



Facultad de Ciencias e Ingeniería

Escuela de Ingeniería

Título de la monografía:

**SISTEMA GIS PARA ALERTA TEMPRANA DEL SARGAZO:
MONITOREO Y ACCIÓN PARA EL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE.**

Sustentada por:

Carlos Gómez	A00101061
Gianna Cedeño	A00104516
Maxim Pekush	A00104559

Asesores:

Ing. Santo Rafael Navarro

Ing. Mario Luciano

Trabajo Final de Grado para optar por el título de Ingeniero de software.

Distrito Nacional, República Dominicana

2023

***SISTEMA GIS PARA ALERTA TEMPRANA DEL SARGAZO:
MONITOREO Y ACCIÓN PARA EL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE.***

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por todas las bendiciones y por permitirme el regalo de la vida y la sabiduría para completar un paso más a mi formación como profesional y como ser humano.

A mis padres, Jon Gómez y Milagros Acosta por su compromiso, amor y apoyo incondicional, por las costumbres inculcadas que me han permitido ser un hombre de bien para nuestra sociedad.

A mis hermanos, Jonathan y John Lenny Gómez, por ser mis compañeros de vida, por compartir su sabiduría, amistad y confianza que han hecho en mi un combustible esencial para alcanzar esta preciosa etapa.

A Shantti Reinoso, Por su amor y apoyo incondicional en esta gran etapa de mi vida, recordándome las cosas de la que soy capaz.

A mis compañeros, Gianna Cedeño y Maxim Pekush, por su compromiso y amistad, su gran entrega en esta etapa final y por colaborar a lograr los mejores resultados de nuestro proceso de elaboración de este proyecto.

A la universidad APEC, Por su invaluable contribución a mi formación personal y profesional.

A nuestros asesores, Ing. Santo Navarro e Ing. Mario Luciano, por su gran dedicación y mentoría en el proceso de desarrollo de esta monografía, impulsándonos a dar el mejor resultado.

Carlos Gómez

A Dios, Por darme las fuerzas para seguir adelante con cada una de las etapas que representó tanto el proyecto como la carrera permitiéndome al fin cerrar un capítulo más en mi vida.

A mis padres, Lizi Belliard y Bernardo Cedeño por sostener mi mano cada vez que sentía que estaba por caer, Por creer en mi cuando yo no creía, por amarme con cada uno de mis defectos y por enseñarme que todo es posible mientras yo crea que es posible.

A mi hermanita, Arianna Cedeño por alegrarme y apoyarme con este proyecto a tu manera y bajo tus propios medios, porque escuchaste con atención cada vez que te contaba algo relacionado al proyecto, porque aguantaste todas las veces que te llamé para que vieras mi mockup y por quererme sin condiciones.

A UNAPEC y mis profesores, Porque gracias a esta institución conocí a mucha gente maravillosa tanto en las oficinas administrativas como en los salones de clase y gracias a los maestros que me llenaron de conocimiento y me prepararon para el siguiente nivel.

A mis Amigos, Bryant Rijo, Dashelle de Jesús, Ronel Pantaleón, Junior Mena, Luis Rodríguez, etc. por hacer que la universidad se volviese uno de mis lugares favoritos solo porque ustedes forman parte de él, por regalarme tantos momentos bonitos y ver en mí las cosas que a veces se me hacía difícil notar.

A mis compañeros, Carlos Gómez y Maxim Pekush por hacer que aquella idea que sugerí sin mucha esperanza se convirtiera en el proyecto más bonito que alguna vez me hubiese podido imaginar y por dar lo mejor de cada uno en este que es nuestro último esfuerzo antes de poder oficialmente llamarnos ingenieros.

A nuestros asesores, Ing. Santo Navarro e Ing. Mario Luciano por guiarnos por el mejor camino y motivarnos a aspirar a la excelencia en la monografía y en nuestra vida profesional y por darnos una mano amiga cuando fue necesario.

A Leonardo Miqui, Porque estuviste animándome en cada paso que dí durante el anteproyecto y monografía, por sufrir y emocionarte conmigo cada vez que te actualizaba de la situación y por aportar tus conocimientos en el diseño del Mockup.

Gianna Cedeño

A UNAPEC, por darme la oportunidad de recibir los conocimientos y experiencia y por contribución en el proceso de mi formación profesional.

A mis amigos y profesores, por apoyarme en el proceso de cruzar la carrera, por compartir sus habilidades y experiencias, por horas de trabajo dedicados a revisar y comentar este trabajo.

A nuestros asesores, Ing. Santo Navarro e Ing. Mario Luciano, por darnos la oportunidad de realizar este trabajo y por dedicar su tiempo en las revisiones y explicaciones.

A mis compañeros, Carlos Gómez y Gianna Cedeño, por dedicar su tiempo y por esforzarse en esta importante parte de la carrera y la entrega de este trabajo final.

A mi esposa, por el apoyo emocional en esta etapa de la vida, por tener la fe en mí y por recordarme de las cosas a que estoy capaz.

A mi familia, por siempre estar presente en mi vida, por apoyarme, creer en mí y darme los valiosos consejos.

Maxim Pekush

DEDICATORIAS

A Dios, por darme la salud y las fuerzas para alcanzar esta meta soñada, por ser mi norte y mi sostén.

A mi abuela, Marcelina Celenis Batista, el ángel que me cuida desde el cielo, que a pesar de no estar presente físicamente la llevo conmigo todos los días. Este logro es tuyo.

A mis padres, Jon Gómez y Milagros Acosta, por sus esfuerzos y sacrificio para brindarme una educación de calidad y ser mis modelos para seguir. Este logro es de ustedes.

A mis hermanos, Jonathan y John Lenny Gómez, por ser mi soporte incondicional, siempre estando presente en mis momentos difíciles. Este logro también es de ustedes.

Carlos Gómez

A Dios, Por darme la oportunidad de vivir esta experiencia y permitirme llegar a mi meta en salud y junto a las personas maravillosas que forma parte de mi vida.

A mis padres y mi hermana, Este logro también es de ustedes pues siempre me han dado mucho más de lo que alguna vez podría pedir. Los amo con todo mi corazón.

A mis abuelitas, Juana Liriano e Iselsa Polanco Porque, aunque ya no se encuentra en tierra para celebrar junto a mí, sé que están orgullosas como siempre me dieron a demostrar. Gracias por todo su amor y esperar de mi algo grandioso.

A mis Abuelitos, Bernardo Cedeño e Ignacio Belliard, Por enseñarme que siempre debo pensar en mi educación para poder echar pa' lante y ser una persona buena y capaz de valerse por sí misma. Gracias por todo su amor y gracias a Dios van a celebrar este logro conmigo.

A Naty Cedeño, por ser mi mejor amiga, confidente, la mejor animadora y tía del mundo, por llenarme de apoyo, bañarme de amor, siempre estar de mi lado y jamás dudar de mí. Te amo de aquí a la luna y vuelta.

A Yokasta Miñoso y Bryan Belliard, Porque son parte de cada uno de mis logros, por apoyarme en todo y estar ahí cuando nadie más estuvo. El amor que les tengo no se puede explicar con palabras. Les estoy eternamente agradecida por amarme tal como soy.

A María Isabel Sánchez, Porque, para empezar, este trabajo no existiría si esa tardé usted no hubiese dicho “¿Y el sargazo?”. Muchas gracias por todas sus enseñanzas, su paciencia, su disposición y su amistad. Este logro también es te usted. La quiero mucho.

Gianna Cedeño

A mi familia, quienes han sido el pilar fundamental en mi desarrollo y crecimiento, siempre acompañándome con su dedicación inquebrantable motivándome a ser una persona de valores y principios.

A mi esposa, le agradezco por su apoyo constante y por estar a mi lado en cada paso del camino, brindándome la fortaleza necesaria para alcanzar mis metas y objetivos. Su presencia ha sido un regalo invaluable en mi vida.

Maxim Pekush

RESUMEN

En la actualidad el sargazo ha representado un problema significativo para la Republica Dominicana. Pues, sectores económicos como el turismo y la pesca se han visto afectados por la acumulación masiva de la macroalga, así como los ecosistemas marinos más cercanos a las costas de nuestro país. El Ministerio de Medio Ambiente no está cumpliendo con su función de gestión y planificación preventiva ante el sargazo de manera adecuada debido a que no cuentan con una estructura organizacional que soporte la tarea de monitorear la trayectoria del sargazo, un plan de acción preventiva ante el mismo, un protocolo de información a las autoridades pertinentes de la presencia de la macroalga ni una herramienta especializada que integre los datos de las muestras de sargazo y agua de mar, datos geográficos y datos estadísticos para fácil acceso.

Por esto se propuso el diseño de una aplicación web para el monitoreo y alerta temprana del sargazo que permitirá tener todos los datos recolectados por los satélites y boyas marinas en un mismo lugar, almacenar información sobre las muestras de agua y sargazo y generar reportes estadísticos con el objetivo de facilitar la toma de decisiones y dinamizar el tiempo de respuesta ante la llegada del sargazo volviéndolo una herramienta valiosa para la mitigación del impacto que tiene esta macroalga en nuestras costas.

PALABRAS CLAVES

- Sargazo
- Sistema GIS para monitoreo del sargazo
- Satélite
- Ministerio de Medio Ambiente
- Boya
- Computación en la nube

INTRODUCCIÓN

La información se ha convertido en un pilar esencial para el mundo moderno, aquellos que recolectan información tienen la posibilidad de generar resultados y tomar decisiones basadas en el mismo, dado que, la competitividad para resolver los problemas de forma rápida y eficiente es determinantes entre el éxito y el fracaso de cualquier proyecto. Basado en lo mencionado previamente, los sistemas de información han logrado marcar un antes y un después en nuestra sociedad, práctica que se ha establecido en múltiples ramas tales como en el tráfico, en el clima y otras naturalezas. La Ingeniería de Software se apoya de este fundamento en desarrollar e implementar sistemas adaptados a las problemáticas del mundo moderno, posicionándose en un nivel de alta necesidad en todo el mundo. Esta idea se valida si se piensa en el crecimiento de las industrias aprovechando sus recursos de una forma más optimizada.

En los últimos años, la problemática del sargazo en las américas se ha agravado, afectando de manera significativa. Analizando el caso particular de la República Dominicana y El Ministerio de Medio Ambiente, institución pertinente con la directiva de hacer frente a esta problemática. Este organismo es vital para la protección del mismo, sin embargo, por razones externas, se ha quedado rezagada en el uso y aprovechamientos de nuevas tecnologías en procesos vitales y operaciones para asegurar su función destacándose dentro de los mismos el proceso de monitoreo y recogida del sargazo de las costas.

