



Producción de estadísticas experimentales: **Caso arribazones de masas de sargazo y otros residuos en las costas de República Dominicana**

Dirección de Estadísticas Demográficas,
Sociales y Ambientales



Créditos

Dirección General

Mildred Martínez, Directora General de la Oficina Nacional de Estadística

Coordinación técnica

Dirección de Estadísticas Demográficas, Sociales y Ambientales

Paola Rodríguez, Encargada del Departamento de Estadísticas Ambientales

Equipo técnico

Domingo Cruz, Analista de Estadísticas Ambientales

Apoyo técnico institucional

Crismairy Jiménez, Directora de Normativas y Metodologías

Alexis De Jesús, Encargado de División de Formulación y Seguimiento del Plan Estadístico Nacional

Leidy Ventura, Coordinadora de Estadísticas Ambientales

Grissel Arias, Encargada de Departamento de Geoestadísticas

Marcell Eusebio, Administrador de Geodatabase

Soporte Administrativo:

Mercedes De los Santos, Coordinadora de la Dirección de Estadísticas Demográficas, Sociales y Ambientales

Apoyo editorial

Raysa Hernández, Encargada del Departamento de Comunicaciones

Carmen Cabanes, Encargada de la División de Diseño y Publicaciones

Iván Ottenwalder, Corrección de estilo

Alondra Cornelio, Diseño y diagramación

Máximo Novas, Foto de Portada

Freepik, Iconos

Ficha técnica

Nombre de publicación	Producción de estadísticas experimentales: Caso arribazones de masas de sargazo y otros residuos en las costas de República Dominicana.
Objetivo general de la publicación	Documentar la aplicación de métodos experimentales en la producción de estadísticas ambientales, mediante el uso de fuentes no tradicionales basadas en imágenes captadas con drones, para la observación los arribazones de sargazo y otros residuos en zonas costeras de la República Dominicana.
Descripción general de la publicación	Presenta un ejercicio de producción de estadísticas experimentales sobre los arribazones de sargazo y otros residuos en las costas de la República Dominicana, utilizando imágenes captadas con drones.
Tipo de levantamiento	Levantamiento experimental mediante observación aérea con drones.
Último año de actualización de los datos	2023
Fecha de la publicación	Diciembre, 2025.
Periodicidad del producto	Corresponde a un ejercicio experimental de carácter puntual.
Cobertura geográfica	Zonas costeras del litoral Este de la República Dominicana.
Fuentes de información	Imágenes captadas mediante drones.
Unidad encargada	Departamento de Estadísticas Ambientales.
Medios de difusión de las publicaciones	Publicación digital a través de la página web de la ONE.
Contactos	Directora General de la Oficina Nacional de Estadística Mildred Martínez Correo: mildred.martinez@one.gob.do Tel. 809-682-7777 ext. 2101 Encargada del Departamento de Estadísticas Ambientales Paola Rodríguez Correo: paola.rodriguez@one.gob.do Tel. 809-682-7777 ext. 3719
Área encargada del Informe:	Departamento de Estadísticas Ambientales, Dirección de Estadísticas Demográficas, Sociales y Ambientales.

Índice de contenido

Siglas y acrónimos	6
Introducción.....	7
1. Objetivos y alcance.....	8
Objetivo General	8
Objetivos Específicos	8
Alcance.....	8
2. Marco conceptual	9
Estadísticas experimentales	9
Fotogrametría	10
Sargazo	10
3. Experiencia regional en la producción de estadísticas experimentales	11
4. Demanda de información estadística	12
5. Proceso estadístico	13
6. Metodología	13
Zonas seleccionadas	14
Diseño de la ficha de levantamiento	16
Herramienta de recolección de datos.....	16
Captura de imagen	17
Calidad de imágenes	17
Extracción y clasificación de información geoespacial	19
Códigos fuente del modelo	20
7. Resultados y hallazgos	21
8. Recomendaciones.....	24
9. Alianzas estratégicas para la incorporación de tecnologías emergentes en la producción estadística	25
Anexos	26

Índice de cuadros

Cuadro 1. REPÚBLICA DOMINICANA: Área ocupada por sargazo, Playa Cabeza de Toro, 2023 (Valores en km ²).....	21
Cuadro 2. REPÚBLICA DOMINICANA: Áreas ocupadas por residuos, Malecón de Santo Domingo, 2023 (Valores en m ²).....	23

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Indicadores propuestos a calcular	12
Ilustración 2. Lineamientos para el Proceso Estadístico en el Sistema Estadístico Nacional	13
Ilustración 3. Zonas identificadas para la realización de la prueba experimental, 2023	14
Ilustración 4. Ficha de levantamiento prueba piloto	26

Índice de mapas e imágenes

Mapa 1. REPÚBLICA DOMINICANA: Zonas identificadas para la realización de la prueba experimental, 2023	15
Mapa 2. REPÚBLICA DOMINICANA: Áreas ocupadas por sargazo, Cabeza de Toro, Higüey, 2023	22
Imagen 1. REPÚBLICA DOMINICANA: Áreas ocupadas por sargazo, Cabeza de Toro, Higüey, 2023	18
Imagen 2. REPÚBLICA DOMINICANA: Áreas de sargazo categorizadas, Cabeza de Toro, Higüey, 2023	19
Imagen 3. REPÚBLICA DOMINICANA: Áreas ocupadas por residuos, Malecón de Santo Domingo, 2023.....	23

Siglas y acrónimos

CSV	Comma Separated Values (Formato de archivo de texto separado por comas)
GEE	Google Earth Engine
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
MMARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
ONE	Oficina Nacional de Estadística
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
QGIS	Quantum Geographic Information System (Software libre de SIG)
SEN	Sistema Estadístico Nacional
SIG	Sistema de Información Geográfica
SIDS	Small Island Developing States (Pequeños Estados Insulares en Desarrollo)
TIF	Tagged Image File (Formato de imagen geoespacial)

Introducción

En los últimos años, la República Dominicana ha enfrentado un fenómeno ambiental de creciente incidencia: los arribazones masivos de sargazo en sus costas. Este residuo marino, cuya acumulación se intensifica de forma estacional, constituye un desafío significativo para la sostenibilidad costera y marina, al tiempo que afecta sectores estratégicos como el turismo, la pesca y las comunidades costeras, de acuerdo al Plan Nacional de Contingencia para el Manejo de las Arribazones del Sargazo en la República Dominicana del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

La contaminación del aire, el agua y el suelo derivada de las actividades antropogénicas impulsa transformaciones ambientales continuas, con efectos adversos potenciales sobre la biodiversidad, la agricultura, los recursos hídricos y la salud humana. En este contexto, los asentamientos humanos desempeñan un papel fundamental, ya que sus dinámicas de consumo y producción pueden generar presiones sostenidas sobre ecosistemas naturales, especialmente a través de la generación de residuos. La limitada disponibilidad de información sistemática sobre su comportamiento ha evidenciado la necesidad de desarrollar iniciativas orientadas a su medición, monitoreo y caracterización estadística.

