores cubanos en curso internacional financiado por el Gobierno italiano \(+Foto y Audio\)](#)



*Figura 8: Foto tomada durante el taller y el trabajo de campo*

Los detalles específicos del taller se muestran en el Anexo 2 como documento aparte de este informe.

En el marco del taller se realizó el segundo encuentro técnico donde se analizó la propuesta de plan de trabajo y acciones futuras para la continuación exitosa del proyecto. El plan de trabajo fue compartido con los participantes en el taller.

1.4-Adquisición de equipamiento e insumos para campañas de caracterización de cobertura y tipo de biotopos en áreas seleccionadas.

Se completó el proceso de adquisición del equipamiento necesario para los trabajos de campo y validaciones, los que se encuentran nacionalizados y operativos.

- Equipamiento de cómputo (CONEXXIA BROADCAST SERVICES, S.L.), (Fecha de recepción 17/06/2024)
- Equipamiento de buceo (JFC EXPORTACIONES S.L) (Fecha de recepción 17/06/2024)
- Motor Fuera de borda Yamaha 70 HP (VADEL S.A.S) (Fecha de recepción 26/06/2024)
- Motos (SUKIMOTOR S.A) (Fecha de recepción 17/06/2024)
- Accesorios para camioneta (WOMY EQUIPMENT SUPPLY) (Fecha de recepción 28/03/2025)
- Cámaras subacuáticas (OCEAN INSTRUMENT LTD) (Fecha de recepción 22/04/2025)

1.5-Adquisición de insumos para campañas de caracterización de cobertura y tipo de biotopos en áreas seleccionadas.



***Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)***

La adquisición de insumos ha estado enfocada en el apoyo de la movilidad para ejecutar actividades comprometidas en el proyecto y su proyecto nacional contraparte utilizando el medio de transporte adquirido. En este sentido se ha adquirido combustible para realizar actividades de monitoreo y validación de biotopos en Cayo Santa María (Villa Clara), Rancho Luna (Cienfuegos), sector Yaguanabo-Trinidad (Sancti Spíritus), Ciénega de Zapata (Matanzas), Parque Nacional Guanahacabibes (Pinar del Río, marzo 2025) y Reserva natural Siboney-Justicí (Santiago de Cuba (junio, 2025). El combustible adquirido también se ha utilizado para las gestiones de la unidad de manejo del proyecto. También se han adquirido servicios de mantenimiento automotriz asociados a la garantía del medio de transporte adquirido.

#### **1.6-Campañas de monitoreos y muestreos de biotopo en sitios seleccionados.**

La demora de las importaciones de bienes, así como las dificultades económicas en el ámbito nacional, específicamente, los limitados accesos al combustible y la demora en la recepción del segundo tramo de financiamiento han causado el retraso de las campañas de validación de biotopos y corrientes marinas. Sin embargo, se han realizado parte de estas utilizando los fondos de cofinanciación nacional. (Riesgos 1 y 2, Informe de progreso anual octubre 2022 a diciembre 2023).

Durante este período de reporte y con apoyo del co-financiamiento se han ejecutado campañas de monitoreo en biotopos como manglares, pastos marinos, arrecifes someros, cuyos resultados contribuirán a validar los mapas de biotopo.

Las campañas ejecutadas hasta la fecha incluyen las localidades de Rancho Luna, Cayo Santa María, Ciénega de Zapata, Parque Nacional Península de Guanahacabibes, Litoral de Santiago de Cuba (junio 2025).

Para la ejecución de las campañas de validación en el mar se diseña y desarrolla un implemento para capturar las imágenes del fondo marino sincronizadas con la georreferenciación de estas. Este dispositivo básicamente se compone de un flotador, un domo de cristal sumergido, cámara GOPRO y línea de sujeción.

Dentro de las ventajas de este destaca que agiliza el trabajo de campo ya que puede ser arrastrado por un nadador simple o desde una embarcación con marcha lenta lo que amplifica el alcance de las regiones de interés que soportan las clasificaciones posteriores incrementando la precisión del resultado a obtener (fig.9).

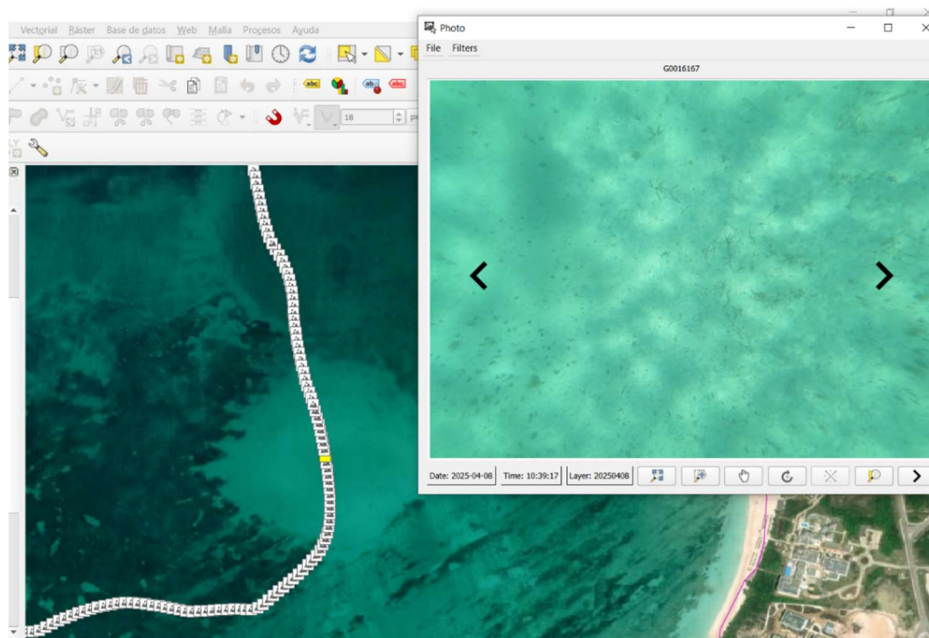
Ha sido probado en otros trabajos complementarios de distribución de biotopos en áreas protegidas marinas (Parque Nacional Guanahacabibes, Cienfuegos, Cayo Santa María fig. 10 y litoral de Santiago de Cuba) y ha mostrado resultados satisfactorios que se incorporarán como puntos de validación al mapa de escala nacional.