Continuando lo anteriormente mencionado, esta monografía aborda el planteamiento formal de la problemática que representa la proliferación del sargazo, identificando la causa de la misma y por último la propuesta para lograr los resultados más eficientes, apoyándose de las mejores prácticas disponibles. El objetivo principal de esta es diseñar un sistema de alerta temprana para el monitoreo y acción del sargazo basado en IoT que permitirá la detección y alerta del sargazo que arroja las costas, así elevando la competencia y contribuyendo a eficientizar las tareas del Ministerio de Medio Ambiente.

Partiendo de los 3 objetivos específicos que se apoyan del contenido de esta propuesta, dividida en los 3 siguientes capítulos:

- El primer capítulo titulado “Análisis de los Aspectos Generales del Monitoreo y Acción ante el sargazo por el Ministerio de Medio Ambiente”.
- El segundo capítulo titulado “Diseño de un Sistema GIS para la alerta temprana del sargazo para el monitoreo y acción del Ministerio de Medio Ambiente”.
- El tercer y último capítulo titulado “Evaluación de la propuesta del Sistema GIS para alerta temprana del sargazo de monitoreo y acción para el Ministerio de Medio Ambiente”.

Por medio de esta investigación y la propuesta de implementación elaboradas en esta monografía, la problemática señalada pueda cubrir los objetivos específicos de manera satisfactoria gracias a las capacidades y recursos que ofrece la ingeniería de Software.

INDICE GENERAL

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	12
PALABRAS CLAVES	12
INTRODUCCIÓN	13
INDICE GENERAL.....	15
INDICE DE IMÁGENES	19
INDICE DE TABLAS.....	21
CAPÍTULO 1: ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS GENERALES DEL MONITOREO Y ACCIÓN ANTE EL SARGAZO POR EL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE.	22
1.1 CONCEPTUALIZACIÓN DEL SARGAZO.	23
1.2 ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL SARGAZO.....	25
1.2.1 Tipos de sargazo	25
1.2.2 Consecuencias del sargazo.....	27
1.2.3 Beneficio del sargazo.....	28
1.3 CARACTERÍSTICAS Y TENDENCIAS DEL SARGAZO EN LA REPUBLICA DOMINICANA. ..	30
1.3.1 Características.....	30
1.3.2 Tendencias del sargazo	31
1.4 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SARGAZO POR EL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE.....	42
1.4.1 Entidad encargada de monitorear el Sargazo en República Dominicana	42
1.4.2 Estructura orgánica del Viceministerio de Recursos Costeros y Marinos.....	43
1.4.3 Resultados de la entrevista a miembro del equipo de monitoreo del sargazo en el Ministerio de Medio Ambiente.	44
1.4.4 Proceso actual que sigue el Ministerio de Medio Ambiente para monitorear el sargazo	44
1.4.5 Análisis FODA.....	45
1.4.6 Fortalezas.....	46
1.4.7 Oportunidades	47
1.4.8 Debilidades	47

1.4.9	Amenazas	48
1.4.10	Matriz FODA	49
1.4.11	Estrategias del análisis FODA	49
1.5	RESUMEN DEL CAPÍTULO 1	51
CAPÍTULO 2: DISEÑO DE UN SISTEMA GIS PARA LA ALERTA TEMPRANA DEL SARGAZO PARA MONITOREO Y ACCIÓN DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE.		53
2.1	CONDICIONES PREVIAS AL DISEÑO DE LA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA	54
2.2	ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD	55
2.2.1	Factibilidad técnica	55
2.2.2	Factibilidad Económica	57
2.2.3	Factibilidad Operativa	62
2.3	REDEFINICIÓN DE PROCESOS Y OBJETIVOS	63
2.3.1	Procesos	63
2.3.2	Objetivos	63
2.4	DIAGRAMA DE FLUJOS BASADO EN LOS PROCESOS	65
2.5	REQUERIMIENTOS Y REQUISITOS DEL SISTEMA GIS PARA LA ALERTA TEMPRANA DEL SARGAZO PARA MONITOREO Y ACCIÓN POR EL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE.	71
2.5.1	Requerimientos funcionales	71
2.5.2	Requerimientos no funcionales	72
2.5.3	Requisitos del sistema	73
2.5.4	Casos de Uso	74
2.6	ARQUITECTURA EN LA NUBE	80
2.6.1	Definición de Computación en la nube	82
2.7	ARQUITECTURA DE SEGURIDAD Y COMUNICACIÓN	83
2.8	ARQUITECTURA EXTERNA DE SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	84
2.8.1	Definición de Satélite	85
2.9	Características del Satélite Sentinel	86
2.9.1	Definición de Boya	87
2.10	ARQUITECTURA INTERNA DE SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	87
2.11	DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (UI/UX)	87
2.11.1	Interfaz de Usuario	88
2.11.2	Experiencia de Usuario	88
2.11.3	Mockups	89
2.11.4	Reportes	103

2.11	DISEÑO DE BASE DE DATOS ESPACIAL.....	104
2.11.1	<i>Concepto de base de datos espacial</i>	104
2.11.2	<i>Diagrama Entidad - Relación</i>	105
2.12	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	107
2.13	RESUMEN DEL CAPÍTULO 2.....	108
CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DEL SISTEMA GIS PARA ALERTA TEMPRANA DEL SARGAZO DE MONITOREO Y ACCIÓN PARA EL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE.....		109
3.1	VALORACIÓN DEL SISTEMA GIS PARA ALERTA TEMPRANA DEL SARGAZO: MONITOREO Y ACCIÓN PARA EL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE.....	110
3.2	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA GIS PARA ALERTA TEMPRANA DEL SARGAZO: MONITOREO Y ACCIÓN PARA EL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE.....	111
3.2.1	<i>Fortalezas</i>	111
3.2.2	<i>Debilidades</i>	111
3.2.3	<i>Oportunidades</i>	111
3.2.4	<i>Amenazas</i>	112
3.3	RESUMEN DEL CAPÍTULO 3.....	113
4.	CONCLUSIONES.....	114
5.	RECOMENDACIONES.....	115
6.	ANEXOS.....	116
6.1	ENTREVISTA AL SEÑOR ENRIQUE PUGIBET DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE.....	116
6.2	ANTEPROYECTO DEL SISTEMA DE MONITOREO Y ACCIÓN PARA LA ALERTA TEMPRANA DEL SARGAZO EN EL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE.....	121
1.	SELECCIÓN DEL TÍTULO Y DEFINICIÓN DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN ...	122
1.1	SELECCIÓN DEL TÍTULO:	122
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	123
4.	JUSTIFICACIONES TEÓRICA, METODOLÓGICA Y PRÁCTICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	125
4.1	JUSTIFICACIÓN TEÓRICA:.....	125
4.2	JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA:.....	126
4.3	JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA:.....	126
5.	MARCO REFERENCIAL.....	128
5.1	MARCO TEÓRICO:.....	128
5.2	MARCO CONCEPTUAL:.....	130
5.3	MARCO ESPACIAL:	133
5.4	MARCO TEMPORAL:	133
6.	ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	134

6.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN:	134
6.2	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:	134
6.3	FUENTES Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN:	135
7.	TABLA DE CONTENIDO PRELIMINAR.....	136
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	138
	BIBLIOGRAFÍA	141

INDICE DE IMÁGENES

Figura 1. Hombre intenta recoger sargazo en playa Del Pescador en Guayacanes.	24
Figura 2. Dirección de la corriente marina en el Océano Atlántico.	25
Figura 3. Sargassum fluitans en su habitat natural.	26
Figura 4. Sargassum vulgare en herbario de Puerto Rico.....	27
Figura 5. Diferentes tipos de recolección de sargazo en playas de México, Rivera Maya.	33
Figura 6. Unicorn Scarbat 1.5, Maquina Limpiadora de sargazo en República Dominicana.	34
Figura 7. Pronóstico trayectoria del Sargazo del 5 al 10 de junio.	36
Figura 8. Edificio del Ministerio de Medio Ambiente.....	42
Figura 9. Organigrama del Viceministerio de Recursos Costeros y Marinos.	44
Figura 10. Ejemplo Análisis FODA.	46
Figura 11. Matriz FODA sobre el proceso actual de monitoreo de sargazo en el Ministerio de Medio Ambiente.....	49
Figura 12. Representación de las estrategias del análisis FODA.	50
Figura 13. Organigrama propuesto de acuerdo con la solución.....	62
Figura 14. Diagrama de flujo – Proceso 1.....	65
Figura 15. Diagrama de flujo – Proceso 2.....	66
Figura 16. Diagrama de flujo – Proceso 3.....	67
Figura 17. Diagrama de flujo – Proceso 4.....	68
Figura 18. Diagrama de flujo – Proceso 5.....	69
Figura 19. Diagrama de flujo – Proceso 6.....	70
Figura 20. Caso de Uso – Proceso 1.....	75
Figura 21. Caso de Uso – Proceso 2.....	76
Figura 22. Caso de Uso – Proceso 3.....	77
Figura 23. Caso de Uso – Proceso 4.....	78
Figura 24. Caso de Uso – Proceso 5.....	79
Figura 25. Caso de Uso – Proceso 6.....	80
Figura 26. Arquitectura de Seguridad y Comunicación – Sistema de alerta temprana de sargazo.	84
Figura 27. Arquitectura externa de SIG – Sistema de alerta temprana de sargazo.....	85
Figura 28. Imagen tomada desde el satélite Sentinel-2.....	86
Figura 29. Arquitectura interna de SIG – Sistema de alerta temprana de sargazo.....	87
Figura 30. Login – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.	89
Figura 31. 2-Step Verification – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.....	90
Figura 32. Home – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.....	91
Figura 33. Dashboard – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.....	92
Figura 34. Archivos Exportados Desde el Dashboard – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.....	93
Figura 35. Sargazo Live– Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.	94
Figura 36. Playas Más Vulnerables – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.	95
Figura 37. Archivos Exportados Desde Sargazo Live – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.....	96

Figura 38. Información de Las Muestras de Sargazo – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.....	97
Figura 39. Archivo de Resultados Muestra Sargazo – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.....	98
Figura 40. Información de La Calidad del Agua – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.	99
Figura 41. Archivo de Resultados Calidad Agua – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.	100
Figura 42. Administrar Usuarios – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.	101
Figura 43. Administrar Permisos del Usuario – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.	102
Figura 44. Documentación – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.	103
Figura 45. Reporte – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.	104
Figura 46. Diagrama entidad-relación de la base de datos – Sistema de alerta temprana de sargazo.	106
Figura 47. Cronograma de actividades – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.	107