Tradicionalmente, la información disponible sobre residuos marinos como el sargazo ha sido recolectada de forma puntual y reactiva, principalmente posterior a eventos climáticos extremos o situaciones de emergencia ambiental. Ante este escenario, la Oficina Nacional de Estadística (ONE), en su rol coordinador del Sistema Estadístico Nacional (SEN), ha impulsado el uso de fuentes no tradicionales y métodos innovadores que contribuyan al fortalecimiento de la producción de estadísticas ambientales, en consonancia con los estándares internacionales y las nuevas demandas de información para la gestión sostenible del territorio.

Estas acciones se enmarcan en el cumplimiento del Objetivo 4.1.3 de la Estrategia Nacional de Desarrollo (END) al 2030, orientado a “desarrollar una gestión integral de desechos, sustancias contaminantes y fuentes de contaminación”, correspondiente al Eje Estratégico 4: Sociedad de producción y consumo ambientalmente sostenible que se adapta al cambio climático.

Por lo anterior, la presente nota técnica documenta una experiencia de producción de estadísticas experimentales orientada a explorar la aplicabilidad de nuevas fuentes de información en el ámbito ambiental. El ejercicio metodológico se basa en el uso de imágenes georreferenciadas captadas mediante drones, herramienta tecnológica que facilita la observación, el registro y el análisis de los arribazones de sargazo y otros residuos en zonas costeras seleccionadas del territorio nacional.

Las estadísticas generadas bajo este enfoque se clasifican como estadísticas experimentales, al corresponder a un proceso en etapa exploratoria que permite evaluar la pertinencia, consistencia y calidad de nuevas técnicas de producción estadística. Si bien no cumplen inicialmente con todos los criterios de calidad requeridos para su oficialización, constituyen un paso clave hacia la consolidación de una producción estadística más flexible, innovadora y adaptativa, capaz de responder a los desafíos ambientales contemporáneos y de fortalecer el acervo estadístico nacional.

1. Objetivos y alcance

Objetivo general

Documentar la aplicación de métodos experimentales en la producción de estadísticas ambientales, mediante el uso de fuentes no tradicionales basadas en imágenes captadas con drones, para la observación de los arribazones de sargazo y otros residuos en zonas costeras de la República Dominicana.

Objetivos específicos

- Describir el diseño metodológico aplicado en el proceso estadístico desarrollado para los arribazones de sargazo y residuos costeros.
- Sistematizar las fases técnicas implementadas en el levantamiento de información mediante drones, incluyendo la planificación de vuelos, la captura de imágenes y el procesamiento preliminar de los datos.
- Evaluar la utilidad, las limitaciones y el potencial de escalabilidad de esta experiencia en el contexto del desarrollo de estadísticas experimentales dentro del Sistema Estadístico Nacional.
- Presentar las estadísticas experimentales generadas sobre el área cubierta por sargazo en las zonas de estudio.

Alcance

Este documento presenta los resultados de un ejercicio piloto desarrollado por la ONE, orientado a la recolección de información sobre los arribazones de sargazo y otros residuos en zonas costeras, mediante el uso de tecnología de drones. El ejercicio se circunscribe a una evaluación inicial de la viabilidad técnica del uso de imágenes georreferenciadas para la generación de estadísticas experimentales en zonas costeras específicas y en un período determinado.

El alcance del documento abarca la descripción de las etapas del proceso estadístico. Este ejercicio no forma parte de la producción estadística oficial, pero constituye una referencia para futuras metodologías dentro del marco de desarrollo de las estadísticas experimentales del Sistema Estadístico Nacional.



2. Marco conceptual

A continuación, se presentan distintos conceptos sobre estadísticas experimentales construidos por diversas organizaciones. Es preciso señalar que, para los fines de esta nota técnica, se utilizará específicamente la definición propuesta por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia (DANE).

Estadísticas experimentales

En primer lugar, Eurostat (2017) define las estadísticas experimentales como un conjunto de métodos y procedimientos utilizados para obtener datos de fenómenos que no están completamente definidos o para los cuales no existen datos suficientes o tradicionales. Estas estadísticas se caracterizan por ser pruebas de concepto en áreas donde las metodologías estadísticas convencionales no resultan plenamente aplicables o disponibles.

Por su parte, las Naciones Unidas (2018) consideran que las estadísticas experimentales constituyen un conjunto de datos generados para explorar nuevas formas de recolectar, procesar y presentar información, mediante el uso de tecnologías y métodos innovadores. Aunque carecen del mismo nivel de robustez que las estadísticas oficiales, su propósito principal es probar nuevas técnicas y mejorar la eficiencia en la producción de datos.

Asimismo, la Organización Internacional de Normalización (ISO, 2019) señala que estas estadísticas se generan a partir de enfoques metodológicos innovadores, como el uso de imágenes satelitales, drones o sensores. Generalmente, se trata de datos preliminares que permiten evaluar la viabilidad de los métodos antes de su adopción como estadísticas oficiales.

En esa misma línea, el Fondo Monetario Internacional (FMI, 2020) describe las estadísticas experimentales como datos obtenidos mediante tecnologías emergentes y fuentes no tradicionales, tales como dispositivos de monitoreo ambiental o redes sociales. Su finalidad es evaluar nuevos enfoques de recolección de datos con miras a su futura integración en la producción oficial.

El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2019) define las estadísticas experimentales como aquellas obtenidas a partir de fuentes no tradicionales o innovadoras, incluyendo registros administrativos, censos o encuestas no convencionales.

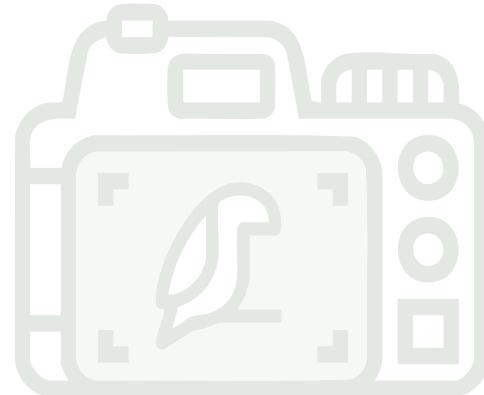
Estas se consideran recursos preliminares que permiten valorar la viabilidad de nuevos métodos antes de su incorporación formal al sistema estadístico nacional. Su propósito es fomentar la innovación en la recolección y tratamiento de datos, contribuyendo a una mejora continua de las estadísticas oficiales. Esta definición es la que se adopta para los fines de la presente nota técnica.