**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**



*Figura 9: Foto tomada durante el trabajo de campo en ventana de validación en Cayo Santa María donde se muestra dispositivo para adquisición de imágenes subacuáticas georreferenciadas.*



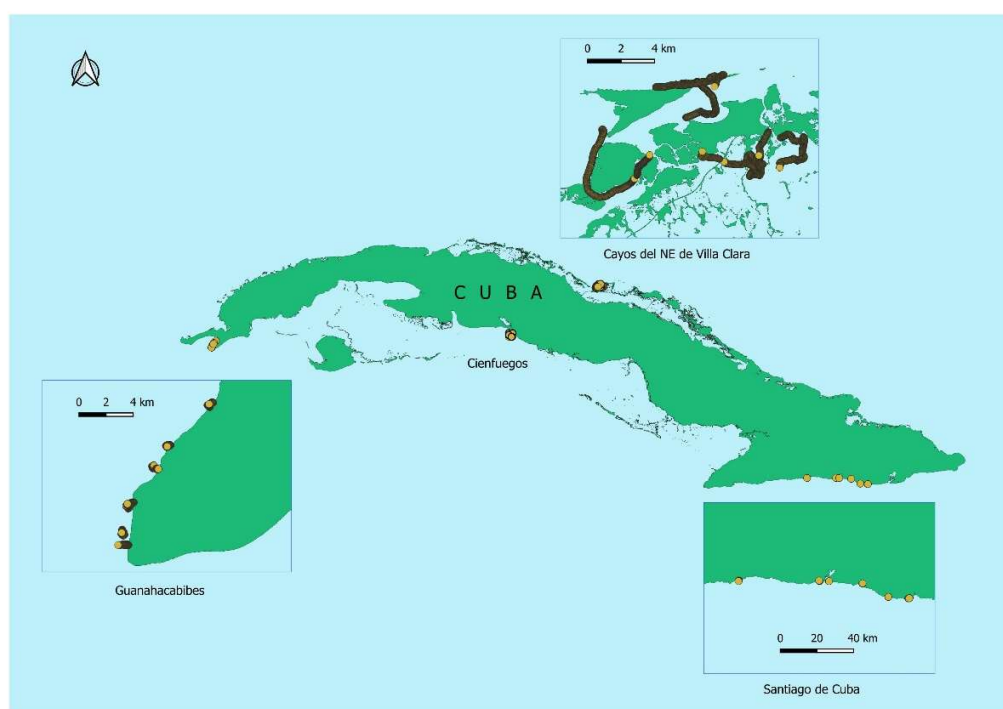
*Figura 10: Transepto de validación en Cayo Santa María procesado con imágenes georreferenciadas.*



**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**

Campañas de validaciones marinas o exploración de regiones de interés (ROI) para la escala de trabajo nacional.

Se han ejecutado expediciones puntuales en sitios bien distantes en la geografía cubana (Parque Nacional Guanahacabibes, Pinar del Río, marzo 2025, Reserva Ecológica Siboney Justicí, Santiago de Cuba, junio 2025, Cayería Norte de VC y Cienfuegos) fig 11

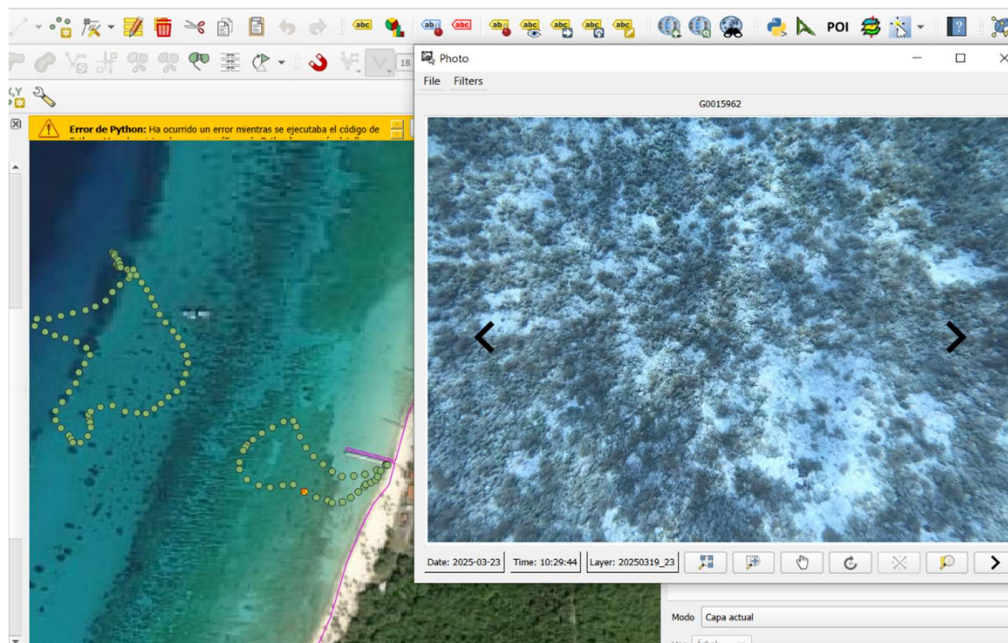


*Figura 11. Campañas de validación de biotopos marinos realizadas entre enero 2024 y julio 2025*

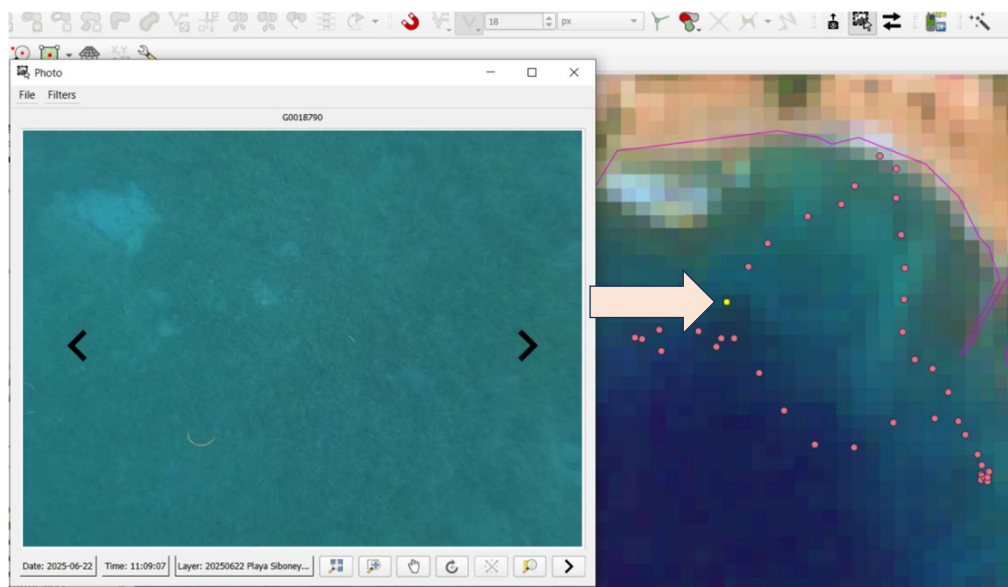
Para las áreas de Guanahacabibes (fig.12) y Santiago de Cuba (fig 13) se han identificado in situ, con ayuda de las secuencias fotográficas, zonas de dudosa interpretación por teledetección satelital. En algunos casos por ser clases aún no predefinidas a priori y en otros por la propia naturaleza de las aguas predominantes en algunos puntos de la zona costera (turbias y muy dependientes del momento de mareas).