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estimación de los recursos financieros necesarios para Hardware. Fuente: Autoría propia, (2023).....	58
Tabla 2. Estimación de los recursos financieros necesarios para Software. Fuente: Autoría propia, (2023).....	60
Tabla 3. Estimación de los recursos financieros necesarios para Software. Fuente: Autoría propia, (2023).....	61
Tabla 4. Requerimientos funcionales del módulo propuesto. Fuente: Autoría propia, (2023).....	72
Tabla 5. Requerimientos no funcionales del módulo propuesto. Fuente: Autoría propia, (2023).	73
Tabla 6. Requisitos mínimos del sistema. Fuente: Autoría propia, (2023).	73
Tabla 7. Requisitos recomendados del sistema. Fuente: Autoría propia, (2023).	74

***CAPÍTULO 1: ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS GENERALES DEL
MONITOREO Y ACCIÓN ANTE EL SARGAZO POR EL MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE.***

1.1 Conceptualización del sargazo.

El sargazo (lat. *Pelagic Sargassum*) es una especie de macroalga marrón o verde oscuro (casi negro) que por su estructura y componentes químicos esta “desempeñando un papel clave en el desarrollo de una amplia variedad de especies marinas, como tortugas, peces, invertebrados y aves.” (Nava-Jiménez et al., 2022). El sargazo es un alga marina de estructura multicelular que puede crecer flotando en aguas tibias a varios metros de diámetro y no necesita un sustrato para su crecimiento. Los tipos de alga que más frecuentan las aguas del caribe son: *Sargassum fluitans* y *Sargassum natans*; Ambas especies del orden Fucales. Estas dos especies de *Sargassum* pueden acumular gases dentro de vesículas llamadas aerocistos ayudando a redes grandes de algas flotar y realizar la fotosíntesis. En los años recientes, dichas macroalgas han estado creciendo sin control y más rápido de lo que se creía posible por razones que aún permanecen inciertas Provocando que las aguas se contaminen por los componentes químicos que liberan durante la fase de descomposición, poniendo en peligro a muchas especies marinas y causando impacto socioeconómico en los países a cuyas costas llega en cantidades excesivas como es el caso de Republica Dominicana, México y muchos otros países del Caribe.

La acumulación de sargazo en altas cantidades puede provocar reducción de oxígeno en las aguas, causar daños a las especies marinas como como es el caso de las tortugas marinas (una especie protegida en la Republica Dominicana), promover el crecimiento de bacterias, generar desagradables y peligrosos lixiviados y hasta causar la erosión de las playas según el artículo de estudio de Nava-Jiménez et al. (2022). Cuando el sargazo se acumula en grandes cantidades próximo a las costas pueden obstruir la llegada de la luz solar al fondo del mar poniendo en riesgo la flora marina como los corales y las praderas marinas que dependen de la luz solar para la fotosíntesis, causando un efecto en cadena para las especies de animales marinos que dependen de los corales o las algas marinas localizadas en las profundidades como fuente de alimentación.

El sargazo no monitoreado también tiene un efecto socioeconómico, y es que al entrar en contacto de las costas el calor es más intenso y causa que la macroalga entre en estado de descomposición haciendo que desprenda un olor desagradable que espanta

a la gente. También impide que las personas puedan disfrutar de nadar en las aguas del mar en paz. Esto aleja a las personas de las playas afectando directamente a la industria hotelera y los comercios playeros lo cual repercute directamente en el turismo el cual es la fuente principal de ingreso de República Dominicana. También afecta a la industria pesquera ya que el sargazo modifica la integridad de las aguas con sus químicos causando que la misma sea inhabitable para los peces y mueran en consecuencia. Además, en ocasiones se pueden encontrar peces y otros animales enredados entre los arribazones, asfixiados por la cantidad de macroalga.

Figura 1. *Hombre intenta recoger sargazo en playa Del Pescador en Guayacanes.*



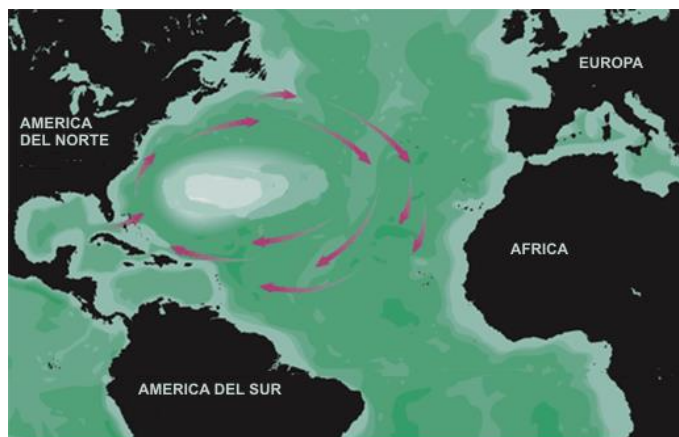
Nota. La imagen representa acumulación de sargazo en las playas de la República Dominicana. Tomada de *Diario Libre* por Acevedo, D., (2023).

1.2 Origen y evolución del sargazo.

El sargazo se origina con la macroalga *Sargassum* en el Mar de los Sargazos, ubicado en una sección del Océano Atlántico que alberga el alga. Se encuentra rodeado por las corrientes oceánicas a lo largo del trópico de Cáncer. Es un mar con aguas calmadas, pero debido a su poca incidencia de lluvias hace que esta sección en el océano tenga una temperatura más elevada de lo normal, esto con el paso de los años ha causado que el alga que reside en el fondo del Océano se desprenda hacia la superficie. En el mismo sentido el alto nivel de sal y la poca presencia de nutrientes ha hecho que el organismo flote y por las corrientes que les rodea se acumulen con residuos plásticos.

Múltiples especies han tomado la biomasa de sargazo como una estación para descansar para las aves y para ocultarse de los depredadores, especialmente las tortugas marinas y los cangrejos.

Figura 2. Dirección de la corriente marina en el Océano Atlántico.



En particular durante la temporada ciclónica, el sargazo puede verse disperso llegando a las costas de países como México y la República Dominicana.

Nota. Representación gráfica de las corrientes en el Mar de los Sargazos. Tomado de Wikipedia por Antur, (2007).

1.2.1 Tipos de sargazo

En el ecosistema marino existen múltiples tipos de macroalga *Sargassum*, entre las más comunes se encuentran:

Sargassum natans: Presente en México y todo el Caribe, esta macroalga de forma de arbusto tiene hojas estrechas y de color marrón, debido a sus forma alargada y hojas de tejedura se adhieren a otras macroalgas, por lo que es común encontrarlas flotando en grandes cantidades.

Figura 3. *Sargassum fluitans* en su habitat natural.



Sargassum fluitans: Esta especie comparte similitudes con *Sargassum natans*, su mayor diferencia radica en la presencia de múltiples tallos y flores llenas de gas con un tamaño ligeramente menor. Al igual que su especie hermana, se encuentra presente en el Mar Caribe y el Océano Atlántico.

Nota. La imagen representa el alga de especie *Sargassum fluitans*. Tomada de *Algaebase* (2021).

Sargassum fluitans

Sargassum vulgare: Es la especie más común de sargazo, presente en las costas de múltiples continentes. Normalmente fija en el fondo de marea bajas. Su textura se concreta de hojas lineales y dentadas.

Sargassum pallidum: Es la especie presente en todo el este de Asia, debido a su textura de menor masa que el resto al llegar a la costa se secará más rápido. En la actualidad es utilizado como un remedio para la medicina natural.

Figura 4. *Sargassum vulgare*
en herbario de Puerto Rico.



Nota. La imagen representa el alga de especie *Sargassum vulgare*. Tomada de *Algaebase* por Agardh, C., (2021).

1.2.2 Consecuencias del sargazo

Se ha identificado múltiples consecuencias debido al fenómeno del sargazo en las costas mexicanas y caribeñas con una extensión que amenaza a Suramérica. En el caso de la República Dominicana su mayor consecuencia se registraría en un impacto negativo para el sector turístico, salud humana y medioambiental. El sargazo ocupa las costas, invadiendo el ecosistema marino y propaga el desarrollo de bacterias que amenazan las especies animales y vegetales, esto se debe a que el sargazo obstruye el paso de la luz solar al océano. Esta alga cuenta con la capacidad de reproducirse mientras está flotando en el agua. “Según datos de la ONE, abril fue el mes con más casos de sargazos (42.5%) reportados en las distintas zonas del país en lo que va de 2023. Le sigue marzo, con el 27.6%, y luego enero, con 25.4%, según el reporte oficial.” (De Jesús, 2023).

Otra consecuencia significativa hacia la salud animal es el hedor que libera el sargazo cuando inicia su proceso de descomposición en el área, se liberan gases arsénicos, esto puede traducirse como una amenaza para la salud de la población costera. Previamente mencionado, el sector turístico siendo uno de los principales motores de la economía dominicana se ve reducido en gran medida debido al cierre de las playas.

Por último y no menos importante, el sector pesquero es también afectado de forma negativa, esto se debe a la migración masiva de muchas especies de peces en búsqueda

de nutrientes, dificultando la labor de los pesqueros, entra aquellas especies podemos mencionar: Peces, Cangrejos, Tortugas marinas y Langostas.

1.2.3 Beneficio del sargazo

De acuerdo con la investigación de Laura (2020) Las algas son ricas en fibra soluble e insoluble y se ingieren crudas o se agregan a preparaciones diversas. La fibra insoluble ayuda a la digestión y la salud del colon. La fibra soluble puede ayudar a prevenir la formación de la placa aterosclerótica y la incidencia de enfermedades coronarias. Las algas del género *Sargassum* tienen más fibra que alimentos integrales tradicionales como el arroz integral y las lentejas” se ha identificado y determinado múltiples beneficios que el alga del sargazo puede ofrecer para la economía de la República Dominicana y países allegados.

De igual forma, puede ser utilizado para nuevas oportunidades de negocio en campos como la medicina, los cosméticos y alimento para la cría de animales en tiempos de sequía donde el pasto escasea durante las altas temperaturas del verano.

La comercialización del sargazo como una materia prima impulsaría la industria de productos alimenticios ya que contiene una cantidad considerable de ácido algínico, un coloide que se utiliza en darle textura al chantillí, la crema batida, entre otros productos aseguró José Luis Godínez Ortega, especialista en macroalgas y responsable del laboratorio de ficología de la UNAM según el artículo de Toche, N., (2015). Naciones que pertenecen al continente asiático lo han adaptado como una alternativa más saludable a los alimentos tradicionales con alto nivel de pesticidas. De igual manera, las algas de sargazo pueden beneficiar al ser humano con la digestión y salud general al colon.

