

Fortalecimiento del sistema meteorológico marino cubano por medio del servicio SEonSE. Proyecto: P211L007-00. VigiMar

Strengthening the Cuban marine meteorological system through SEonSE service



<https://cu-id.com/2377/v30nspe04>

 Susana Montenegro Cancio*,  Alejandro Rodríguez Pupo

Instituto de Meteorología de Cuba, La Habana, Cuba

En esta investigación se muestra el fortalecimiento del sistema meteorológico marino cubano a partir de la capacitación y la adquisición de imágenes SAR y su procesamiento digital a través de herramientas informáticas SNAP-ESA y SEonSE, que fueron adquiridas en colaboración con Italia mediante un proyecto internacional contraparte. Con estas nuevas posibilidades, se desarrolló la inicialización de las corridas del modelo numérico de enfoque lagrangiano PETROMAR-3D, para el pronóstico de la deriva de petróleo a partir del acople de las salidas de polígonos de manchas de petróleo a partir del procesamiento digital de imágenes SAR con las herramientas informáticas antes mencionadas. Para lograr tal propósito, fueron desarrolladas nuevas funciones y bibliotecas de Python en el software PETROMAR-3D. A partir de este primer resultado, se desarrolló un servicio semi-automático de vigilancia y monitoreo de manchas de petróleo en los mares alrededor de Cuba, con el cual, los usuarios del proyecto reciben la información mediante un primer email desde el momento en que se detecta la mancha, y luego reciben otro con el mapa del pronóstico de la deriva de petróleo para las 72 horas. Para lograr este segundo resultado, fue desarrollado un script que corre automáticamente mediante tarea programada en el sistema operativo, manejando todas las aplicaciones informáticas del sistema diseñado con nuevas funciones y bibliotecas de Python. Paralelamente a estos resultados, se procesaron 2550 imágenes SAR desde el 1ro de octubre de 2022 hasta el 30 de junio de

2023 teniendo las estadísticas de los buques y las manchas de petróleo encontradas en el mismo período mediante el software SeonSE Portal. Estas nuevas prestaciones constituyen un nuevo enfoque en la vigilancia marina y un impacto en el sistema de alerta temprana de contaminación marina por petróleo, ya que el sistema es quien identifica las manchas, y envía la notificación y los pronósticos a los usuarios finales.

Este proyecto es contraparte de un proyecto internacional en colaboración con Italia; habiendo logrado tres importantes hitos:

Se ofrecieron 6 cursos de capacitación al personal participante en el proyecto, teniendo participación en el entrenamiento la compañía e-GEOS y la Fundación Euro-Mediterránea para el Cambio Climático (CMCC). Se desarrollaron cursos de entrenamiento con destacados profesores italianos en las temáticas: “Introducción al Radar de Apertura Sintética (SAR)”, “Detección de manchas de hidrocarburos y otros procesos ambientales” y “Modelación de la circulación oceánica”. En cada curso participaron veinte personas de diferentes Instituciones, el Instituto de Meteorología de Cuba como sede central, El Instituto de Ciencias del Mar (ICIMAR), El Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET) y el Instituto de Geografía Tropical (IGT). También hubo participación de los Centros Meteorológicos Provinciales de Pinar del Río, Villa Clara, Granma y Camagüey respectivamente. Continuando con la preparación, se efectuaron dos cursos en Roma: “Oil spill monitoring, predicting and updating in the slick

*Autor para correspondencia. Susana Montenegro Cancio. E-mail: susana.montenegrocancio@gmail.com

Recibido: 01/11/2023

Aceptado: 12/12/2023

Susana Montenegro Cancio. Instituto de Meteorología de Cuba, La Habana, Cuba. E-mail: susana.montenegrocancio@gmail.com

Alejandro Rodríguez Pupo. Instituto de Meteorología de Cuba, La Habana, Cuba. E-mail: alejandro.rodriguez@insmet.cu

Conflicto de Interese: No se presentan Conflicto de Interés.

Contribución de los autores: **Adquisición de datos, análisis e interpretación:** Alejandro Rodríguez Pupo. **Concepción y diseño de investigación:** Susana Montenegro Cancio. **Estructura y revisión de artículo:** Susana Montenegro Cancio y Alejandro Rodríguez Pupo.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