Fotogrametría

La fotogrametría es una técnica que permite obtener mediciones precisas a partir de imágenes captadas desde vehículos aéreos o a nivel del terreno. Mediante la corrección y procesamiento de dichas imágenes, es posible determinar información espacial como áreas, distancias y volúmenes, así como interpretar características de los objetos observados (IMTA, 2016).

De acuerdo con la American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS), la fotogrametría es el arte, ciencia y tecnología de obtener información fiable de objetos físicos o del entorno, a través de procesos de grabación, medición e interpretación de imágenes y patrones de energía electromagnética u otros fenómenos asociados.



Sargazo

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el sargazo es un tipo de alga marina que flota libremente y cumple funciones ecológicas importantes, como servir de hábitat para peces y tortugas. Se destaca que, su acumulación masiva en las costas del Caribe representa una amenaza ambiental, económica y sanitaria.



El Sargazo pertenece al género de macroalgas planctónicas de la clase Phaeophyceae (algas pardas). Puede alcanzar hasta cuatro metros de longitud, fijado al sustrato por un disco basal cónico de 1.5 cm de ancho. Presenta una coloración parda o verde negruzca y una estructura diferenciada en rizoides, estípites y lámina. Algunas especies poseen vesículas llenas de gas que les permiten mantenerse a flote y realizar la fotosíntesis; además, su textura resistente y flexible facilita la supervivencia en corrientes marinas fuertes (SADER, 2021).

Asimismo, el sargazo se considera un fenómeno ambiental observable y cuantificable, cuya presencia y extensión pueden medirse mediante sensores satelitales, registros locales y bases de datos, constituyéndose en un indicador clave para el monitoreo de impactos climáticos y la gestión costera (UABC, 2018).

3. Experiencia regional en la producción de estadísticas experimentales

La innovación en la producción estadística, como lo es la incorporación de buenas prácticas para la integración de datos y el uso de fuentes no tradicionales, se ha convertido en un componente esencial para fortalecer la capacidad de respuesta de los países frente al seguimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En este contexto, se requiere una inversión sostenida en datos, metodologías y capacidades que permitan ampliar la cobertura estadística y garantizar la coherencia, comparabilidad y calidad de la información producida.

Esta innovación abarca el uso de encuestas telefónicas y en línea, la combinación de registros administrativos con fuentes innovadoras, y la integración de información geoespacial y estadística. Dichas prácticas contribuyen a mejorar la disponibilidad y utilidad de los datos para la formulación de políticas públicas basadas en evidencia, al tiempo que promueven una visión territorial y multidimensional del desarrollo sostenible.

El uso de prácticas experimentales e innovadoras en el proceso estadístico permite atender circunstancias y necesidades específicas a nivel nacional, considerando las dimensiones geográfica y temporal de los fenómenos. Asimismo, facilita la combinación de fuentes tradicionales y no tradicionales, promoviendo una producción estadística más adaptativa, eficiente e inclusiva.

En la región, varios países han avanzado en la implementación de estadísticas experimentales apoyadas en tecnologías emergentes y fuentes no oficiales. Una experiencia destacada es la de la Red de Monitoreo del Sargazo de Quintana Roo, México, considerada una buena práctica regional. Esta iniciativa permite la recolección y gestión sistemática de información sobre los arribazones de sargazo mediante el uso de Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) y técnicas de fotogrametría, lo que ha fortalecido las capacidades de monitoreo ambiental en tiempo real (IMTA, 2016).

De igual manera, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) de Colombia ha desarrollado ejercicios de estadísticas experimentales utilizando imágenes satelitales (Landsat) y herramientas de análisis geoespacial como Google Earth Engine. Este enfoque permitió calcular la tasa de consumo de suelo en 138 ciudades sin datos previos, aplicando el método DEGURBA para la delimitación de áreas urbanas y técnicas de clasificación de imágenes para la estimación territorial.

En el caso de la República Dominicana, se emplea el sistema francés Collecte Localisation Satellite (CLS) para el monitoreo ambiental y el pronóstico de arribazones de sargazo. Este sistema aporta información clave para los procesos de alerta temprana y planificación costera, y constituye un insumo técnico relevante dentro del Plan Nacional de Contingencia para el Manejo de las Arribazones del Sargazo (PNCMAS, 2024), coordinado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Si bien la exactitud de las estimaciones puede variar según las condiciones oceanográficas y atmosféricas, la herramienta representa un avance significativo en la gestión informada del fenómeno.

En este marco, el presente ejercicio se suma a los esfuerzos regionales mediante el desarrollo de estadísticas experimentales ambientales, incorporando fuentes no tradicionales como las imágenes captadas por drones. Esta experiencia piloto contribuye a fortalecer la innovación estadística nacional y al desarrollo de nuevas metodologías aplicables a fenómenos emergentes, en línea con los compromisos del país hacia el fortalecimiento del Sistema Estadístico Nacional y el logro de los ODS.



4. Demanda de información estadística

La necesidad de contar con información continua y confiable sobre los arribazones de sargazo en el litoral costero dominicano responde a los compromisos asumidos por el Estado en materia de gestión ambiental y sostenibilidad. La disponibilidad de datos sistematizados sobre la acumulación de residuos, en particular plásticos y orgánicos, en las zonas costeras es clave para fortalecer la toma de decisiones informadas orientadas al saneamiento marino, así como para el seguimiento y evaluación de políticas públicas vinculadas a la conservación y protección de los recursos naturales.

En 2023, se expresó públicamente la urgencia de abordar los efectos del sargazo en las costas caribeñas, proponiendo la declaración de una emergencia regional. Como respuesta, se creó el Gabinete de Lucha contra el Sargazo, instancia encargada de coordinar y proponer políticas públicas orientadas a mitigar los efectos negativos de esta macroalga en el entorno marino y costero del país.

Esta declaración política evidenció la necesidad de contar con información oportuna, confiable y sistemática sobre la presencia, acumulación y desplazamiento del sargazo, para orientar acciones de monitoreo, intervención y evaluación de las políticas públicas vinculadas al saneamiento marino y la sostenibilidad ambiental.

De igual forma, la demanda de información estadística se enmarca en los lineamientos del Cuarto Eje Estratégico de la Estrategia Nacional de Desarrollo (END) 2030, referido a la sostenibilidad ambiental, así como en los objetivos del Plan Nacional Plurianual del Sector Público (PNPSP) 2024–2028, que incluye la política priorizada **“Sostenibilidad Ambiental y Cambio Climático”**.