Otros productos beneficiosos que se pueden producir a base del sargazo son los biocombustibles como etanol, biodiesel, metano entre otros por la capacidad del sargazo de acumular el dióxido de carbono de acuerdo con las investigaciones que fueron concluidas por el Centro de Investigación Científica de Yucatán como se discute en el artículo de Arratibel, A., (2022). En dichas investigaciones fueron determinados métodos para la creación de una nueva generación de biocombustibles orgánicos y cien

porcientos renovables. La bioenergía de una materia prima como las algas marinas es más sostenible que las alternativas de la caña de azúcar, maíz y las semillas oleaginosas.

De acuerdo con los potenciales beneficios del sargazo, Según Rosa Rodríguez de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), (2022) "El sargazo también es activador del crecimiento de plantas, resultando en un magnífico bioestimulante", es posible aprovechar el 100% del sargazo sin residuos, gracias a una metodología en estado de prototipo para ser un reemplazo sostenible a los cultivos utilizado para alimentar el ganado, tales como el maíz, y el pasto. Se plantea su uso para la creación de bioplásticos y material desechable de construcción. Se reconoce que hay múltiples industrias que tienen la capacidad para dedicarse al estudio del vegetal marino para conocer su composición de nutrientes.

Por el momento, el mayor impedimento se debe a que carece de permisos para comercializarlo ya que hablamos de un material nuevo y existe un vacío legal que impide el aprovechamiento de este recurso.

1.3 Características y Tendencias del sargazo en la Republica Dominicana.

1.3.1 Características

A continuación, se destacan las principales características del sargazo:

1. El sargazo es de tonalidad verde opaco cuando se encuentra anclada al manto rocoso, pero luego se torna café cuando se seca.
2. Tienen una estructura de forma arbustica donde el talo es el eje central y se divide en sujetador que funciona como ancla para mantenerse adherido al sustrato, estipes filoides que son lo que parecen hojas insertadas en la espiral a lo largo del estipe y, por último, los aerocistos que son los que almacenan el gas que ayuda al sargazo a mantenerse a flote.
3. Wang et al. (2019) plantea que desde el año 2011 se ha formado un cinturón de sargazo en el Atlántico, que se extiende desde el occidente africano hasta el golfo de México, con 8.850km de largo y más de 20 millones de toneladas de biomasa.
4. La formación del cinturón del sargazo es atribuida al aporte de nutrientes provenientes del occidente africano, de la cuenca del río Amazonas, del polvo del Sahara y de la eutrofización de las aguas del Caribe (Rodríguez-Martínez et al., 2016; Serebryakova et al., 2018; Wang et al., 2019).
5. Por un lado, el sargazo proporciona un hábitat importante para los organismos migratorios que se han adaptado específicamente a esas algas flotantes, como cangrejos, camarones, tortugas marinas y algunas especies de peces comercialmente importantes como el atún y el marlín (Oyle y Franks, 2015). también, el sargazo proporciona alimento para el ecosistema costero y ayuda a estabilizar la costa (Cuevas et al., s/f; Rivera et al., s/f; Gill et al., s/f).
6. Por el contrario, Cuando el sargazo llega a las costas y empieza el proceso de descomposición, se vuelve perjudicial para la salud marina. A veces

causa que algunas especies marinas queden asfixiadas tratando de cruzar a través de la marea parda, De la misma forma impide que las tortugas marinas cumplan con el proceso de anidación ya que el sargazo no les permite llegar a las costas y aunque puedan llegar, los protocolos de recogida del sargazo pueden poner a las tortugas y sus crías en riesgo.

7. Pueden causar que algunas plantas marinas y corales no reciban suficiente luz dificultando el proceso de fotosíntesis.
8. Del lado de la economía afecta al turismo puesto que el sargazo desprende un olor fuerte y desagradable y arruina la estética del lugar causando disgusto por parte de los turistas; del mismo modo, dificulta la navegación de embarcaciones pequeñas y la pesca, ya que estas se enredan con las redes (Autoridad Nacional de Asuntos Marítimos (ANAMAR), 2022).

Luego de evaluar estas características es evidente que el sargazo pelágico solo ha demostrado ser una amenaza para las costas del caribe debido a que se acumula en grandes cantidades, enferman a los peces, erosiona las playas y un sin número de otros fenómenos que son extremadamente perjudiciales para el medio ambiente, y la salud humana, más que nada porque se conoce muy poco sobre su comportamiento y procedencia. Sin embargo, considero que tiene muchas oportunidades de aprovechamiento. Solo hay que encontrar la que sea más factible de implementar a corto y largo plazo.

1.3.2 Tendencias del sargazo

El sargazo se acumula en las costas en cantidades alarmantes causando un fuerte impacto en el medio ambiente, la sociedad y la economía e incluso la generación de energía de Republica Dominicana. Por causa de esto se puede percibir como las comunidades hoteleras como el Grupo Punta Cana, organismos gubernamentales como el Ministerio de Medio Ambiente, ANAMAR, Ministerio de Turismo, etc. y otros países se unen para encontrar una alternativa viable que logre mitigar su aparición excesiva en las costas del caribe. Teniendo esto en

mente, algunas de las medidas que se han tomado para buscar la mejoría de la situación son:

1.3.1.1 Limpieza de las playas.

Por causa del daño que ocasiona el sargazo en su mayoría al turismo y los ecosistemas costeros, varios países del caribe como México y Guadalupe han adoptado métodos de recogida manuales o mecánicos de acuerdo con la cantidad de sargazo que se encuentre en las playas. Las herramientas manuales que utilizan son rastrillos, horcas y redes ya que estos no levantan la arena y reducen la posibilidad de erosión de las playas. Por otro lado, si las cantidades de sargazo son muy grandes se recomienda utilizar, camiones y palas cargadoras o sargaceras con gancho o grada los cuales levantan menos arena y facilitan el trabajo. Por último, Algunos países como los Estados Unidos y México utilizan navíos sargaceros para recolectar el sargazo acumulado en el mar con la ayuda de barreras anti-sargazo. Se envían brigadas de limpieza a las playas cada vez que las algas se acumulan en las costas y suelen permanecer en acción hasta lograr quitar la mayor cantidad de sargazo posible devolviendo a las playas su valor estético. Sin embargo, según CATI-CARD (2018) el sargazo contribuye a la estabilidad de la arena de la playa y a evitar su erosión. Por eso, si se decide eliminar el sargazo de las playas, debe lograrse un balance y establecerse con cuidado dónde, cuándo y cómo debe hacerse. Si no son grandes cantidades, el sargazo que se queda en la playa, eventualmente es limpiado por el oleaje, las mareas o la próxima tormenta.

Figura 5. Diferentes tipos de recolección de sargazo en playas de México, Rivera Maya.



Nota. La imagen representa los diferentes métodos de recolección de sargazo que se utilizan en otros países como en México. Tomada de *Pérdida de sedimento asociada a la retirada de depósitos de Sargassum spp. en las playas del Caribe* (p.54) por Munar et al., (2022).

Actualmente, las playas más afectadas por los arribazones masivos de sargazo son Las Punta Cana, Bávaro, Bayahíbe, Miches (Andreina et al., s/f) y recientemente Boca chica y El malecón. Cada vez que se organizan operativos de limpieza por lo general participan diversas instituciones públicas y privadas ya que recolectar sargazo no es una tarea fácil. Por ejemplo, El pasado 10 de junio del 2023, La Dirección de Comunicaciones (2023) informa que el Ministerio de Turismo organizó un operativo de limpieza en la playa de Boca Chica a raíz de las quejas de los bañistas de no poder disfrutar del agua al estar llena de sargazo y de los pequeños negocios que estaban perdiendo clientes ante el disgusto que causa la playa sucia. “En este operativo participaron instituciones como la Armada de la República Dominicana, el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones

(MOPC), el Ayuntamiento de Boca Chica y el Ministerio de Medio Ambiente” (Dirección de Comunicaciones, 2023). La cantidad de instituciones participantes varía de acuerdo con el volumen del sargazo, quien reporta el fenómeno y la ubicación de la playa.

Las herramientas utilizadas para la recolección del sargazo van a variar dependiendo de la cantidad que se encuentre acumulada en las playas. Si no es mucho se utilizan palas y rastrillos para remover el alga. En caso de que sean acumulaciones masivas, la mano de obra no da abasto por lo que usan maquinaria más pesada como máquinas excavadoras o tractores especiales para la recogida del sargazo como por ejemplo “Unicorn Scarbat 1.5”.

Figura 6. Unicorn Scarbat 1.5, Maquina Limpiadora de sargazo en República Dominicana.



Nota. La imagen representa como se ve el modelo de maquina limpiadora de sargazo que se utiliza actualmente en República Dominicana. Tomada de *Maquinas Limpia Playas Unicorn* por *Unicorn Beach-cleaners*, (2023).

Mantener las playas de RD limpias es uno de los mayores retos dentro de la problemática del sargazo puesto que a la hora de limpiar es importante tener en cuenta los diversos factores que mantienen a la playa en armonía, así como la salud de los colaboradores y la población intacta. Por ejemplo, es importante que aquellas personas que vayan a manipular el sargazo estén debidamente protegidas utilizando botas de goma y guantes porque el sargazo anida todo tipo

de especies ya que es un hábitat marino en sí mismo y entre esas hay algunos crustáceos que al tener contacto con la piel pueden causar urticaria y no solo eso, sino que el sargazo también almacena todo tipo de microorganismo que a la larga pueden afectar la salud. En cuanto al proceso de limpieza, se debe procurar que se haga de manera eficiente, pero a la vez que no afecte mucho la integridad de la playa, es decir, Cualquier herramienta que se utilice para limpiar las playas, ya sea manual o mecánica debe procurar que levante la menor cantidad de arena posible para disminuir el efecto de erosión y del mismo modo se debe velar por que los operativos de limpieza no afecten a las tortugas marinas y su ciclo de anidación.

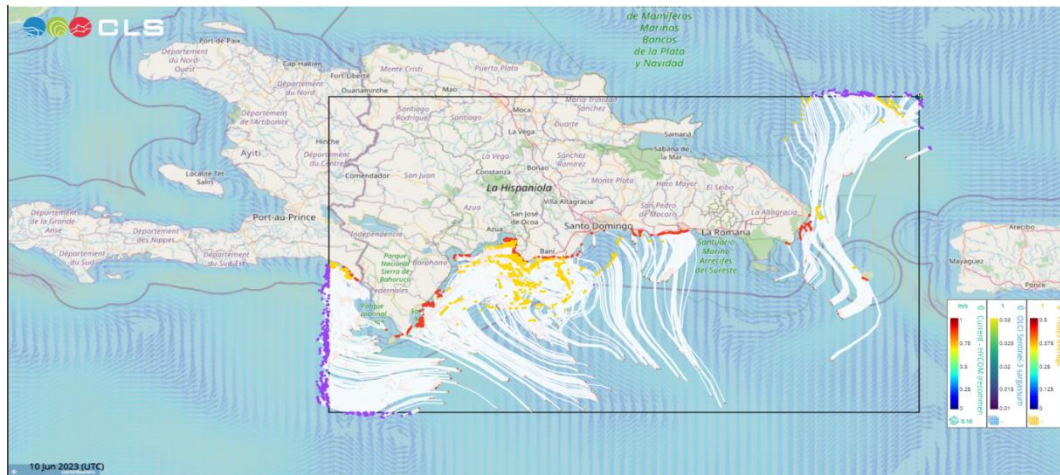
1.3.1.2 Monitoreo de su llegada a las costas.