**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**



*Figura 12. Transeptos de validación en Guanahacabibes. Identificación de la clase terraza costera con predominio de algas*

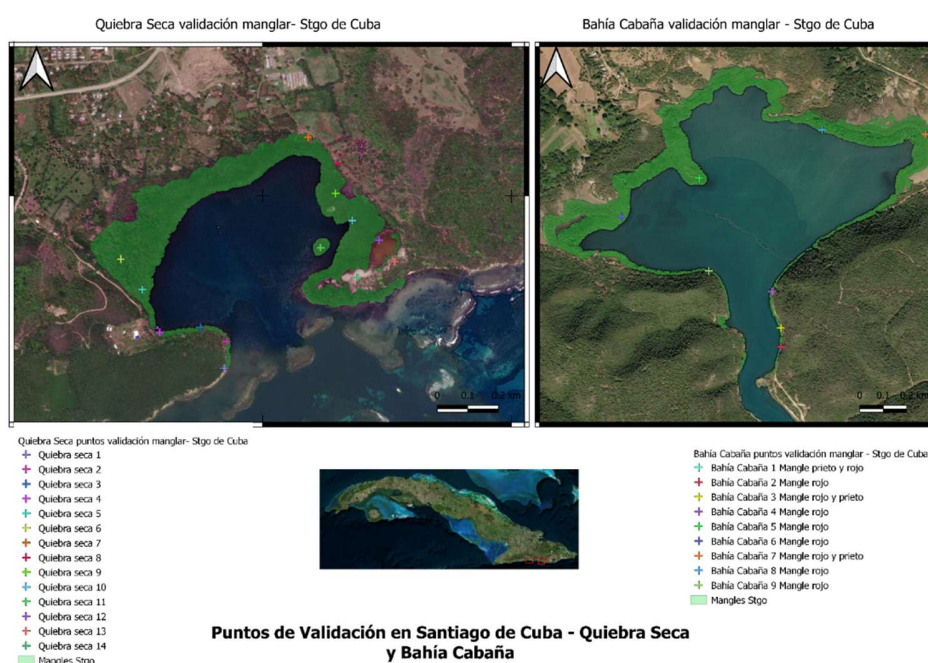


*Figura 13. Identificación de un pasto marino de Syringodium filiforme en pixeles de señal dudosa (Reserva Ecológica Siboney-Justicá, Santiago de Cuba)*



Campañas de validaciones terrestres o exploración de regiones de interés (ROI) para la escala de trabajo nacional.

Se han ejecutado expediciones de validación en ecosistema de manglar y herbazal de ciénega en varios sitios de la geografía cubana (Cayería Norte de VC, Rancho Luna Cienfuegos, Reserva Ecológica Siboney Juticí, Santiago de Cuba, junio 2025) para validar los mapas de estos biotopos. Sin embargo, se requiere de mayor cantidad de puntos de validación para mejorar la clasificación y la exactitud de los mapas.



**Figura 14. Estaciones de validación de manglares en el litoral de Santiago de Cuba. Bahías Quebra Seca y Bahía Cabañas.**

### 1.7-Reproducción e impresión de mapas y productos de comunicación.

Esta actividad programada para el segundo trimestre de 2025 se encuentra retrasada. Se replanificará para el cuarto trimestre del 2026.

Hasta la fecha no se ha logrado concluir el trabajo de confección de mapas, ya que la inestabilidad del suministro eléctrico aportado por el sistema eléctrico nacional limita el uso de los medios de cómputo. En particular, durante el análisis y procesamiento de imágenes satelitales para la creación de mapas de hábitats marinos costeros y el cálculo mediante modelos matemáticos de alta resolución, para la creación de mapas del potencial de las corrientes marinas como fuente de energía. (Riesgo 6, Informe de progreso anual octubre de 2022 a diciembre de 2023).



**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**

1.8-Taller Nacional "Vulnerabilidad de los ecosistemas de arrecifes de coral en Cuba: presente y futuro". Reunión Final Componente.

Esta actividad estará retrasada debido a que no se ha podido concluir las validaciones y los mapas. Se replanificará para el primer semestre del 2027.

## **2. Atlas de factibilidad de uso de corrientes marinas para generación de energía eléctrica en Cuba elaborado y en aplicación.**

2.1-Establecimiento de capacidades nacionales para la corrida de modelos de alta resolución.

La propuesta italiana en el taller de inicio fue implementar el modelo MITgcm, que es el modelo con que el grupo italiano trabaja, con el cual se ha logrado implementar y desarrollar los ejemplos del modelo, sin embargo, se continua con la adecuación de los parámetros de entrada del modelo al contexto cubano. Paralelamente el grupo cubano ha continuado trabajando con el modelo DELFT3D que ya habían implementado y del cual se tiene licencia para uso.

Durante el período se realizó un ejercicio de entrenamiento in situ para la colocación en el mar y recuperación del perfilador de corrientes (ADCP) y el manejo de los datos generados por el mismo durante el tiempo de exposición (fig. 15)



*Figura 15: Investigadores Italianos y Cubanos durante entrenamiento practico de configuración y recuperación de datos generados por el perfilador de corrientes (ADCP)*

Estas actividades son de la afectadas por la situación de la inestabilidad del suministro eléctrico aportado por el sistema eléctrico nacional. En particular, el análisis y procesamiento de imágenes satelitales para la creación de mapas de hábitats marinos costeros y el cálculo, mediante modelos matemáticos de alta resolución, para la creación de mapas del potencial de las corrientes marinas



**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**

como fuente de energía han sufrido fuertes atrasos (Riesgo 6, Informe de progreso anual octubre de 2022 a diciembre de 2023)

2.2-Establecimiento de capacidades nacionales para la adquisición experimental de datos de corrientes usando APDC.

A pesar del retraso en parte de las adquisiciones, se completó el proceso de adquisición del equipamiento necesario para los trabajos de campo y validaciones los que se encuentran nacionalizados y operativos.

- Equipamiento de cómputo (CONEXXIA BROADCAST SERVICES, S.L.) (Fecha de recepción 17/06/2024)
- Medidor de perfil de corriente ADCP (OCEAN INSTRUMENT LTD) (Fecha de recepción 30/08/2024)

2.3-Campaña de monitoreo para despliegue de medidores de corriente.

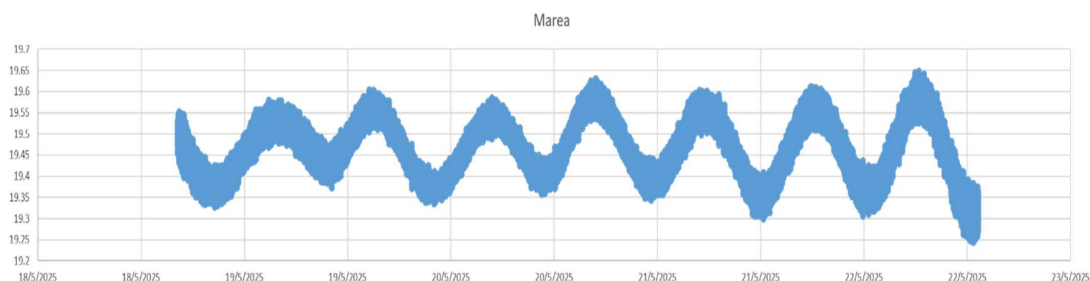
En el período se puso a punto el correntómetro Doppler AQUADOP 400 KHz. Se colocó en la zona costera al Este de la bahía de Cienfuegos, a una profundidad de 19 m para la toma de registros durante un mes (18-05-2025, fecha de comienzo) (fig 16). Los resultados se califican de excelentes, todos los registros han sido validados positivos y procesados las corrientes y marea (fig17). Los resultados se corresponden con las características de las variables estudiadas en la zona de estudios, con valores menores a 1 m/seg y mareas de amplitud máxima 27 cm. En este proceso de puesta en marcha también se empleó un sensor automático para la ubicación y extracción del equipo, evaluando y validando el procedimiento de uso del mismo de manera exitosa.