Estos instrumentos están alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular con los ODS 3 (Salud y Bienestar), ODS 12 (Producción y Consumo Responsables), ODS 13 (Acción por el Clima) y ODS 14 (Vida Submarina), los cuales requieren información estadística precisa y actualizada sobre la calidad ambiental y los impactos sobre los ecosistemas marinos, especialmente en lo relativo a la limpieza costera y el manejo de residuos sólidos.

En este sentido, el ejercicio experimental realizado por la ONE contribuye a fortalecer la generación de estadísticas ambientales mediante fuentes no tradicionales, brindando evidencia para el diseño, monitoreo y evaluación de políticas públicas sostenibles.

Algunas de las estadísticas e indicadores que pueden derivarse de este ejercicio experimental incluyen:

Ilustración 1. Indicadores propuestos a calcular

-  Áreas costeras cubiertas por residuos
-  Áreas costeras cubiertas por sargazo
-  ODS 14.1.1 (b): densidad de desechos plásticos
-  Extensión de ecosistemas costeros y marinos (medidos en kilómetros cuadrados)

5. Proceso estadístico

Tomando como referencia los Lineamientos para el Proceso Estadístico en el Sistema Estadístico Nacional, se asumieron las fases del proceso estadístico; sin embargo, al tratarse de una prueba experimental, no todas aplican para este tipo de estudio.

Estos lineamientos tienen como objetivo proporcionar información detallada y precisa sobre los pasos y procedimientos involucrados en las diferentes fases para la producción de las estadísticas oficiales, garantizando así la estandarización en el modelo de producción de estadísticas oficiales, (ONE, 2023).

Ilustración 2. Lineamientos para el Proceso Estadístico en el Sistema Estadístico Nacional



Fuente: Elaboración a partir de los Lineamientos para el Proceso Estadístico, ONE.

6. Metodología

Como parte del proceso metodológico, se diseñó internamente un primer tablero de seguimiento a la presencia del sargazo en las costas de la República Dominicana durante los últimos cinco años. Esta herramienta preliminar permitió estructurar una base de datos que facilita el análisis temporal y espacial del registro del fenómeno. Para establecer los casos registrados, se utilizó como fuente principal el repositorio de la Red de Monitoreo de Sargazo (Sargassum Monitoring), una plataforma colaborativa que documenta diariamente la llegada de sargazo mediante el uso de imágenes fotográficas y videos enviados por los usuarios desde distintas zonas costeras.

El objetivo de este ejercicio fue desarrollar una herramienta automatizada que permita no solo la generación de información en tiempo real, sino la identificación de zonas afectadas relacionadas con la acumulación del sargazo, como insumo clave para la gestión ambiental y la toma de decisiones.

A partir de la base de datos estructurada en la ONE se generó la infografía titulada “[Escenario de Sargazo en Territorio Dominicano](#)”. En este producto se integran variables clave como: mes, año, municipio, playa y temperatura promedio mensual, centradas en las zonas turísticas con mayor frecuencia de arribazones, permitiendo una visualización más clara de la relación entre los arribazones y el entorno socioeconómico local.

Zonas seleccionadas

Para la ejecución de la prueba piloto, se seleccionaron un conjunto de zonas costeras específicas del litoral Este del país, seleccionadas con base en la presencia reportada de arribazones de sargazo durante el último mes de monitoreo. Este criterio de selección permitió focalizar el levantamiento en áreas con evidencia reciente de acumulación de residuos, tanto por macroalgas como por plásticos flotantes y otros desechos marinos.

La selección de los sitios se apoyó en la disponibilidad de información previa proporcionada por entidades nacionales vinculadas a la gestión ambiental y en reportes locales de afectación costera. Asimismo, se consideraron criterios de accesibilidad, condiciones meteorológicas y seguridad operativa para la utilización de drones en los levantamientos.

Este diseño, permitió priorizar zonas donde el fenómeno ha tenido registro de acumulación y, por ello, un impacto ambiental y social, con el objetivo de evaluar la viabilidad del uso de fuentes no tradicionales de datos en contextos reales de afectación costera. Los resultados obtenidos representan un punto de partida para el diseño de metodologías orientadas a la observación sistemática y la producción de estadísticas experimentales sobre residuos marinos y sargazo en la República Dominicana.

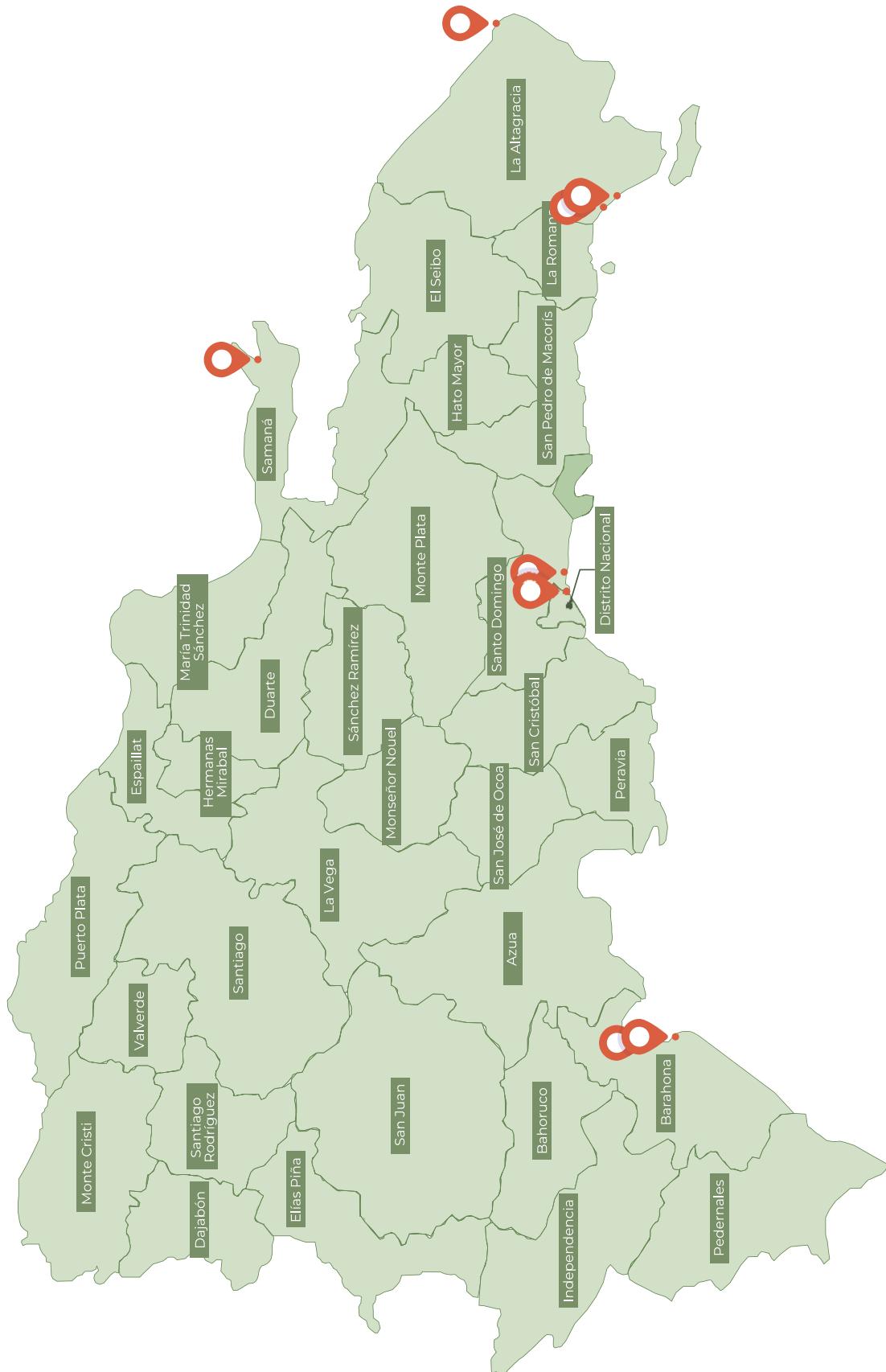
Ilustración 3. Zonas identificadas para la realización de la prueba experimental, 2023