En República Dominicana, el monitoreo del sargazo es llevado a cabo por la Autoridad Nacional de Asuntos Marítimos (ANAMAR) La cual forma parte de la red regional de monitoreo del sargazo. Esta institución se encarga de proporcionar las herramientas y recursos que contribuyan al abordaje del impacto y riesgo del sargazo, así como su monitoreo y gestión.

La Autoridad Nacional de Asuntos Marítimos (ANAMAR) es una institución pública, adscrita al Ministerio de la Presidencia y creada para que el Estado dominicano contara con una institución en capacidad de proveerle las herramientas técnicas, científicas y jurídicas necesarias para la investigación, conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos vivos y no vivos existentes en nuestros espacios marinos.

Teniendo esto en cuenta, Según Del Cid (2022) ANAMAR adquirió un servicio satelital de detección y seguimiento de sargazo en aguas abiertas, a la empresa francesa CLS, pionera en el suministro de soluciones de vigilancia y control para la Tierra desde 1986; Siendo el primer sistema de detección satelital implementado en la republica Dominicana.

Figura 7. Pronóstico trayectoria del Sargazo del 5 al 10 de junio.



Nota. La imagen representa la trayectoria del sargazo a las costas de RD desde el 5 hasta el 10 de junio del año 2023. Tomada de *Monitoreo Sargazo en Aguas Dominicanas* por ANAMAR, (2022).

El sistema funciona mediante teledetección utilizando 8 satélites que fotografían la superficie del mar con una resolución de hasta 20 metros. El sargazo solo puede ser detectado por el sistema si el mismo se encuentra hasta 1km de distancia de la costa puesto que al acercarse más este se puede confundir con la vegetación costero-marina.

Como explico el director de ANAMAR, Jimmy García Saviñón, en una entrevista para El Diario Libre, Se tomó la decisión de adquirir este servicio para poder estimar el tiempo en el que el sargazo llega a las costas, la cantidad y el lugar exacto donde se acumulan para poder avisar con tiempo a las industrias hoteleras y a las instituciones que tiene algo que ver con el tema y así tomar las mejores decisiones que faciliten la recolección, gestión, valorización y uso del sargazo.

El sistema se encuentra disponible actualmente en la página oficial de ANAMAR para sea útil a modo de consulta para todo el que disponga de dichas informaciones de manera gratuita.

El Ministerio de Medio Ambiente tiene una dependencia llamada Viceministerio de Recursos Costeros y Marinos el cual “se encarga de reglamentar el manejo, la

conservación y el uso sostenible de los recursos costeros y marinos de la República Dominicana bajo el marco de la sostenibilidad” (Viceministerio de Costeros y Marinos, 2021). Esta dependencia es la que se encarga de la gestión y monitoreo del Sargazo en la República Dominicana.

Entre las funciones principales que este viceministerio realiza están:

1. Desarrollo de acciones para proteger y conservar los recursos costeros y marinos y los espacios marítimos bajo jurisdicción nacional.
2. Elaboración de las regulaciones pertinentes y velar por su aplicación para garantizar la conservación y uso sostenible de la zona costera y marina.
3. Desarrollo de acciones para el fortalecimiento de las áreas marinas protegidas.
4. coordinación de la elaboración y puesta en marcha de planes de manejo integral costero marino con las instituciones correspondientes.

Por supuesto que el viceministerio de Recursos Costeros y Marinos también ha tomado ciertas acciones para encontrar una solución a la problemática del sargazo. Entre ellas tenemos:

5. Acuerdos regionales para abordar y tratar de buscar soluciones al tema del sargazo.
6. Definición de protocolos y lineamientos para el manejo de las algas.
7. Desarrollo de instrumentos regulatorios y participación y gestión en procesos locales y regionales para el manejo y disposición final.
8. brindar asistencia y autorizaciones para la integración de barreras anti-sargazo, método de contención, recolección y disposición apropiada.
9. Mayor apertura a propuesta de alianza público-privadas para el desarrollo de protocolos para la colecta y utilizar el sargazo.

1.3.1.3 Llamado a las Comunidades a investigar sobre el sargazo y buscar soluciones.

Encontrar la solución a la situación del sargazo en definitiva es algo que se debe hacer en unión ya que de esta forma se pueden encontrar diferentes soluciones y ponerlas en práctica en conjunto para lograr resultados visibles a corto y largo plazo. Es por esto por lo que instituciones como el Ministerio de Medio ambiente buscan promover una propuesta regional en la que comunidades como la Académica, Innovadores, Ministerio de Turismo, grupos hoteleros, empresarios e inversionistas “aportarán conocimiento y soluciones de aprovechamiento, gestión, normativa, ciencia y tecnología aplicada para promover alternativas de manejo de esas algas” (Suero, 2023).

Por el momento contamos con instituciones como Barna Management School en colaboración con Grupo Punta Cana que realizan una investigación para luchar contra el sargazo en Punta Cana de manera efectiva y sostenible. Del mismo modo tenemos con la Organización SOS Carbón, originada en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, cuyas investigaciones se basan en buscar la forma de convertir el sargazo en una oportunidad económica, social y ambiental recogiénolo antes de que llegue a las playas con su Modulo de Recolección Litoral y exportándolo a países como Finlandia, Estados Unidos, China, entre otros donde se le es dado un mayor valor como materia prima.

El pasado 23 de abril del año 2023 se celebró en seminario “Retos y oportunidades de la gestión del sargazo para el turismo de República Dominicana” organizado por el Ministerio de Turismo. Durante la actividad se discutieron múltiples “oportunidades de detección, predicción, retención, recolección y aprovechamiento del sargazo para la formulación de políticas públicas destinadas a mitigar los efectos negativos del mismo, siempre con la vista puesta en la responsabilidad ambiental y la sostenibilidad” (HOY DIGITAL, 2023). Esta actividad también sirvió para coordinar colaboraciones en conjunto entre los sectores públicos y privados y mundo académico tanto nacional como regional.

Durante el seminario, como estímulo a la comunidad académica y apoyo financiero para futuras investigaciones basadas en el problema del sargazo, el presidente Luis Abinader anunció una donación de \$1 millón de dólares a las universidades para que puedan trabajar en soluciones al problema a través de la investigación.

Más adelante se reunieron nueve universidades para unificar criterios de investigación y enfoques “con miras a crear proyectos conjuntos de carácter nacional que aporten a la solución de la problemática del sargazo” (Quezada, 2023). Las universidades que participaron de la reunión fueron PUCMM, UNIBE, UASD, UNAPEC, INTEC, UFHEC y UNPHU, ISA y UCATECI. Actualmente, se encuentran aun llevando a cabo sus investigaciones para obtener soluciones ante la problemática. Por ejemplo, La Universidad APEC colaboración con Grupo Fundación Punta Cana y la empresa israelí empresa israelí Y.A. Maof investigan la posibilidad de crear biogás a base de sargazo y residuos de cocina. INTEC, por su parte, realizan un biofertilizante liquido en colaboración con la Asociación de Agricultores de Banano Ecológico de La Línea Noroeste y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Por último, UFHEC investiga sobre el aprovechamiento del potencial farmacéutico y energético del sargazo. Así como estas, muchas otras instituciones ya han puesto en marcha sus propias investigaciones.

1.3.1.4 Colaboración entre países del caribe.

La proliferación excesiva del sargazo es un problema que afecta no solo a Republica Dominicana, sino también a muchos otros problemas del caribe. Cada país trata de buscar soluciones y oportunidades para esta situación de forma única e individual pero ya que en la mayoría de los casos las soluciones no son factibles a largo plazo, ya es momento de que se empiecen a buscar alternativas en conjunto.

República Dominicana logró la aclamación unánime de todos los países que componen la Asociación de Estados del Caribe (AEC) para enfrentar el sargazo

como una emergencia regional en virtud de la amenaza que representa para el desarrollo de los países afectados. (Acento, 2023) Esto se debe a que el canciller Roberto Álvarez en representación del presidente de RD, Luis Abinader, Intercedió por la unificación de la región para abordar tanto el reto que representa el sargazo como varios otros retos comunes durante la XI Cumbre de jefes de Estado y/o de Gobierno la cual fue celebrada en Guatemala desde el 8 hasta el 12 de mayo del año 2023.

Es debido a este acontecimiento que el 15 de junio se celebra la “Conferencia Regional Gran Caribe - UE sobre Sargazo”. Un evento donde se reúne a las más altas autoridades, expertos del sector público y privado, académicos y organizaciones no gubernamentales del Caribe, América Latina y Europa con el propósito de intercambiar información sobre cómo mitigar o emplear el sargazo en beneficio de toda la región. (MEPyD, 2023).

En esta Conferencia estuvieron presentes representantes de los 35 países del Gran Caribe, y representantes del cuerpo diplomático en la República Dominicana. Por parte del gobierno, asistieron los ministros dominicanos de Economía, Planificación y Desarrollo, Pável Isa Contreras; y de Educación Superior, Ciencia y Tecnología, Franklin García Fermín. También participaron diplomáticos de los Estados Miembros Europeos residentes en el país, quienes escucharon los diferentes paneles de intercambio de experiencias en el manejo del sargazo y su aprovechamiento como materia prima. Además, se presentaron proyectos de empresas locales e internacionales y la academia para el manejo de esta alga. (Día, 2023).

Todos los esfuerzos que se están haciendo para llegar a la solución de esta problemática son de suma importancia, pero tiene más valor porque se están haciendo en conjunto. Como dice el ministro de Relaciones Exteriores “Nuestros esfuerzos no pueden generarse de manera aislada, así no lo lograremos. El problema del sargazo requiere una solución cooperativa y colectiva de la región”. Hay muchos factores que se deben cubrir para poder dar con la solución más factible para todos y es por esto por lo que se recomienda que se empiece a hacer

inversiones en realizar investigaciones para saber que se puede hacer para mitigar la proliferación y aprovechar los beneficios que puede ofrecer el sargazo.