*Figura 16: Actividad de colocación y recuperación del ADCP en la zona este de la Bahía de Cienfuegos.*



**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**



**Figura 17: Amplitud de marea en la zona costera este de la Bahía de Cienfuegos (set de datos representados en el período 18 al 22-05-2025. Tiempo total de exposición 30 días del 18-05-2025 al 18-06-2025.**

Se realizaron además una serie de actividades las cuales también recibieron apoyo financiero de los programas Nacionales de Ciencia, como parte del cofinanciamiento nacional al proyecto ECOATLAS. Las variables levantadas fueron temperatura, salinidad y clorofila, que se utilizarán como variables asociadas a la modelación de corrientes marinas y permitirán validar los modelos numéricos a utilizarse en la confección de mapas de potencial de corrientes.

**2.4-Impresión de mapas de factibilidad de uso de corrientes marinas para generación de energía eléctrica en Cuba.**

Esta actividad esta retrasada, ya que aún no se han culminado los mapas por los motivos expuestos con anterioridad.

**2.5-Taller final del componente.**

Esta actividad estará retrasada debido a que no se ha podido concluir las validaciones y los mapas. Se replanificará para el primer semestre del 2027.



**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**

### III. MARCO DE RESULTADOS ACTUALIZADO

| Resultados Esperados                                              | Indicadores de Resultado                                                                                                           | Metas   |         |         | Estado de Actualización                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                   |                                                                                                                                    | 1(2023) | 2(2024) | 3(2025) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 1. Atlas de hábitat de los ecosistemas marinos de Cuba elaborado. | 1.1. Elaborado y socializado, en formato digital y formato impreso, atlas de hábitats naturales de la zona marino costera de Cuba. |         |         | X       | <p><b>En proceso, actividad retrasada</b></p> <p>Especialistas capacitados en el estado del arte de la tecnología (Softwares: QGIS, ENVI, eCognition) utilizada para crear mapas de los hábitats marinos utilizando la teledetección. 2 especialistas (1 mujer y 1 hombre) fueron entrenados en la ENEA</p> <p>Adquiridos de los medios de cómputo para generar los mapas de hábitats marino costero.</p> <p>No se ha culminado este resultado debido al retraso de las importaciones de bienes, así como las dificultades económicas en el ámbito nacional, específicamente, los limitados accesos al combustible y la demora en la recepción del segundo tramo de financiamiento, que han causado el retraso en actividades del proyecto como por ejemplo la ejecución de las campañas de validación de biotopos y corrientes marinas. Sin embargo, se han realizado parte de las mismas utilizando los fondos de cofinanciación nacional. (Riesgos 1 y 2, Informe de progreso anual octubre 2022 a diciembre 2023).</p> |
|                                                                   | 1.2. Elaborado y socializado, como ventana de validación, el atlas en áreas específicas de interés socioeconómico y ambiental.     |         |         | X       | <p><b>En proceso, actividad retrasada</b></p> <p>Ejecutadas con financiamiento nacional campañas de monitoreo en áreas específicas de interés socioeconómico y ambiental.</p> <p>Adquirida la tecnología para crear mapas de los hábitats marino costero</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |



**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**

|                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                        |  |  |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                        |  |  |   | <i>No se ha culminado este resultado debido la inestabilidad del suministro eléctrico aportado por el sistema eléctrico nacional que limita el uso de los medios de cómputo. En particular, durante el análisis y procesamiento de imágenes satelitales para la creación de mapas de hábitats marinos costeros y el cálculo mediante modelos matemáticos de alta resolución, para la creación de mapas del potencial de las corrientes marinas como fuente de energía. A la fecha no se ha logrado concluir el trabajo de confección de mapas.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 2. Atlas de factibilidad de uso de corrientes marinas para generación de energía eléctrica en Cuba elaborado y en aplicación. | 2.1 Identificados los sitios prometedores de extracción de energía de las corrientes marinas en Cuba, con la aplicación de modelos de alta resolución validados con datos obtenidos experimentalmente. |  |  | X | <p><b>En proceso, actividad retrasada</b></p> <p><i>Especialistas capacitados en el estado del arte de la modelación de las corrientes marinas en la plataforma cubana. Adquirida la tecnología para la elaboración de los mapas de uso de corrientes marinas para generación de energía eléctrica en Cuba.</i></p> <p><i>Realizadas campañas de monitoreo de variables físicas para la validación de las modelaciones.</i></p> <p><i>No se ha culminado este resultado debido al retraso de las importaciones de bienes, así como las dificultades económicas en el ámbito nacional, específicamente, los limitados accesos al combustible y la demora en la recepción del segundo tramo de financiamiento que han causado el retraso en actividades del proyecto como por ejemplo la ejecución de las campañas de validación de corrientes marinas. Sin embargo, se han realizado parte de las mismas utilizando los fondos de cofinanciación nacional. (Riesgos 1 y 2, Informe de progreso anual octubre 2022 a diciembre 2023).</i></p> |
|                                                                                                                               | 2.2 Elaborado y socializado, en formato digital y formato impreso, el Atlas de factibilidad de uso de corrientes marinas para generación de energía eléctrica en Cuba.                                 |  |  | X | <p><b>En proceso, actividad retrasada</b></p> <p><i>Especialistas capacitados en el estado del arte de la modelación de las corrientes marinas en la plataforma cubana.</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |



**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**

|  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  | <p>Adquirida y operativa la tecnología para la elaboración de los mapas de uso de corrientes marinas para generación de energía eléctrica en Cuba.</p> <p>No se ha culminado este resultado debido la inestabilidad del suministro eléctrico aportado por el sistema eléctrico nacional que limita el uso de los medios de cómputo. En particular, durante el análisis y procesamiento de imágenes satelitales para la creación de mapas de hábitats marinos costeros y el cálculo mediante modelos matemáticos de alta resolución, para la creación de mapas del potencial de las corrientes marinas como fuente de energía a han sufrido fuertes retrasos (Riesgo 6, Informe de progreso anual octubre de 2022 a diciembre de 2023). A la fecha no se ha logrado concluir el trabajo de confección de mapas.</p> |
|--|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