Cabe destacar que las coordenadas geográficas presentadas en el siguiente mapa corresponden al punto inicial de referencia para cada vuelo. Las rutas de sobrevuelo fueron definidas previamente mediante polígonos georreferenciados, detallados en el apartado de resultados.

A partir de las zonas identificadas como prioritarias, se diseñó el plan de vuelo, considerando las condiciones geográficas, climáticas y logísticas necesarias para garantizar una adecuada cobertura aérea y recolección de información.

Mapa 1. REPÚBLICA DOMINICANA: Zonas identificadas para la realización de la prueba experimental, 2023



Diseño de la ficha de levantamiento

Con el propósito de garantizar la sistematización y estandarización de la información recolectada durante el ejercicio experimental, se elaboró una ficha de levantamiento orientada a registrar de manera estructurada los principales atributos observados en cada vuelo realizado con drones.¹

Esta herramienta permitió sistematizar la información capturada y facilitar su posterior análisis. La ficha fue diseñada bajo un formato simplificado para aplicación en campo, permitiendo capturar tanto información geoespacial como descriptiva sobre las condiciones observadas en las zonas costeras monitoreadas. Su estructura se organizó en siete secciones principales, detalladas a continuación:

Referencia geográfica: Incluye variables asociadas a la localización espacial del vuelo, tales como provincia, municipio y coordenadas geográficas (latitud y longitud).

Descripción del equipo: Se registra el modelo del dron utilizado, el tipo de cámara (por ejemplo, RGB, infrarroja o multiespectral) y la incorporación de sensores adicionales como LIDAR o GPS con corrección RTK.

Condiciones atmosféricas: Recoge información sobre la temperatura ambiental y las condiciones climáticas al momento del vuelo, factores que pueden influir en la calidad de las imágenes capturadas.

Plan de vuelo: Comprende variables técnicas como la altitud de vuelo (en metros), el área total cubierta (en km² o hectáreas) y la duración del vuelo (en minutos).

Resultados y datos capturados: Detalla la cantidad de imágenes recolectadas, la resolución (en píxeles) y el formato de los archivos generados (por ejemplo, JPEG, TIFF).

Identificación del operador: Incluye el nombre y firma del técnico responsable de la operación del dron, garantizando la trazabilidad y validación de los datos.

Observaciones: Sección destinada al registro de comentarios relevantes o situaciones particulares observadas durante el vuelo, que pudieran ser útiles para la interpretación de los resultados.

Herramienta de recolección de datos

Para la ejecución de la prueba piloto se empleó como herramienta principal de levantamiento un dron modelo DJI Phantom 4 Advanced, equipado con un sensor de cámara de alto rendimiento. Este dispositivo permitió la captura de imágenes aéreas de alta resolución, esenciales para el análisis espacial de las zonas costeras afectadas por los arribazones de sargazo.

De acuerdo con las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante, el equipo cuenta con las siguientes características:

- **Sensor:** CMOS de 1 pulgada
- **Resolución de imagen:** 20 megapíxeles (5472 × 3648)
- **Tamaño del sensor:** 13.2 mm × 8.8 mm
- **Distancia focal:** 8.8 mm (equivalente a 24 mm en formato full frame)
- **Tamaño del píxel:** 0.00241 mm
- **Autonomía de vuelo:** aproximadamente 28 minutos por batería



Estas especificaciones hacen que la herramienta sea adecuada para misiones de fotogrametría aérea, garantizando la captura de imágenes con alta precisión espacial y nivel de detalle. Dichas condiciones resultan fundamentales para el análisis de la cobertura costera y la identificación de acumulaciones de residuos asociadas al sargazo.

¹ Ver en Anexo la ficha de la prueba piloto.

Captura de imagen

Para la captura de imágenes, se ejecutó un plan de vuelo automatizado, en el cual se definieron los parámetros técnicos que el dron debía seguir durante toda la misión. Estos parámetros fueron configurados con el objetivo de garantizar imágenes con muy alta resolución (VHR), es decir, con un tamaño de píxel en terreno igual o inferior a 5 metros.

Una vez obtenidas las imágenes, se procedió al registro detallado en la ficha de levantamiento correspondiente a la prueba piloto, específicamente en lo relativo a las áreas ocupadas por residuos. Este procedimiento es fundamental para asegurar la calidad, comparabilidad y replicabilidad de los datos en futuras mediciones, facilitando así el monitoreo sistemático y continuo del fenómeno.

Calidad de imágenes

Las imágenes de muy alta resolución (VHR), caracterizadas por tener un tamaño de píxel igual o inferior a 5 metros, fueron inicialmente utilizadas con fines militares. Sin embargo, desde el lanzamiento del satélite IKONOS en 1999, este tipo de imágenes se ha puesto a disposición del ámbito civil y comercial. Sensores avanzados, como los del satélite GeoEye, permiten capturar imágenes en modos pancromático y multiespectral, alcanzando resoluciones de hasta 0.41 metros y 1.65 metros, respectivamente, mediante el uso de matrices lineales de detectores CCD.