1.3.1.5 Sistemas de información geográfica para el monitoreo del sargazo en otros países

En la actualidad ya hay países que utilizan sistemas de información geográfica para monitorear la llegada del sargazo a las costas. Estos sistemas los ayuda a identificar que tan pronto llega el sargazo, en que cantidad, en donde se terminará acumulando entre otros factores que finalmente ayudan a la toma de decisiones asertiva disminuyendo su impacto ya que se toman medidas de prevención de antemano.

Algunos de estos países son México, Colombia, Martinica, Costa Rica y Estados Unidos. No hay mucha información al respecto, pero por ejemplo hay una empresa mexicana llamada Grupo Dakatson que se especializa en la creación de productos que contribuyan al monitoreo y control del sargazo para México y cualquier otro país que lo necesite, entre esos productos tienen un sistema de información geográfica que es “capaz de predecir y monitorear el arribo diario de Sargazo en las aguas costeras cercanas al Hotel, con al menos 5 a 10 días de anticipación. Lo que permitirá tomar decisiones preventivas y canalizar acciones específicas en la limpieza y recolección de sargazo en los puntos focalizados señalados por la Red Neuronal de Monitoreo del Sargazo.” (Grupo Dakatso de México S. A. de C. V, 2020).

1.4 Diagnóstico de la situación actual del sargazo por el Ministerio de Medio Ambiente.

1.4.1 Entidad encargada de monitorear el Sargazo en República Dominicana

La entidad gubernamental que se encarga de la gestión y monitoreo del sargazo en la República Dominicana es el Ministerio de Medio Ambiente. Según su página web oficial, El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales es el órgano rector de la gestión del medio ambiente, los ecosistemas y los recursos naturales para que cumpla con las atribuciones que, de conformidad con la legislación ambiental en general, corresponden al Estado, con el fin de alcanzar el desarrollo sostenible. (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2022)

Figura 8. Edificio del Ministerio de Medio Ambiente.



Nota. La imagen representa el edificio donde se ubica el Ministerio de Medio Ambiente. Tomada del *Ministerio de Medio Ambiente*, (2022).

El Ministerio de Medio Ambiente con una dependencia llamada “**Viceministerio de Recursos Costeros y Marinos**” y dentro de ella se reglamenta el manejo, la conservación y el uso sostenible de los recursos costeros y marinos de la República Dominicana bajo el marco de la sostenibilidad (Viceministerio de

Costeros y Marinos, 2021). Esta dependencia es la encargada de la gestión y monitoreo del sargazo en la República Dominicana y reporta directamente al despacho del Ministro de Medio Ambiente.

1.4.2 Estructura orgánica del Viceministerio de Recursos Costeros y Marinos

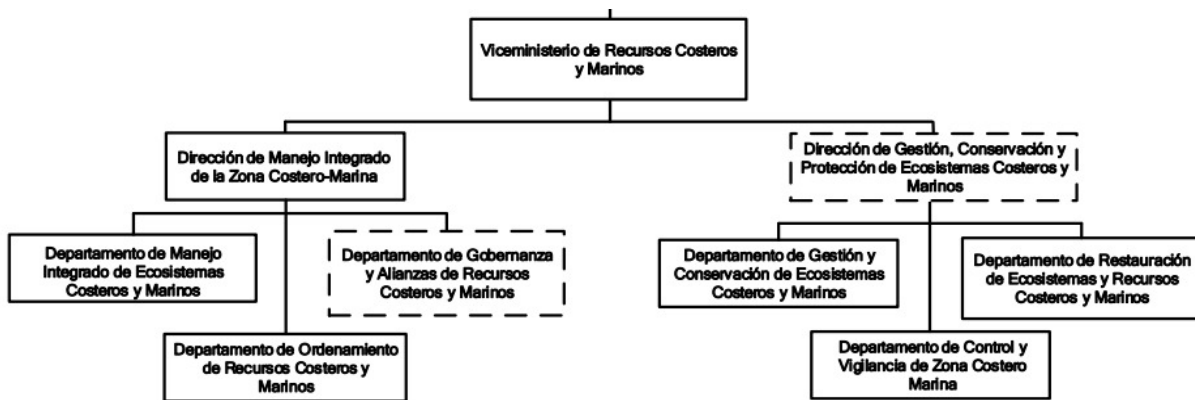
La imagen adjunta muestra el Organigrama actual de las diferentes dependencias que están bajo el Viceministerio de Recursos Costeros y Marinos el cual pertenece al Ministerio de Medio Ambiente y se encarga del monitoreo del sargazo en la República Dominicana. Está compuesto en primera línea de mando al viceministro de Recursos Costeros y Marinos y en segunda línea a dos Sub-Direcciones las cuales son la Dirección de Manejo Integrado de la Zona Costero -Marina y la dirección de Gestión, Conservación y protección de Ecosistemas Costeros y Marinos. Respectivamente bajo el mando de la primera dirección se encuentran tres departamentos los cuales son:

1. Departamento de Manejo Integrado de Ecosistemas Costeros y Marinos.
2. Departamento de Gobernanza y Alianzas de Recursos Costeros y Marinos.
3. Departamento de Ordenamiento de Recursos Costeros y Marinos.

Del mismo modo, bajo la segunda dirección se encuentran otros tres departamentos los cuales son:

1. Departamento de Gestión y Conservación de Ecosistemas Costero y Marinos.
2. Departamento de Restauración de Ecosistemas y Recursos Costeros y Marinos
3. Departamento de Control y Vigilancia de Zona Costero Marina.

Figura 9. Organigrama del Viceministerio de Recursos Costeros y Marinos.



Nota. La imagen representa la distribución actual de las dependencias que conforman el Viceministerio de Recursos Costeros y Marinos. Tomada del *Ministerio de Medio Ambiente*, (2023).

1.4.3 Resultados de la entrevista a miembro del equipo de monitoreo del sargazo en el Ministerio de Medio Ambiente.

Tuvimos la oportunidad de entrevistar al señor Enrique Pugibet como representante del Ministerio de Medio Ambiente. Se graduó de Licenciado en Biología de la Universidad Autónoma de Santo Domingo y actualmente es investigador y especialista en asuntos de biología marina y pesqueros en impactos ambientales a la zona costero-marina. También es Coordinador de la Mesa Multisectorial de Gestión Integral del Sargazo. A continuación, mostramos las preguntas de la entrevista. Para consultar las respuestas del señor Pugibet, consultar los anexos.

1.4.4 Proceso actual que sigue el Ministerio de Medio Ambiente para monitorear el sargazo

“Un proceso puede ser definido como un conjunto de actividades enlazadas entre sí que, partiendo de uno o más inputs (entradas) los transforma, generando un output (resultado)” (Aparicio, 2016).

Una vez claro el concepto de proceso, gracias a la información provista por el señor Enrique Pugibet, En la actualidad el Ministerio de Medio Ambiente sigue los siguientes procesos para monitorear el sargazo:

- Captura de datos sobre la presencia y densidad del sargazo en las playas.
Objetivo: Obtener información sobre el impacto del sargazo en las playas a nivel físico y químico y determinar la densidad del sargazo en función del peso de las muestras de sargazo recolectadas.
- Seguimiento de su desplazamiento a través de imágenes satelitales.
Objetivo: Monitorear los arribazones de sargazo a las costas del país
- Análisis de muestras de agua para determinar la concentración de nutrientes.
Objetivo: Conocer de que forma el sargazo en descomposición afecta la composición del agua.

1.4.5 Análisis FODA

El análisis FODA es una herramienta clave para hacer una evaluación pormenorizada de la situación actual de una organización o persona sobre la base de sus debilidades y fortalezas, y en las oportunidades y amenazas que ofrece su entorno. Es también una metodología de trabajo que facilita la toma de decisiones. Fue inventada por Albert S. Humphrey en la Universidad de Stanford (EE. UU.) en los años sesenta, y sigue estando plenamente vigente hoy en día. (Sánchez Huerta, D. 2020).

La palabra FODA es una combinación de la primera letra de los 4 atributos que estudia este análisis que son F: Fortalezas, O: Oportunidades, D: Debilidades y A: Amenazas. Este análisis permite tener la visión completa de la situación actual en la que se encuentra la empresa, crear un diagnóstico preciso y efectivo para detectar ventajas competitivas, problemas internos y externos, determinar el rumbo que debe seguir la compañía y comunicar mejor las características de valor del negocio tanto a los clientes como a los miembros del equipo. El objetivo del

análisis FODA es determinar las ventajas competitivas de la empresa analizada y la estrategia general más adecuada según las características de la empresa y del mercado.

Figura 10. Ejemplo Análisis FODA.



Nota. La imagen representa como se ve una matriz de análisis FODA. Tomada del Aderavi, (2023).

1.4.6 Fortalezas

Según un sitio web oficial de la Unión europea, las fortalezas “son los aspectos positivos internos que dependen de la organización o el país, sobre los cuales se puede construir en el futuro.” (Europea.eu, s/f)

Teniendo este concepto claro, logramos identificar las siguientes fortalezas:

- F1. Crearon la mesa de trabajo multisectorial para la gestión integral del sargazo donde se aborda el problema del sargazo.
- F2. Cuentan con herramientas con las que se puede monitorear el sargazo y su trayectoria como lo son imágenes satelitales, radares, boyas oceánicas, etc.

- F3. Están elaborando un plan para la gestión integral del sargazo a partir de las recomendaciones de la mesa de trabajo multisectorial.
- F4. Cuentan con un buen sistema de comunicación entre el despacho del ministro y las distintas dependencias.

1.4.7 Oportunidades

“Las oportunidades constituyen aquellas fuerzas ambientales de carácter externo no controlables por la organización, pero que representan elementos potenciales de crecimiento o mejoría.” (Sarli, R., González, S., & Ayres, N., 2015)

Una vez tuvimos este concepto claro, se identificaron las siguientes oportunidades:

- O1. Colaboran con organismos nacionales e internacionales para el intercambio de información y recursos.
- O2. Participan en investigaciones en conjunto con las organizaciones con las que colaboran.
- O3. Apoyan las investigaciones sobre el sargazo de todos los niveles.
- O4. Hay buena comunicación entre el ministerio de medio ambiente y las demás organizaciones relacionadas al tema del sargazo.

1.4.8 Debilidades

“Una debilidad se define como un factor que hace vulnerable a la organización o simplemente una actividad que la empresa realiza en forma deficiente, lo que la coloca en una situación débil”. (Sarli, R., González, S., & Ayres, N., 2015)

Tomando lo anterior en cuenta, pudimos identificar las siguientes debilidades:

- D1. Aun no logran pronosticar de manera exacta la llegada del sargazo a las costas.
- D2. No cuentan con un departamento de monitoreo como tal.