#### IV. ANÁLISIS DE RIESGOS ACTUALIZADOS

| No. | Descripción                                                                                                                                                                                                                            | Tipo                    | Impacto y Probabilidad <sup>3</sup> | Medidas de respuesta / Respuesta de gestión                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Responsable  | Comentarios                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Escenario de bloqueo unilateral y extraterritorial impuesto por EEUU a Cuba impide o retrasa los procesos de importación de los recursos necesarios para la implementación y los procesos de pago.                                     | Económico<br>Financiero | P = 4<br>I = 5<br>Alto              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Velar que la contratación de los bienes y servicios a importar no se vean afectados por las restricciones impuestas por el bloqueo.</li> <li>Disponer de un roster de proveedores internacionales alternativos que puedan proporcionar los bienes y servicios requeridos.</li> <li>El proyecto presentará oportunamente su plan de adquisiciones a la unidad de adquisiciones del PNUD.</li> <li>Priorizar las compras pendientes en el país.</li> </ul>                                                                                                    | PNUD         | Este riesgo continúa vigente y tiene fuerte impacto en la actualizad en los tiempos para adquirir los equipos.<br>El proyecto ha comprado el equipamiento que tenía previsto y se adiciona una medida para priorizar las compras de insumos necesarios, para culminar las actividades, en el país. |
| 2   | Retrasos en el inicio del proceso de implementación, como consecuencia de demoras en el proceso de importación y puesta en marcha del equipamiento necesario, generando afectaciones a la ejecución financiera y técnica del proyecto. | Operacional             | P = 2<br>I = 4<br>Moderado          | <ul style="list-style-type: none"> <li>El proyecto presentará oportunamente su plan de adquisiciones a la unidad de adquirentes del PNUD y a la Empresa Importadora Nacional (EMIDICT).</li> <li>El PNUD elaborará de conjunto con el proyecto un cronograma detallado de los procesos de importación que requiere el proyecto.</li> <li>El PNUD coordinará encuentros sistemáticos para verificar el cumplimiento del plan de adquisiciones y adoptar las medidas correctivas pertinentes. Involucrar en estos encuentros al MINCEX y al CITMA (empresa importadora, AENTA y el CEAC).</li> </ul> | CEAC<br>PNUD | Este riesgo continúa vigente y se mantienen las medidas de respuesta, ya que hasta el momento han sido suficientes para mitigar sus efectos.                                                                                                                                                       |

<sup>3</sup> La Probabilidad (P) y el Impacto (I) se califican en una escala de 1 a 5, donde 1 es el valor más bajo y 5 es el valor más alto.



**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**

| No. | Descripción                                                                                                                                                                    | Tipo        | Impacto y Probabilidad <sup>3</sup> | Medidas de respuesta / Respuesta de gestión                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Responsable | Comentarios                                                                                                                                                                                                                       |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3   | Desfases o incumplimientos en la asistencia técnica que debe proveer la ENEA.                                                                                                  | Operacional | P = 2<br>I = 4<br><br>Moderado      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Firmar un acuerdo vinculante con la ENEA que comprometa el suministro del servicio científico técnico, con criterios de calidad y tiempos, para garantizar la implementación en los términos acordados.</li> <li>Mantener un monitoreo continuo con la ENEA para garantizar que las acciones que ellos tienen que realizar se ejecuten en los tiempos acordados para el proyecto</li> <li></li> </ul>                                                   | CEAC        | Este riesgo continúa vigente y se mantienen las medidas de respuesta, ya que hasta el momento han sido suficientes para mitigar sus efectos.                                                                                      |
| 4   | Afectaciones al presupuesto aprobado/disponible por variaciones en la tasa de cambio y el proceso inflacionario del país.                                                      | Financiero  | P = 2<br>I = 4<br><br>Moderado      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Basado en el esquema de entrega de las contribuciones por el donante (Schedule of payments), monitorear el comportamiento de tasas de cambio ONU (Euros - USD) para realizar los ajustes en el presupuesto disponible del proyecto (si es necesario).</li> <li>Verificar que los contratos asociados al proyecto se firmen en USD, para conocer de antemano el monto de presupuesto en USD que deberá reservarse y evitar posibles déficits.</li> </ul> | PNUD/CEAXC  | Este riesgo continúa vigente y se mantienen las medidas de respuesta, ya que hasta el momento han sido suficientes para mitigar sus efectos.                                                                                      |
| 5   | Falta de armonización entre la marcha de la implementación del proyecto, la ejecución de las actividades y el recibo de las contribuciones financieras requeridas y acordadas. | Financiero  | P = 2<br>I = 4<br><br>Moderado      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener un correcto seguimiento y monitoreo de las acciones del proyecto, según plan de trabajo previsto, lo que incluye la comunicación con el donante; asegurando tener la capacidad de poder anticiparse e identificar reprogramaciones necesarias.</li> </ul>                                                                                                                                                                                      | PNUD/CEAC   | Este riesgo continúa vigente y se mantienen las medidas de respuesta, ya que hasta el momento han sido suficientes para mitigar sus efectos.<br><br>En la actualidad se espera la segunda contribución del donante para continuar |



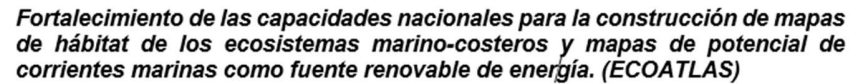
**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**

| No. | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Tipo        | Impacto y Probabilidad <sup>3</sup> | Medidas de respuesta / Respuesta de gestión                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Responsable | Comentarios                                                                                                                                  |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |             |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |             | con las actividades pendientes.                                                                                                              |
| 6   | Compleja situación energética en el país (déficit de combustible e inestabilidad energética). Demoras adicionales en la implementación de las actividades del proyecto (talleres y reuniones técnicas, monitoreo a las áreas de intervención, procesamiento de información, modelaciones numéricas). | Operacional | P = 4<br>I = 4<br><br>Sustancial    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Definir estrategia de trabajo para priorizar el avance las actividades técnicas del proyecto teniendo en cuenta los principales objetivos y que no dependan estrictamente de transportación y ajustar los plazos y modos de trabajo a las limitaciones en los servicios energéticos.</li> <li>Contribuir al escalado del sistema de generación fotovoltaica ya instalado en el CEAC.</li> </ul> | CEAC/PNUD   | Este riesgo continúa vigente y se mantienen las medidas de respuesta, ya que hasta el momento han sido suficientes para mitigar sus efectos. |



## V. PLAN DE TRABAJO PLURIANUAL

| RESULTADOS ESPERADOS                                                       | ACTIVIDADES PLANIFICADAS                                                                                                                | 2022 | 2023 |    |    |    | 2024 |    |    |    | 2025 |    |    |    | 2026 |    |    |    | 2027 |    |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|
|                                                                            | Lista actividades y acciones identificadas                                                                                              | Q4   | Q1   | Q2 | Q3 | Q4 | Q1   | Q2 | Q3 | Q4 | Q1   | Q2 | Q3 | Q4 | Q1   | Q2 | Q3 | Q4 | Q1   | Q2 |
| Resultado 1: Elaborado Atlas de hábitat de los ecosistemas marinos de Cuba | 1.1 Taller de inicio del proyecto.                                                                                                      | X    |      |    |    |    |      |    |    |    |      |    |    |    |      |    |    |    |      |    |
|                                                                            | 1.2 Establecimiento de capacidades nacionales para el tratamiento de imágenes satelitales y mapeo, usando software de detección remota. | X    | X    | X  |    |    |      |    |    |    |      |    |    |    | R    | R  |    |    |      |    |
|                                                                            | 1.3 Curso nacional para el Mapeo del hábitat.                                                                                           |      |      |    |    |    | X    | X  |    |    |      |    |    |    |      |    |    |    |      |    |
|                                                                            | 1.4 Adquisición de equipamiento e insumos para campañas de caracterización de cobertura y tipo de biotopos en áreas seleccionadas.      |      | X    | X  | X  | X  | x    | x  | X  | x  | x    |    |    |    |      |    |    |    |      |    |
|                                                                            | 1.5 Adquisición de insumos para campañas de caracterización de cobertura y tipo de biotopos en áreas seleccionadas.                     |      |      | X  | X  |    |      | X  | X  | X  | X    | x  |    |    | R    | R  | R  | R  | R    |    |
|                                                                            | 1.6 Campañas de monitoreos y muestreos de biotopo en sitios seleccionados.                                                              |      |      |    |    |    |      |    | X  | X  | X    | X  |    | R  | R    | R  | R  |    |      |    |
|                                                                            | 1.7 Reproducción e impresión de mapas y productos de comunicación.                                                                      |      |      |    |    |    |      |    |    |    |      | X  |    |    |      |    |    | R  |      |    |