En contraste, el uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT o drones) ofrece una alternativa versátil, ya que permiten ajustar la altura de vuelo para capturar imágenes de alta resolución de forma flexible. Por ejemplo, cámaras multiespectrales como la ADC Snap de Tetracam pueden montarse en drones y emplear tecnologías de detección similares a las satelitales. No obstante, estas imágenes generan grandes volúmenes de datos, lo cual requiere capacidades avanzadas de procesamiento, tanto a nivel de hardware como de software (Ojeda Bustamante, Flores Velázquez & Ontiveros Capurata, 2016).

En el caso específico del DJI Phantom 4 Advanced, y tomando como referencia una altura promedio de vuelo de 140 metros durante las misiones programadas, se puede estimar el tamaño del píxel en terreno (Ground Sample Distance, GSD) utilizando la siguiente fórmula:

$$GSD = \frac{H \times S}{F} \dots$$

Donde:

- H es la altura de vuelo (140 m),
- S es el tamaño del píxel del sensor en metros (0.00241 mm = 0.00000241 m),
- F es la distancia focal de la cámara (8.8 mm).

Sustituyendo los valores:

$$GSD = \frac{140 \times 0.00000241}{8.8} \approx 0.00003374 \text{ m} = 3.374 \text{ cm/pixel}$$

Considerando el proceso metodológico descrito previamente, se ejecutó el plan de vuelo del cual se generó el ortomosaico presentado en la imagen 1. Este producto cartográfico permite visualizar las áreas geográficas donde se identificó la acumulación de sargazo u otro residuo, constituyendo una referencia espacial clave para el análisis y monitoreo del fenómeno.

Imagen 1. REPÚBLICA DOMINICANA: Áreas ocupadas por sargazo, Cabeza de Toro, Higüey, 2023



Fuente: Elaboración a partir del Imágenes capturadas mediante drones.

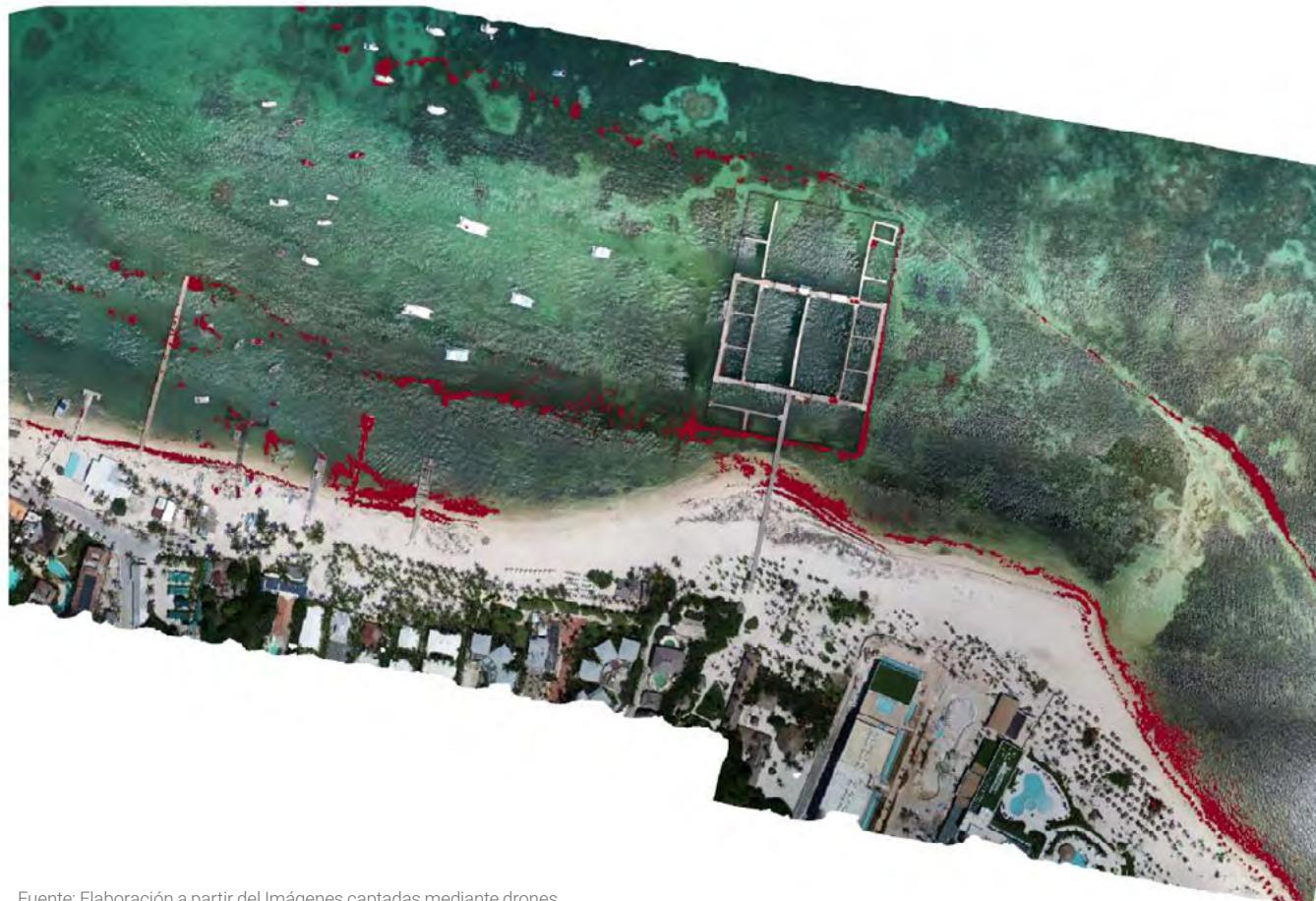
Extracción y clasificación de información geoespacial

Para el procesamiento y análisis de las imágenes específicamente las representadas en la siguiente imagen, se aplicó un modelo de Máquina de Soporte Vectorial (SVM, por sus siglas en inglés). Este método de clasificación supervisada utiliza una muestra de entrenamiento que permite asignar categorías a la totalidad del área geográfica evaluada, diferenciando las coberturas presentes en la superficie analizada.

En este ejercicio, el modelo empleó aproximadamente noventa puntos de muestreo para clasificar las áreas cubiertas por sargazo. Como resultado del proceso de clasificación, se estimó una superficie total analizada de 0.3429 km², de las cuales 0.0095 km² correspondieron a cobertura de sargazo en la Playa Cabeza de Toro, provincia La Altagracia.

Este procedimiento fue replicado para las demás zonas incluidas en la prueba piloto, garantizando uniformidad en el tratamiento y la comparabilidad de los resultados obtenidos.

Imagen 2. REPÚBLICA DOMINICANA: Áreas ocupadas por sargazo categorizadas, Cabeza de Toro, Higüey, 2023



Fuente: Elaboración a partir de las imágenes captadas mediante drones.