- D3. Recursos tecnológicos y financieros limitados.

1.4.9 Amenazas

“Las amenazas son los problemas, obstáculos o limitaciones externos que pueden impedir o limitar el desarrollo de un país o de un sector.” (Europea.eu, s/f)

Luego de tener claro el concepto de amenaza, identificamos las siguientes:

- A1. Las corrientes oceánicas pueden cambiar, provocando que las cantidades y las zonas a las que llega el sargazo varían dificultando la predicción.
- A2. El cambio climático es impredecible y el principal causante de la problemática del sargazo. Por tanto, si se produce algún otro efecto por cambio climático la situación actual puede empeorar.

1.4.10 Matriz FODA

Figura 11. Matriz FODA sobre el proceso actual de monitoreo de sargazo en el Ministerio de Medio Ambiente.

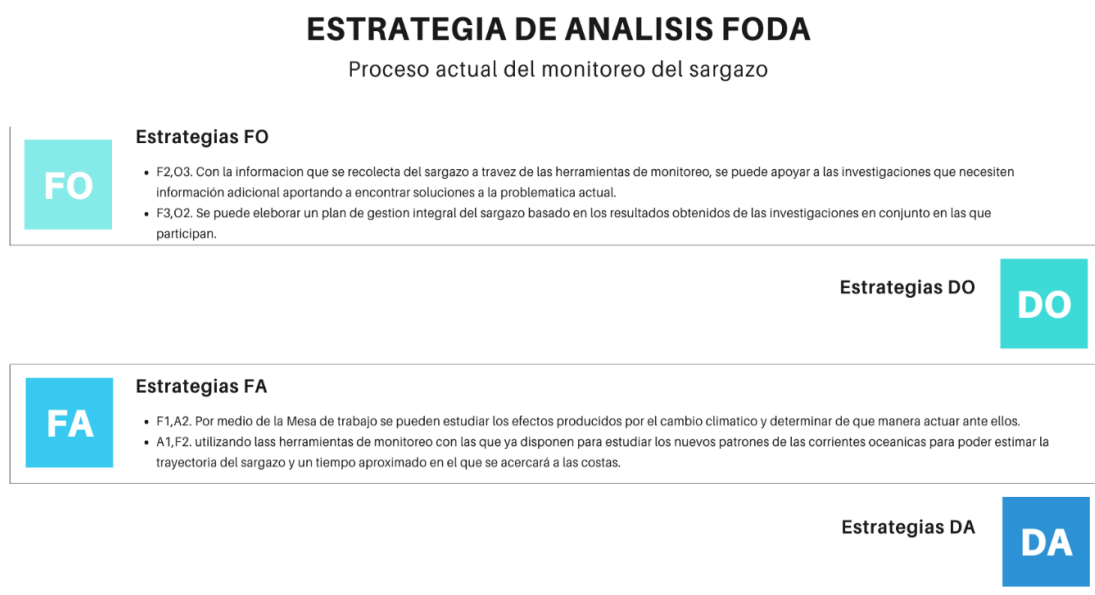


Nota. La imagen muestra el resultado del análisis FODA realizado a los procesos actuales de monitoreo de sargazo que se llevan a cabo en el Ministerio de Medio Ambiente. Fuente Propia (2023).

1.4.11 Estrategias del análisis FODA

Luego de analizar cuidadosamente cada variable identificada en el análisis FODA, concluimos que las posibles estrategias que se puede llevar a cabo a partir del análisis son las siguientes:

Figura 12. Representación de las estrategias del análisis FODA.



Nota. La imagen muestra las estrategias que se podrían implementar a partir del análisis FODA del proceso actual de monitoreo del sargazo. Fuente Propia (2023).

1.5 Resumen del capítulo 1

El sargazo es una macroalga de color verde oscuro o marrón pardo que gracias a ciertos componentes y químicos que forman parte de su estructura es capaz de mantenerse a flote en la superficie del océano sin necesidad de estar sujeta de algo. Se originan en el mar de los sargazos que se encuentran rodeados por las corrientes oceánicas a lo largo del trópico de Cáncer.

Cuenta con un componente físico llamado aerocisto que es donde se almacenan los gases que les permite flotar. Las especies de sargazo que predominan en las aguas del Atlántico son el *Sargassum Natans* y el *Sargassum Fluitans*. Se reproducen en un promedio de 18 a 20 días si las aguas en las que se encuentran están tibias y llenas de nutrientes que absorber. Representan un hábitat importante para ciertas especies marinas ya que les sirven como alimento, refugio y camuflaje.

Debido a diferentes factores como lo son el cambio climático, deforestación de la selva amazónica y la intervención humana, el sargazo está floreciendo en mayores cantidades y viajando a las costas de diferentes países del Caribe por medio de un fenómeno llamado cinturón del sargazo.

Esto afecta a los países del Caribe como la República Dominicana pues tan pronto como el sargazo se acerca a las costas este se empieza a descomponer y emitir olores fétidos que, no solo perjudican la salud humana, sino que espantan a los bañistas disminuyendo el turismo y el comercio playero. Además, afecta a la industria pesquera ya que estas algas se enganchan en las hélices de los botes y los dañan. Por un lado, impactan gravemente a los ecosistemas costeros como las praderas marinas y los arrecifes de coral ya que bloquean la luz solar y dificultan el proceso de fotosíntesis. Por el otro lado, afectan a algunas especies marinas pues al tratar de nadar a través de las algas estas hacen presión y terminan asfixiando al animal y en el caso de las tortugas marinas, les impiden llegar a las costas para cumplir con el ciclo de anidación.

A pesar de tener consecuencias tan graves para los países del Caribe, en realidad tienen muchas áreas de oportunidad como la industria textil, biocombustible, bioenergía, alimento para ganado, entre muchos otros beneficios. Sin embargo, cada una de estas

áreas de oportunidad aún deben ser estudiadas para determinar qué tan factibles son a largo plazo. Para esto el gobierno dominicano ha tomado la iniciativa y ha convocado a ciertas comunidades como las académicas, innovadoras, hoteleras, entre otras a que realicen investigaciones y en conjunto encontremos la solución a esta problemática. Del mismo modo, expertos sobre el tema en otros países han mostrado su solidaridad y actualmente se encuentran dispuestos a colaborar tanto con Republica Dominicana como con otros países para unificar los esfuerzos y que las soluciones se vuelvan efectivas a largo plazo.

Por el momento nada es seguro, por lo tanto, solo se puede intentar mantener las playas lo más limpias posible tratando de no afectar mucho la integridad de estas. Lamentablemente, mantener las playas limpias representa un costo bastante elevado, sobre todo para la industria hotelera que precisa limpiar las playas cada día para mantener a los turistas contentos.

Ya que solo limpiar las playas no va a ser suficiente se han empezado a implementar otro tipo de soluciones como lo son el monitoreo del sargazo para determinar su trayectoria y velocidad y así tener un tiempo estimado de su llegada, además de que en algunos países como México, Colombia y Costa Rica han empezado a utilizar tecnologías como la alerta temprana integrada a los sistemas de información geográfica para hacer del monitoreo del sargazo una tarea más efectiva.

Mediante un análisis FODA al proceso actual de monitoreo del sargazo que se ejecuta en el Ministerio de Medio Ambiente se determina que dicho proceso tiene fortalezas y oportunidades que pueden ser aprovechadas como la colaboración con otras instituciones y el uso de tecnologías que se pueden aprovechar para mejorar los procesos de monitoreo de sargazo. Del mismo modo, cuenta con debilidades y amenazas en las que se deben trabajar como lo son los desafíos financieros y de coordinación interinstitucional. Con las decisiones correctas se puede aprovechar al máximo el potencial del ministerio y crear un plan de monitoreo más eficiente que ayude a controlar la llegada del sargazo a las costas de nuestro país.

***CAPÍTULO 2: DISEÑO DE UN SISTEMA GIS PARA LA ALERTA
TEMPRANA DEL SARGAZO PARA MONITOREO Y ACCIÓN DEL
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE.***

2.1 Condiciones Previas al diseño de la solución tecnológica

En la actualidad, **el Ministerio de Medio Ambiente no cuenta con un área de monitoreo del sargazo como tal**, sino que en colaboración con otras empresas tanto del sector público como el privado a nivel nacional e internacional se ha destinado lo que se conoce como Mesa de trabajo multisectorial de la gestión integral del sargazo. Esta mesa sirve como un espacio de dialogo y colaboración para poder abordar el problema del sargazo y poder dar una respuesta efectiva ante los efectos del mismo. La mesa se divide en 6 grupos de trabajo y cada uno desarrolla uno de los siguientes tópicos:

1. Investigación.
2. Monitoreo.
3. prevención, control y gestión del recurso.
4. Aprovechamiento.
5. Oportunidades de cooperación y mecanismos financieros.
6. Comunicación y divulgación.

El equipo número 2, el cual se encarga del monitoreo, este compuesto por un biólogo marino experto en el tema del sargazo como la cabeza del grupo, 2 personas que ayudan en todo lo relacionado al sargazo de manera fija y 3 personas más que aparecen esporádicamente cuando se requiere de manos extras resultando en un equipo inestable de 3-6 personas. Sin embargo, se están formulando propuestas de planes para la gestión integral del sargazo más efectiva según las recomendaciones de la mesa de trabajo.

Cuentan con recursos de información y tecnológicos proporcionados por las organizaciones nacionales e internacionales que les ayudan a monitorear el sargazo a lo largo del tiempo lo mejor que pueden como acceso a imágenes satelitales. También, cuentan con herramientas locales como **Radares y boyas** que son un tipo de sensor que ayudan a rastrear la trayectoria del sargazo. Tanto el **Viceministerio de Recursos Costeros** como las demás organizaciones que participan en la mesa de trabajo cuentan con sus propias formas de almacenar la información que recolectan y muchas de ellas

están disponibles en las redes según nos informa el sujeto entrevistado proveniente del ministerio. Sin embargo, teniendo todo lo antes mencionado en cuenta, no parece que cuenten con un sistema de información geográfica donde converja la información almacenada en sus bases de datos y la información que generan todas sus herramientas georreferenciadas para fomentar el monitoreo del sargazo y la alerta temprana de manera efectiva.

2.2 Estudio de la factibilidad

2.2.1 Factibilidad técnica

“La Factibilidad Técnica se refiere a los recursos necesarios como herramientas, conocimientos, habilidades, experiencia, etc., que son necesarios para efectuar las actividades o procesos que requiere el proyecto.” (Elenes, s/f).