25



**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**

|                                           |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------------------------------------|---------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Resultado 4. Oficina de Coordinación PNUD | Visitas monitoreo         | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | R | R | R | R | R | R |
|                                           | Servicios de Comunicación | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | R | R | R | R | R | R |
|                                           | Costos Directos           | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | R | R | R | R | R | R |

| Leyenda |                             |
|---------|-----------------------------|
| X       | Actividades Planificadas    |
| R       | Actividades reprogramadas   |
| NR      | No realizable en el periodo |



*Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)*

## VI. LECCIONES APRENDIDAS

### 1-Necesidad de estrategias de contingencia ante limitaciones económicas nacionales

Las dificultades económicas en el ámbito nacional demostraron que los proyectos deben diseñar estrategias de contingencia que permitan adaptarse a contextos macroeconómicos adversos. La escasez de recursos esenciales, como el combustible, afectó la movilidad, la ejecución de actividades presenciales y la supervisión técnica, lo que subraya la importancia de contar con planes operativos ajustables y mecanismos de priorización de actividades críticas.

### 2-Dependencia de la infraestructura energética y su impacto en la ejecución

La baja disponibilidad de energía eléctrica influyó directamente en el funcionamiento de los medios de cómputo y en la continuidad de los procesos técnicos y administrativos. Esta experiencia resalta la necesidad de evaluar previamente la capacidad energética disponible y considerar soluciones alternativas (por ejemplo, respaldo energético) para reducir interrupciones en la ejecución del proyecto.

### 3- Relevancia de la gestión oportuna del financiamiento

La demora en la recepción del segundo tramo de financiamiento evidenció que la continuidad de las actividades del proyecto está estrechamente vinculada a la fluidez de los recursos financieros. Es fundamental fortalecer los mecanismos de seguimiento financiero y establecer canales de comunicación efectivos con las entidades financiadoras, así como prever planes de ajuste temporal que permitan mantener el avance mínimo del proyecto ante retrasos en los desembolsos.

### 4- Flexibilidad en la programación y gestión del cronograma

Las condiciones descritas demostraron que los cronogramas rígidos limitan la capacidad de respuesta ante contextos cambiantes. Una lección clave es la necesidad de diseñar cronogramas flexibles, con hitos ajustables y actividades escalonadas, que permitan reorganizar prioridades sin comprometer los objetivos estratégicos del proyecto.



*Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)*

## VII. CONCLUSIONES

1-El Proyecto ha avanzado en el fortalecimiento de:

- las capacidades técnicas nacionales para la creación de mapas de hábitats marino-costeros en Cuba utilizando imágenes satelitales, al contar con personal técnico cubano capacitado.
- las capacidades técnicas nacionales para la creación del mapa de potencial de las corrientes marinas para su uso como fuentes renovables de energía, al contar con personal técnico cubano capacitado.

2-Se requiere el segundo tramo de financiamiento para completar los resultados planificados:

- las campañas de validación,
- la creación de mapas de hábitats marino-costeros en Cuba utilizando imágenes satelitales
- la creación del mapa de potencial de las corrientes marinas para su uso como fuentes renovables de energía.
- avanzar en la adquisición de las tecnologías necesarias para la obtención de los resultados del Proyecto (ampliación del sistema fotovoltaico modular).

3- Se ha extendido el proyecto para culminar las tareas planificadas, debido a los diferentes factores externos que han limitado el avance en los resultados planificados.



***Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)***

## **VIII. ANEXOS**

- Anexo 1. Reporte Técnico ENEA. (En documento aparte.)
- Anexo 2. Taller Nacional Validación mapas de Habitat. (En documento aparte.)
- Anexo 3. ECOATLAS - Reporte Financiero al 31 de diciembre de 2025.
- Anexo 4. Justificación de compra de Sistema Fotovoltaico. (En documento aparte.)
- Anexo 5. Certificado de los gastos del cofinanciamiento nacional aportado por el Gobierno de Cuba. (En documento aparte)



Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)

Anexo 3. ECOATLAS - Reporte Financiero al 31 de diciembre de 2025.

| RESULTADOS ESPERADOS                                             | ACTIVIDADES PLANIFICADAS                                                                                                                | A                      | B                   | C                          | D           | E=C+D                   | F= (A-B-E) | Cuentas Presupuestarias |                                |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------|----------------------------|-------------|-------------------------|------------|-------------------------|--------------------------------|
|                                                                  | Lista actividades y acciones identificadas                                                                                              | **Presupuesto Aprobado | Ejecución 2022-2023 | Enero 2024- diciembre 2025 |             |                         | Balance    |                         |                                |
|                                                                  |                                                                                                                                         |                        |                     | Ejecución                  | Compromisos | Ejecución + Compromisos |            |                         |                                |
| 1: Elaborado Atlas de hábitat de los ecosistemas marinos de Cuba | 1.1 Taller de inicio del proyecto.                                                                                                      | 0.00                   | 0.00                | 0.00                       |             | 0.00                    | 0.00       | 75700                   | Training, Workshops and Confer |
|                                                                  | 1.2 Establecimiento de capacidades nacionales para el tratamiento de imágenes satelitales y mapeo, usando software de detección remota. | 61,504.45              | 53,477.70           | 0.00                       |             | 0.00                    | 8,026.75   | 72100                   | Contractual Services-Companies |
|                                                                  |                                                                                                                                         | 35,741.36              | 35,741.36           | 0.00                       |             | 0.00                    | 0.00       | 72800                   | Information Technology Equipmt |
|                                                                  | 1.3 Curso nacional para el Mapeo del hábitat.                                                                                           | 24,860.65              | 0.00                | 9,777.06                   |             | 9,777.06                | 15,083.59  | 75700                   | Training, Workshops and Confer |
|                                                                  | 1.4 Adquisición de equipamiento e insumos para campañas de caracterización de cobertura y tipo de biotopos en áreas seleccionadas.      | 81,605.35              | 36,525.00           | 28,910.68                  |             | 28,910.68               | 16,169.67  | 72200                   | Equipment and Furniture        |
|                                                                  |                                                                                                                                         | 18,840.58              | 14,671.36           | 4,169.22                   |             | 4,169.22                | 0.00       | 72800                   | Information Technology Equipmt |
|                                                                  |                                                                                                                                         | 23,634.34              | 0.00                | 0.00                       | 14,038.60   | 14,038.60               | 9,595.74   | 72300                   | Materials and Goods            |
|                                                                  |                                                                                                                                         | 0.00                   | 0.00                | 0.00                       |             | 0.00                    | 0.00       | 73400                   | Rental & Maint of Other Equip  |
|                                                                  |                                                                                                                                         | 17,168.34              | 0.00                | 12,056.97                  |             | 12,056.97               | 5,111.37   | 72400                   | Communic & Audio Visual Equip  |
|                                                                  | 1.5 Adquisición de insumos para campañas de caracterización de cobertura y tipo de biotopos en áreas seleccionadas.                     | 3,344.48               | 0.00                | 0.00                       |             | 0.00                    | 3,344.48   | 72300                   | Materials and Goods            |
|                                                                  | 1.6 Campañas de monitoreos y muestreos de biotopo en sitios seleccionados.                                                              | 34,827.20              | 0.00                | 0.00                       |             | 0.00                    | 34,827.20  | 72100                   | Contractual Services-Companies |
|                                                                  |                                                                                                                                         | 0.00                   | 0.00                | 0.00                       |             | 0.00                    | 0.00       | 72400                   | Communic & Audio Visual Equip  |
|                                                                  |                                                                                                                                         | 5,016.72               | 0.00                | 0.00                       |             | 0.00                    | 5,016.72   | 73400                   | Rental & Maint of Other Equip  |