simulation” y “Numerical modeling system and process automation”, en el que participaron 3 integrantes del proyecto por entrenamiento. Luego de la instalación de la plataforma SEonSE en los servidores del INSMET, se efectuó el curso de entrenamiento: “Automatización y optimización de procesos”. Los temas del curso fueron: Introducción al SEonSE Engine y SEonSE Portal; detección de buques y correlación AIS; detección de derrames de petróleo; estimación de viento y oleaje con el SeonSE Engine; generación de reportes y publicación en el portal SeonSE. b. Transferencia tecnológica Se realizó la transferencia tecnológica pactada en la colaboración al instalarse la Plataforma SEonSE en el INSMET. Se instaló el SeonSE Portal en uno de los servidores adquiridos en el proyecto, y el SeonSE Engine en dos workstation PC. Paralelamente, se instalaron los modelos WRF, SWAN, ADCIRC para servicios operativos de pronóstico de viento, oleaje y corrientes marinas en el otro servidor que fue adquirido por el proyecto. Se pretende a corto plazo instalar el modelo PETROMAR-3D para pronóstico operativo de deriva de petróleo en el mar. Los NAS servers adquiridos por el proyecto, están siendo usados en la salva de datos SAR y productos derivados del procesamiento de las imágenes; y en el almacenamiento de salidas de los modelos, respectivamente. Al ser firmada por el INSMET el documento de licencia del software (EULA), la institución posee licencia perpetua para explotar la Plataforma SeonSE con los permisos para comercializar todos los procesamientos y productos de valor agregado; sin permiso para comercializar los softwares y las imágenes SAR.

ACCESO A IMÁGENES SAR CON COBERTURA DE TODO EL ARCHIPIÉLAGO CUBANO

Luego de ser firmada la licencia del software, comenzó a partir del 1ro de octubre de 2022, y hasta el 30 de junio de 2023, la descarga de las imágenes SAR desde el sitio <ftp.e-geos.it>, conforme al contrato firmado entre las partes. Este monitoreo de la Zona Exclusiva Económica de Cuba se basa en imágenes COSMO-SkyMed de tipo ScanSAR Huge, comprendiendo un área por imagen de 200 x 200 km con 100 m de resolución espacial, que cubren 350.000,00 km² del área de interés en 48 horas, y alcanzando el 80 % de cobertura. Esto hace que se obtengan 15 coberturas de cada área por mes. El servicio ofrece la posibilidad de extenderse hasta adquirir el total de imágenes previstas, en caso de la pérdida de adquisiciones por parte de los satélites. Se recibieron en total 2550 imágenes SAR. Cada una de estas imágenes fue procesada con las aplicaciones SEonSE Engine y SNAP-ESA en la búsqueda de manchas de petróleo y los posibles buques infractores

de los vertimientos de hidrocarburos. En todo este período se encontraron manchas de petróleo de menores proporciones en el área de interés, evidenciando en algunos casos, que por la zona transitan embarcaciones que llevan a cabo prácticas ilegales de vertimiento de hidrocarburos en el mar.

El proyecto obtuvo los resultados siguientes:

1. Fortalecer la inicialización del sistema PETROMAR - 3D a partir de la información satelital.

Se programó la inicialización de las corridas del modelo numérico de enfoque lagrangiano PETROMAR-3D, a partir de imágenes SAR. Para lograr el propósito, fueron empleadas las salidas de polígonos de manchas de hidrocarburos de las herramientas informáticas SeonSE Engine y SNAP-ESA, desarrollando nuevas funciones en el software PETROMAR3D. Paralelamente, se corrigieron errores en el cálculo del centro de masa que presentaba la versión anterior del modelo, y se mejoraron las salidas gráficas entre las que se destacan las salidas kml y netCDF. Estas nuevas prestaciones robustecen al modelo PETROMAR-3D, y lo posiciona como una herramienta de importancia meridiana dentro del monitoreo de manchas de petróleo en el mar, al estar preparado para dar respuesta operativa ante un evento de contaminación por petróleo en los mares alrededor de Cuba.

2. Introducir y Perfeccionar servicios hidrometeorológicos y ambientales con la tecnología incorporada.

Se desarrolló un sistema semi-automático de vigilancia y monitoreo de manchas de petróleo en los mares alrededor de Cuba con las herramientas informáticas SeonSE Engine, SeonSE Platform y PETROMAR-3D. Con este servicio, los usuarios reciben la notificación mediante un primer email desde el momento en que se detecta la mancha, y luego un segundo email con el mapa de la modelación de la deriva de petróleo para las 72 horas. Para tal propósito, fue desarrollado un script que corre automáticamente mediante una tarea programada en el sistema operativo, y maneja todas las aplicaciones informáticas del sistema diseñado con nuevas funciones y bibliotecas de Python. Paralelamente, fue efectuado con el software SeonSE Engine, el procesamiento digital de 2550 imágenes SAR adquiridas por el proyecto desde el 1ro de octubre de 2022 hasta el 30 de junio de 2023; haciendo el cálculo estadístico con el software SeonSE Portal.

3. Aplicación de la técnica de coherencia de imágenes SAR para el análisis de inundaciones costeras en Cuba.

Se implementaron de los métodos de detección de cambios, basados en la amplitud (ACD), y de la

coherencia interferométrica (CCD), a partir de imágenes SAR; utilizando el software SNAP (Sentinel Application Platform) para realizar el mapeo de las inundaciones costeras tomando como caso de estudio el Huracán Ian, y analizando de igual forma la extensión de la inundación costera obtenida con ambos métodos y comparándolas con los reportes realizados en las localidades afectadas.