Posterior a la aplicación del modelo de clasificación, se generó un archivo ráster que delimita los polígonos correspondientes a las áreas ocupadas por sargazo. Este producto fue contrastado con la imagen original, con el propósito de evaluar la precisión y consistencia del modelo aplicado.

Códigos fuente del modelo

Script Máquina de Soporte Vectorial (SVM)

```
// Centrar el mapa en el área de estudio
Map.centerObject(img);
// Añadir imagen al mapa
Map.addLayer (img, {
  max: 230,
  min: 6.0,
  gamma: 1.0,
  bands: ['b1','b2','b3'],
  'Imagen dron');

// 2) CLASIFICACIÓN //
// Seleccionar bandas
var bands = img.bandNames();
// Unir los datos de entrenamiento de las distintas clases
var training_data = sargazo.merge(otros);
// "Muestrear las regiones
var svm_training = img.select(bands).sampleRegions(
  {collection: training_data,
   properties: ["land_class"], scale:1});

// Entrenar al clasificador
var svm = ee.Classifier.libsvm().train(
  features: svm_training,
  classProperty: "land_class",
  inputProperties: bands
);

// Obtener la imagen clasificada
var img_clas = img.select(bands).classify(svm);
// Paleta de colores
var paleta = [
  "#112ed6", //
  "#fffe46"]; //
// Añadir la imagen clasificada al mapa
Map.addLayer(img_clas, {min: 1, max:5, palette: paleta}, "LULC area de estudio");

// Exportar la imagen clasificada a Drive
Export.image.toDrive({
  image: img_clas,
  description: 'sargazo_rectificado',
  scale: 1,
  region: geometry})
```

7. Resultados

De las ocho (8) zonas costeras inicialmente planificadas para el levantamiento de información, solo fue posible completar el ejercicio en dos (2) de ellas. Esta limitación respondió a diversos factores logísticos y de campo, entre los que se destaca la intervención temprana de las comunidades locales, quienes ya habían retirado tanto el sargazo como otros residuos presentes en la zona antes de la llegada del equipo técnico.

Sin embargo, la ejecución de la prueba piloto permitió comprobar la viabilidad y confiabilidad del uso de tecnologías innovadoras para la generación de estadísticas experimentales orientadas a la gestión costera. En las zonas donde se completó el levantamiento, fue posible generar dos indicadores clave a partir del uso de drones y del análisis geoespacial:

- Área costera cubierta por residuos (inorgánicos y orgánicos)
- Área costera cubierta por sargazo

Los resultados obtenidos evidencian que, con una planificación adecuada y el soporte técnico necesario, esta metodología puede aplicarse de manera efectiva para el monitoreo del impacto del sargazo y otros residuos en las zonas costeras.

Asimismo, se constató la ausencia de una estacionalidad definida en el arribo del sargazo en las áreas analizadas, lo que representa un desafío para la programación operativa del monitoreo. Este hallazgo destaca la importancia de integrar información en tiempo real y fortalecer la coordinación local en las siguientes fases del proyecto.

En la tabla siguiente se presentan los resultados estadísticos derivados del ejercicio piloto. Cabe señalar que, a través del modelo de clasificación aplicado, se identificaron y agruparon los distintos elementos presentes en el área geográfica analizada. En este caso, la categoría “otros” comprende los elementos detectados en la imagen que no corresponden a sargazo ni residuos, tales como arena, vegetación, edificaciones, cuerpos de agua o vehículos.

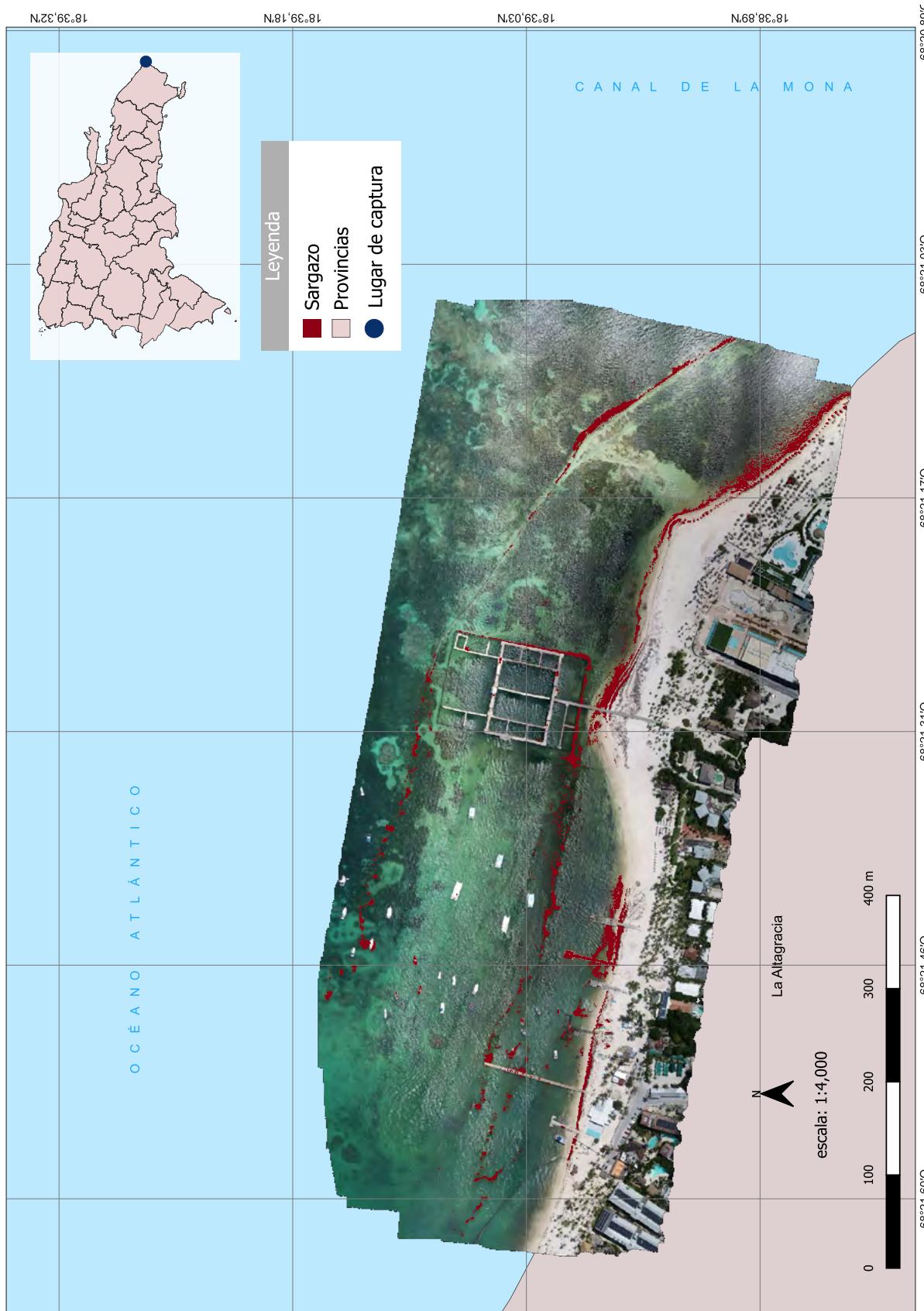
Cuadro 1. REPÚBLICA DOMINICANA: Área ocupada por sargazo,
Playa Cabeza de Toro, 2023
(Valores en km²)