**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**

|                                                                                                              |                                                                                                                                                                 |                   |                   |                  |                  |                  |                   |       |                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------|--------------------------------|
|                                                                                                              | 1.8 Reproducción e impresión de mapas y productos de comunicación.                                                                                              | 11,148.27         | 0.00              | 0.00             |                  | 0.00             | 11,148.27         | 74200 | Audio Visual&Print Prod Costs  |
|                                                                                                              | 1.9 Taller Nacional "Vulnerabilidad de los ecosistemas de arrecifes de coral en Cuba: presente y futuro". Reunión Final Componente. (3 días, 20 participantes). | 15,384.62         | 0.00              | 0.00             |                  | 0.00             | 15,384.62         | 75700 | Training, Workshops and Confer |
| <b>Subtotal Resultado 1:</b>                                                                                 |                                                                                                                                                                 | <b>333,076.36</b> | <b>140,415.42</b> | <b>54,913.93</b> | <b>14,038.60</b> | <b>68,952.53</b> | <b>123,708.41</b> |       |                                |
| 2. Elaborado Atlas de factibilidad de uso de corrientes marinas para generación de energía eléctrica en Cuba | 2.1 Establecimiento de capacidades nacionales para la corrida de modelos de alta resolución.                                                                    | 7,057.42          | 0.00              | 0.00             |                  | 0.00             | 7,057.42          | 72100 | Contractual Services-Companies |
|                                                                                                              |                                                                                                                                                                 | 15,261.98         | 11,716.48         | 3,545.50         |                  | 3,545.50         | 0.00              | 72800 | Information Technology Equipmt |
|                                                                                                              |                                                                                                                                                                 | 0.00              | 0.00              | 0.00             |                  | 0.00             | 0.00              | 72100 | Contractual Services-Companies |
|                                                                                                              | 2.2 Establecimiento de capacidades nacionales para la adquisición experimental de datos de corrientes usando APDC.                                              | 100,334.45        | 0.00              | 73,279.03        |                  | 73,279.03        | 27,055.42         | 72200 | Equipment and Furniture        |
|                                                                                                              |                                                                                                                                                                 | 2,229.65          | 0.00              | 0.00             |                  | 0.00             | 2,229.65          | 72300 | Materials and Goods            |
|                                                                                                              |                                                                                                                                                                 | 11,482.72         | 0.00              | 7,817.58         |                  | 7,817.58         | 3,665.14          | 72800 | Information Technology Equipmt |
|                                                                                                              |                                                                                                                                                                 | 7,290.97          | 680.14            | 0.00             |                  | 0.00             | 6,610.83          | 72100 | Contractual Services-Companies |
|                                                                                                              | 2.3 Campaña de monitoreo para despliegue de medidores de corriente.                                                                                             | 0.00              | 0.00              | 0.00             |                  | 0.00             | 0.00              | 72400 | Communic & Audio Visual Equip  |
|                                                                                                              |                                                                                                                                                                 | 5,016.72          | 0.00              | 0.00             |                  | 0.00             | 5,016.72          | 73400 | Rental & Maint of Other Equip  |
|                                                                                                              | 2.4 Impresión de mapas de factibilidad de uso de corrientes marinas para generación de energía eléctrica en Cuba.                                               | 5,574.14          | 0.00              | 0.00             |                  | 0.00             | 5,574.14          | 74200 | Audio Visual&Print Prod Costs  |
|                                                                                                              | 2.5 Taller final del componente.                                                                                                                                | 15,384.62         | 0.00              |                  |                  | 0.00             | 15,384.62         | 75700 | Training, Workshops and Confer |
| <b>Subtotal Resultado 2:</b>                                                                                 |                                                                                                                                                                 | <b>169,632.67</b> | <b>12,396.62</b>  | <b>84,642.11</b> | <b>0.00</b>      | <b>84,642.11</b> | <b>72,593.94</b>  |       |                                |



**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**

|                                        |                                                                                                        |                  |                 |                  |             |                  |                  |       |                                         |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|------------------|-------------|------------------|------------------|-------|-----------------------------------------|
| 3. Unidad de Manejo del Proyecto (UMP) | 1. Auditorías                                                                                          | 8,918.62         | 0.00            | 0.00             |             | 0.00             | 8,918.62         | 74100 | Professional Services                   |
|                                        | 2.Evaluación externa                                                                                   | 8,918.62         | 0.00            | 0.00             |             | 0.00             | 8,918.62         | 71200 | TrnWrkshp&Conf - Honorariums            |
|                                        |                                                                                                        | 1,337.79         | 0.00            | 0.00             |             | 0.00             | 1,337.79         |       | Travel Tickets-International            |
|                                        |                                                                                                        | 1,672.24         | 0.00            | 0.00             |             | 0.00             | 1,672.24         |       | Daily Subsistence Allow-Intl            |
|                                        |                                                                                                        | 1,449.28         | 0.00            | 0.00             |             | 0.00             | 1,449.28         |       | Miscellaneous Expenses                  |
|                                        | 3. Compras de equipos informáticos, de comunicación, insumos y servicios para la gestión del proyecto. | 10,033.44        | 0.00            | 0.00             |             | 0.00             | 10,033.44        | 73400 | Rental & Maint of Other Equip           |
|                                        |                                                                                                        | 1,727.98         | 0.00            | 0.00             |             | 0.00             | 1,727.98         | 74500 | Miscellaneous Expenses                  |
|                                        |                                                                                                        | 668.90           | 0.00            | 0.00             |             | 0.00             | 668.90           | 72100 | Contractual Services-Companies          |
|                                        |                                                                                                        | 6,688.96         | 3,502.84        | 2,332.46         |             | 2,332.46         | 853.66           | 72300 | Contractual Services-Companies          |
|                                        |                                                                                                        | 7,224.08         | 0.00            | 0.00             |             | 0.00             | 7,224.08         | 72400 | Communic & Audio Visual Equip           |
|                                        |                                                                                                        | 5,574.14         | 0.00            | 0.00             |             | 0.00             | 5,574.14         | 72400 | Communic & Audio Visual Equip           |
|                                        |                                                                                                        | 2,229.65         | 0.00            | 0.00             |             | 0.00             | 2,229.65         | 71300 | National-Consultans                     |
|                                        |                                                                                                        | 0.00             | 0.00            | 0.00             |             | 0.00             | 0.00             | 72300 | Materials and Goods                     |
|                                        |                                                                                                        | 5,016.72         | 0.00            | 0.00             |             | 0.00             | 5,016.72         | 72800 | Information Technology Equipmt          |
|                                        | <b>Subtotal Resultado 3:</b>                                                                           | <b>61,460.42</b> | <b>3,502.84</b> | <b>2,332.46</b>  | <b>0.00</b> | <b>2,332.46</b>  | <b>55,625.12</b> |       |                                         |
| 4. Oficina de Coordinación PNUD        | Servicios de Administración                                                                            | 7,031.44         | 0.00            | 0.00             |             | 0.00             | 7,031.44         | 71400 | Contratos de servicios                  |
|                                        | Visitas monitoreo                                                                                      | 9,480.72         | 902.35          | 0.00             |             | 0.00             | 8,578.37         | 71600 | Viajes                                  |
|                                        | Servicios de Comunicación                                                                              | 1,054.72         | 500.00          | 166.67           |             | 166.67           | 388.05           | 72400 | Equipos de comunicaciones y audiovisual |
|                                        | Costos Directos                                                                                        | 18,855.50        | 2,895.88        | 10,668.81        |             | 10,668.81        | 5,290.81         | 74598 | Misceláneas - DPC                       |
| <b>Subtotal Resultado 4:</b>           |                                                                                                        | <b>36,422.38</b> | <b>4,298.23</b> | <b>10,835.48</b> | <b>0.00</b> | <b>10,835.48</b> | <b>21,288.67</b> |       |                                         |