Una de las variantes usadas para dar visibilidad al proyecto fue la promoción de los cursos de entrenamiento en las redes sociales Facebook y Twitter. Ejemplo de esto son las publicaciones en el grupo de Facebook INSMET AMA CITMA. <https://www.facebook.com/insmet.cuba.9>. Una segunda acción empleada, enfocada a la visibilidad, fue la creación de un proyecto en el sitio ResearchGate de la comunidad científica: <https://www.researchgate.net/project/Vigilancia-Marina-Marine-Surveillance>.

Fueron publicados además en el segundo semestre, 2 artículos en la sección de Cartas al editor de la Revista Cubana de Meteorología: Cursos de entrenamiento, colaboración internacional Cuba-Italia. <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/638/1305> y Cursos de entrenamiento, colaboración internacional Cuba-Italia. Parte II. <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/652/1340>. Estas publicaciones se enfocaron en informar de todo el proceso de capacitación e instalación de la herramienta SEonSE, para aumentar en el futuro el número de clientes a recibir los nuevos servicios. Por otra parte, dos tesis de grado de la Licenciatura en Meteorología en el Instituto Superior de Ciencias Aplicadas de la Universidad de la Habana, vinculadas al proyecto, fueron tutoradas: Selección de sitios para la obtención de energía maremotérmica terrestre utilizando tecnología satelital; y, Aplicación de detección de cambios de imágenes SAR en las inundaciones costeras. Impacto: Después de la capacitación del personal y las nuevas experiencias adquiridas con el procesamiento de las imágenes SAR, el personal capacitado en el proyecto Vigilancia Marina está calificado a un alto nivel técnico en el ámbito internacional; y en condiciones de llevar a cabo las tareas aun cuando finalice el proyecto. Desde el punto de vista tecnológico, se cuenta con la tecnología de punta para el procesamiento de las imágenes SAR bajo el enfoque marítimo; pudiéndose llevar a cabo un servicio de vigilancia y monitoreo de manchas de petróleo, y conductas inapropiadas en los buques que vierten contaminantes al mar alrededor de los mares de Cuba, y también en cualquier otra región geográfica que se necesite.

El impacto ambiental puede ser apreciado con la implementación de un sistema de vigilancia y monitoreo de manchas de petróleo en la ZEE de Cuba, que logra ejecutar el modelo de deriva de petróleo a partir del procesamiento digital de imágenes

satelitales. Por otra parte, los decisores pueden obtener la información detallada de la notificación y la modelación del destino de la mancha en el más breve tiempo posible, para poder mitigar el impacto del contaminante de forma óptima. El impacto económico también está cuando se evita que una mancha de petróleo llegue a un sector costero cuando, lo cual hace que no sea necesaria la limpieza en la costa, y que generalmente demora una semana. A ello se le agrega el ahorro en gastos de personal de limpieza, del empleo de sustancias (como el empleo de dispersantes) e instrumentos que son costosos. Adicionalmente, el sistema favorece el empleo de técnicas de respuestas que contiene recursos extremadamente costosos y organiza su empleo de manera apropiada. Con este nuevo sistema, se detectan además las embarcaciones que comenten indisciplinas de vertido de contaminantes al mar, lo cual puede representar el cobro de altas multas por dichas indisciplinas.

El proyecto también contribuye, como impacto social, a preservar las playas e instalaciones turísticas de la contaminación marina por petróleo, a crear conciencia del cuidado del medio ambiente, así como a evitar por parte de los pescadores lo vertimientos de hidrocarburos de manera ilícita al mar. Estas actividades, evidentemente, reportan ganancias económicas y hacen su contribución en la lucha contra la contaminación marina favoreciendo los ecosistemas y el entorno en general; aplicando los acuerdos internacionales en materia de cambio climático, como los Acuerdos de París y la Agenda de Rio de Janeiro.

Se establecieron vínculos con La agencia italiana e-GEOS como ejecutor principal de la contraparte italiana del proyecto internacional, se encargó de la gestión de la capacitación, la instalación de las herramientas informáticas de la transferencia tecnológica y el suministro de las imágenes SAR. Se están haciendo coordinaciones para, al menos, publicar un artículo. El Ministerio de Ambiente y Seguridad Energética de Italia (MASE), siendo el donante, participo en varias reuniones e inspecciones al personal del proyecto para evaluar los resultados según la capacitación que fue impartida. La valoración que dieron del trabajo llevado a cabo por el proyecto fue muy satisfactoria. La división OPA de la Fundación CMCC, que participó brindando capacitación en el proyecto y se encarga de realizar servicios de modelación de manchas de petróleo en el mar Mediterráneo, participó en ejercicio conjunto con los modelos MEDSLIK y PETROMAR-3D; tuvo la intención de invitar a 3 modeladores de PETROMAR-3D a un trabajo de mesa en la ciudad de Lecce. Este trabajo consistirá en la modelación conjunta de manchas de petróleo detectadas en la Zona Exclusiva Económica de Cuba, comparando los resultados con las imágenes satelitales de la evolución de dichas manchas.