Categorías	Área	Porcentaje de área ocupada
Sargazo	0.0095	2.78
Otros	0.3334	97.22
Total	0.3429	100.00

Fuente: Elaboración a partir de las imágenes captadas mediante drones.



Mapa 2. REPÚBLICA DOMINICANA: Áreas ocupadas por sargazo, Cabeza de Toro, Higüey, 2023



Fuente: Elaboración a partir de las imágenes capturadas mediante drones.

La imagen siguiente presenta las áreas cubiertas por residuos costeros y flotantes en el polígono correspondiente al Malecón de Santo Domingo, ubicado en el Distrito Nacional. Los resultados muestran que los residuos costeros abarcan un área de 760.48 m², mientras que los residuos flotantes ocupan aproximadamente 620.53 m².

Imagen 3. REPÚBLICA DOMINICANA: Áreas ocupadas por residuos, Malecón de Santo Domingo, 2023



Es importante señalar que, para este ejercicio en particular, no se aplicó el modelo de clasificación automática. En su lugar, las áreas cubiertas por residuos fueron delimitadas mediante un proceso de digitalización poligonal utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG), garantizando así la precisión espacial en la identificación de los elementos observados.

Cuadro 2. REPÚBLICA DOMINICANA: Áreas ocupadas por residuos, Malecón de Santo Domingo, 2023
(Valores en m²)

Categorías	Área
Residuos costeros	760.486
Residuos flotantes	620.535
Total	1,381.021

Fuente: Elaboración a partir del Imágenes captadas mediante drones.

8. Recomendaciones

Durante la ejecución de la prueba piloto se identificaron elementos clave que aportan al fortalecimiento del proceso de futuros ejercicios similares.

A partir de los resultados obtenidos, se proponen las siguientes recomendaciones orientadas al fortalecimiento del ejercicio:

- Establecer mecanismos de coordinación interinstitucional, para la recopilación de información.
- Explorar el uso combinado de fuentes de datos, integrando imágenes satelitales, sensores remotos y datos in situ, para complementar los resultados obtenidos mediante drones.
- Incentivar el intercambio de experiencia en el uso de nuevas tecnologías e innovación para la producción de información.
- Establecer la medición de los arribazones de sargazos en los instrumentos de planificación nacional dado que se ha identificado como un fenómeno de emergencia nacional.
- Garantizar los recursos técnicos y económicos necesarios.
- Incluir procesos de consulta y levantamiento de información con actores claves en las fases del proceso estadístico.

Este ejercicio piloto representa un avance significativo en la modernización del proceso estadístico nacional, al incorporar fuentes no tradicionales de información y metodologías basadas en innovación tecnológica. La experiencia adquirida fortalece las capacidades para desarrollar estadísticas experimentales ambientales, lo que contribuye al seguimiento de políticas públicas y compromisos internacionales en materia de sostenibilidad, gestión costera y cambio climático.

9. Alianzas estratégicas para la incorporación de tecnologías emergentes en la producción estadística

A partir de las recomendaciones realizadas del proceso, se llevó a cabo en la ONE un taller sobre el uso de drones para el monitoreo del sargazo y otros residuos, con el propósito de replicar el ejercicio previo desarrollado en el país. Este taller fue facilitado en colaboración con la Global Partnership for Sustainable Development Data (GPSDD) y Humanitarian OpenStreetMap Team (HOT), y permitió fortalecer capacidades técnicas en cartografía aérea mediante drones, así como promover el uso de tecnologías abiertas aplicadas a los procesos estadísticos.

El entrenamiento integró a diversos actores del Sistema Estadístico Nacional, academia, sociedad civil y sector privado, incorporando enfoques innovadores como el uso de datos generados por la ciudadanía y la cartografía participativa. Estos ejercicios experimentales buscan contribuir a reducir brechas de información existentes en materia ambiental, mejorar la disponibilidad y calidad de datos para la toma de decisiones.

Las actividades desarrolladas incluyeron vuelos de drones en zonas costeras y el uso de herramientas como el Drone Tasking Manager de HOT. La experiencia dejó aprendizajes relevantes para replicar y escalar iniciativas similares en otros contextos, entre ellos: la importancia de construir alianzas estratégicas, el fortalecimiento de capacidades locales a través de formación técnica y transferencia de tecnología y la creación de redes de colaboración para intercambiar experiencias.

Este piloto evidencia cómo las tecnologías abiertas, las capacidades locales pueden converger para impulsar soluciones oportunas, sostenibles y escalables en el ámbito de las estadísticas. El sargazo es solo uno de los múltiples desafíos emergente y esta experiencia constituye una oportunidad para la producción de estadísticas experimentales orientado a la innovación.



Anexos

Ilustración 4. Ficha de levantamiento prueba piloto

	Ficha de levantamiento para prueba piloto área ocupada por sargazo u otros residuos Versión 012023		
Fecha: _____			
Hora: _____			
Referencia geográfica			
Provincia:	_____	Municipio:	_____
Coordenadas: Longitud:	_____	Latitud:	_____
Objetivo del levantamiento:	_____		
Descripción del equipo:			
Modelo del dron:	_____	Cámara (s):	_____
		Sensores:	_____
Condiciones atmosféricas:			
Temperatura:	_____	Condiciones climáticas (Estado del tiempo):	_____

Plan de Vuelo:			
Altitud de vuelo:	_____	Cobertura de vuelo:	_____
		Duración del vuelo:	_____
Plan de Vuelo:			
Número de imágenes:	_____	Resolución de imágenes:	_____
Observaciones:	_____		

Nombre del operador del dron:	_____		
Firma:	_____		



Oficina Nacional de Estadística
Av. México esq. Leopoldo Navarro
Edificio de Oficinas Gubernamentales
Juan Pablo Duarte, pisos 8 y 9
Tel.: 809-682-7777 • Correo: info@one.gob.do