**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**

|                                     |                   |                   |                   |                  |                   |                   |  |  |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|--|--|
| Total Neto para el Proyecto         | 600,591.83        | 160,613.11        | 152,723.98        | 14,038.60        | 166,762.58        | 273,216.14        |  |  |
| Apoyo General a la Gestión (GMS) 8% | 48,047.17         | 12,715.15         | 12,150.38         | 1,123.09         | 13,273.47         | 22,058.55         |  |  |
| <b>TOTAL</b>                        | <b>648,639.00</b> | <b>173,328.26</b> | <b>164,874.36</b> | <b>15,161.69</b> | <b>180,036.05</b> | <b>295,274.69</b> |  |  |

**\*\* Presupuesto en USD estimado según UN tasa de cambio: 0.897 (01/05/2019), manteniendo el mismo del PRODOC, el cual será ajustado al recibir la última contribución por 232,731.60 EUROS.**

**NOTA:** Se propone evaluar la adquisición de un sistema fotovoltaico con el objetivo de ampliar las capacidades actualmente instaladas en el Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (Anexo 4). Para esta adquisición se prevé utilizar una parte del presupuesto asignado a la cuenta 72200. El ajuste propuesto no compromete el alcance de los resultados del proyecto, sino que resulta un elemento esencial para garantizar el logro los mismos.

#### **Análisis narrativo del resto de los gastos del período enero 2024-diciembre 2025.**

Durante el período de reporte se ejecutaron \$164,874.36 USD y se comprometieron 15,161.69 USD para un total de 180,036.05 USD, distribuidos como siguen:

#### **Resultado 1. Elaborado Atlas de hábitat de los ecosistemas marinos de Cuba.**

Se ejecutaron \$54,913.93 USD, de los cuales \$9,777.06 USD corresponden al *Taller de Validación de Mapas de Hábitat*. El monto restante se destinó a la adquisición del *carryboy* para la camioneta del proyecto, la compra de dos motocicletas, el 20% del contrato de equipamiento informático, así como la compra del motor fuera de borda para la embarcación que apoyará las operaciones de monitoreo *in situ* de los ecosistemas marino-costeros.

#### **Resultado 2: Elaborado Atlas de factibilidad de uso de corrientes marinas para generación de energía eléctrica en Cuba ´**

Se ejecutaron 84,642.11 USD correspondiente al pago del 20% del contrato de equipamiento de cómputo y perfiladores acústicos de corrientes marinas y sus accesorios (ADCP), para la validación de las modelaciones numéricas de las corrientes marinas.



*Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)*

### **Resultado 3. Unidad de Manejo del Proyecto (UMP)**

Se ejecutaron 2,332.46 USD, de ellos 2,044.61 USD en combustible para las actividades y monitoreos del proyecto y 287.85 USD en mantenimientos de la camioneta del proyecto.

### **Resultado 4. Oficina de Coordinación PNUD**

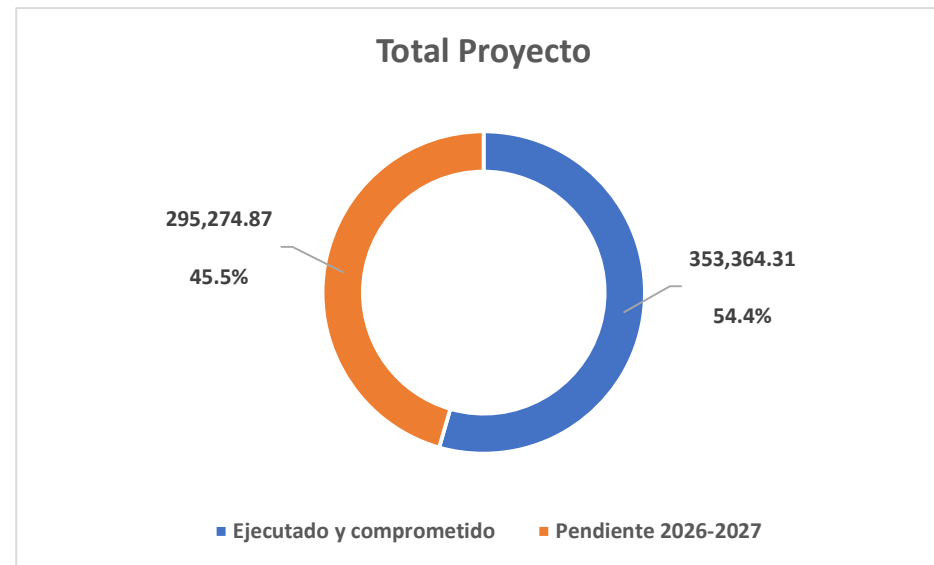
En el Resultado 4 se ejecutó un monto total de 10,835.48 USD, de los cuales 166.67 USD corresponden a servicios de comunicación y 10,668.81 USD a costos de servicios de ejecución del proyecto. Estos últimos incluyen todos los gastos asociados a las actividades de apoyo programático, administrativo y operativo, tales como renta de oficina y costos fijos, transacciones financieras (procesamiento y emisión de cheques, transferencias bancarias, cancelaciones y depósitos), así como los relacionados con los procesos de adquisiciones, emisión de nóminas, contratos, entre otros.

Adicionalmente, se ejecutaron **12,150.38 USD** correspondientes al **GMS (8%)**. El GMS comprende los costos incurridos en la prestación de funciones generales de gestión y supervisión de la organización en su conjunto. Estos costos apoyan todas las actividades, proyectos y programas, así como los servicios prestados por la organización, y no pueden asignarse de manera inequívoca a una actividad, proyecto o programa específico. Además, se generan de forma transversal y en todos los niveles de la organización.

A la fecha, el proyecto ha ejecutado USD 338,202.62 lo que representa el 99.9 % del primer tramo.



**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**





**Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la construcción de mapas de hábitat de los ecosistemas marino-costeros y mapas de potencial de corrientes marinas como fuente renovable de energía. (ECOATLAS)**