Para que el Ministerio de Medio Ambiente se encuentre en capacidad de implementar una aplicación web que aloje un sistema de información geográfica que funcione en condiciones óptimas es necesario que el Ministerio cuente con hardware, software, personal capacitado para realizar las tareas de desarrollo de la aplicación y probablemente personal ya existente que estén calificados para cumplir con los nuevos procesos propuestos para el monitoreo del sargazo de manera efectiva.

A continuación, se listan los recursos necesarios:

1. Hardware.

El Ministerio de Medio Ambiente ya cuenta con arquitectura de red mediante la cual puede acceder a la conexión segura a la red del gobierno. Esto garantiza que la aplicación sea ejecutable a través de una conexión segura y que cumple con los protocolos de seguridad. A continuación, una lista de componentes físicos necesarios para el desarrollo e implementación de la aplicación:

1. Servidor físico (1)

2. Laptops (24)
3. Monitores externos (24)
4. Adaptador HDMI - VGA (24)
5. Flota (12) (Analistas de datos, biólogos marinos y director del depto.)
6. Radares y Satélites

2. Software.

Al momento de llevar a cabo el ciclo de desarrollo de software para crear, implementar y dar mantenimiento a la aplicación web que soportará el sistema GIS de monitoreo del sargazo, se deben hacer uso de las siguientes tecnologías:

1. Amazon Web Service (1 licencia)
2. ArcGIS (1 licencia)
3. Modelo de simulación computarizado (9 licencias)
4. Oracle SQL Spatial (16 licencias)
5. Windows 11 Pro (24 licencias)
6. NordVPN (24 licencias)
7. Visual Studio Code
8. Node v.18
9. Python
10. Docker (4 licencias)
11. Git
12. GitLab
13. Microsoft Outlook (24 licencias)

14. Microsoft Office (24 licencias)

15. Figma (3 licencias) “Esta es una aplicación que te permite crear prototipos, interfaces de sitios y aplicaciones, íconos, presentaciones, logotipos y realizar pruebas de usabilidad”.

3. Capital Humano.

Además del personal necesario que va a conformar el equipo de desarrollo, una vez que el producto este completado y ya se empiece hacer uso óptimo de la aplicación, es necesario definir ciertas posiciones adicionales a las que ya se tenían para conformar el nuevo departamento de monitoreo del sargazo. A continuación, una lista del personal necesario:

1. Desarrolladores Senior (4)
2. QA Manuales (3)
3. Product Owner (1)
4. UI/UX (3)
5. DBA (1)
6. Analista de datos (8)
7. Biólogos marinos (3)
8. Director del departamento de monitoreo (1)

2.2.2 Factibilidad Económica

“La Factibilidad Económica se refiere a los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar o llevar a cabo las actividades o procesos y/o para obtener los recursos básicos que deben considerarse.” (Elenes, s/f).

Teniendo esto en cuenta, hicimos una estimación de los recursos financieros necesarios para costear cada uno de los elementos antes mencionados en el estudio de factibilidad técnica para que sea posible contar con el equipo de

hardware adecuado y las licencias necesarias para empezar a trabajar. A continuación, los resultados:

- **Hardware:**

Categoría	Cantidad	Descripción	Precio (USD) p/ mes	Precio Total (USD) p/ mes
Hardware	1	Dell EMC PowerEdge R740	1,285.00	1,285.00
Hardware	24	Laptop Dell	600.00	14,400.00
Hardware	24	Monitor externo Dell	120.00	2,880.00
Hardware	24	Adaptador HDMI - VGA	45.00	1,080.00
Hardware	12	Flota para los Analistas de datos, Biólogos marinos y Director del departamento de monitoreo	130.00	1,560.00
Hardware	-	Radares y Satélites	3,000.00	3,000.00
<u>Total, USD:</u>				<u>24,205.00</u>

Tabla 1. Estimación de los recursos financieros necesarios para Hardware.
Fuente: Autoría propia, (2023).

- **Software**

Categoría	Cantidad	Descripción	Precio (USD) p/ mes	Precio Total (USD) p/ mes
Software	1	Amazon Web Service	240.00	240.00
Software	1	ArcGIS	200.00	200.00
Software	9	Modelo de simulación computarizado	170.00	1,530.00
Software	1	Oracle SQL Spatial	17,500.00	17,500
Software	24	Windows 11 Pro	157.00	3,768.00
Software	24	NordVPN	11.00	264.00
Software	7	Visual Studio Code	-	-
Software	7	Node v.18	-	-
Software	7	Python	-	-
Software	4	Docker	11.00	44.00

Software	7	Git	-	-
Software	7	GitLab	-	-
Software	24	Microsoft 365	22	528.00
Software	3	Figma	3.75	11.25
<u>Total, USD:</u>				<u>24,085.25</u>

Tabla 2. Estimación de los recursos financieros necesarios para Software. Fuente: Autoría propia, (2023).

- **Capital humano**

Categoría	Cantidad	Descripción	Precio (USD) p/ mes	Precio Total (USD) p/ mes
Capital Humano	4	Desarrollador Senior	1,600.00	6,400.00
Capital Humano	3	QA Manual	1,100.00	3,300.00
Capital Humano	1	Product Owner	1,300.00	1,300.00

Capital Humano	3	UI/UX	1,100.00	3,300.00
Capital Humano	1	DBA	1,300.00	1,300.00
Capital Humano	8	Analista de datos / digitador	950.00	7,600.00
Capital Humano	3	Biólogo marino	900.00	2,700.00
Capital Humano	1	Director del departamento de monitoreo	2,500.00	2,500.00
<u>Total, USD:</u>				<u>28,400.00</u>

Tabla 3. Estimación de los recursos financieros necesarios para Software. Fuente: Autoría propia, (2023).

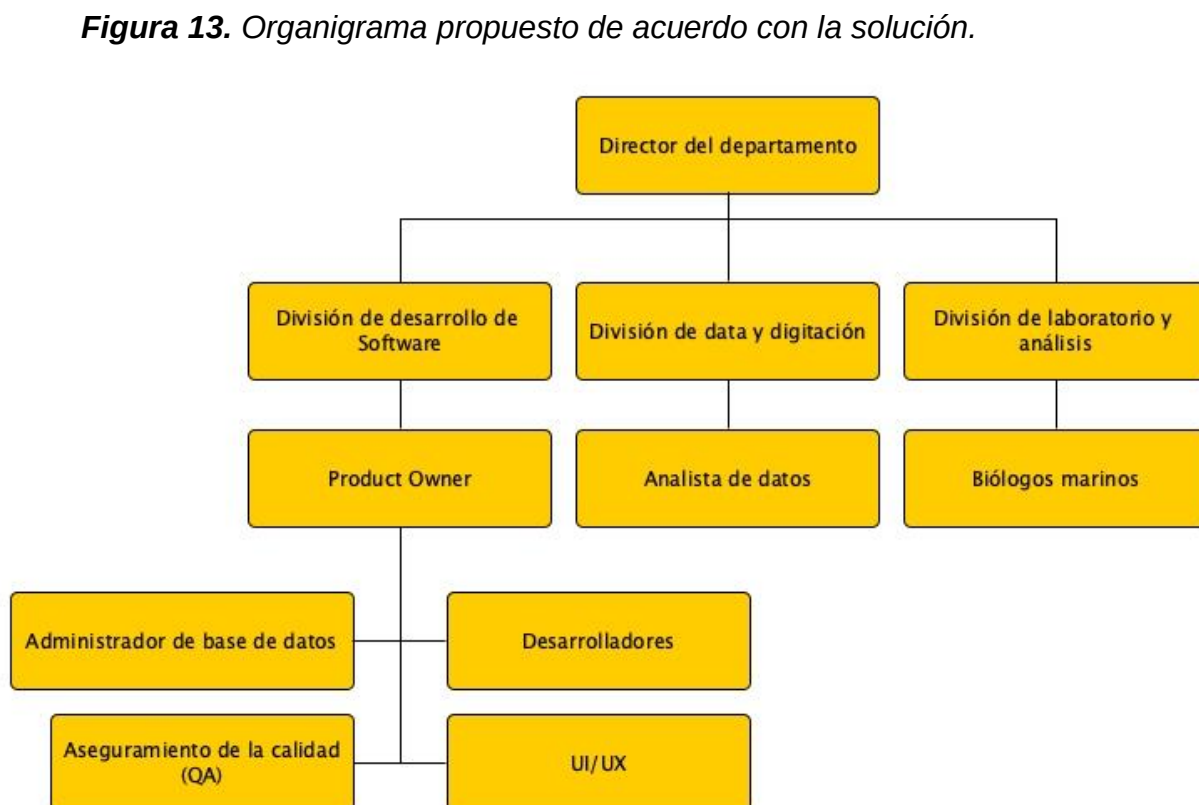
Sumando cada uno de los totales resulta en que el costo final por todo el proyecto sería un total de **US\$76,690** lo cual convertido a peso dominicano es **RD\$4,294,640**.

2.2.3 Factibilidad Operativa

“La Factibilidad Operativa se refiere a todos aquellos recursos donde interviene algún tipo de actividad (Procesos)” (Elenes, s/f).

Se han redefinido los procesos que se seguían antes para el monitoreo del sargazo y de han agregado las tareas que faltaban que hemos considerado eran las más idóneas para ser capaces de predecir cuándo será el próximo arribazón de acuerdo con los patrones estudiados.

Dichos procesos necesitan ser realizados por varias personas y es por eso que se ha creado el “departamento o dependencia del monitoreo del sargazo” el cual cuenta con un organigrama modificado en el que se asignan nuevas funciones tanto a integrantes del equipo nuevos como a los ya existentes. A continuación, organigrama propuesto:



Nota. La imagen representa la distribución propuesta de las dependencias que conformaría la Factibilidad Operativa. Autoría propia, (2023).

Dentro de la nueva estructura se define un equipo de desarrollo que se encarga de desarrollar, implementar y dar mantenimiento al nuevo sistema de información geográfica, luego se plantea la división de data y digitación que es el área en que analistas de datos se encargan de monitorear el sargazo, analizar la información recolectada y generar reportes con los resultados de esos análisis. Por último, está la división y de laboratorio y análisis que es donde los biólogos marinos se encargan de tomar muestras de sargazo y de agua de las playas afectadas y los estudian para determinar la cantidad de sargazo que se acumula en las playas y el estado de la composición bioquímica del agua ante la acumulación del sargazo.

2.3 Redefinición de Procesos y Objetivos

2.3.1 Procesos

- a) Reconocimiento de las áreas más vulnerables a la llegada del sargazo.
- b) Captura de datos y muestras físicas del sargazo.
- c) Análisis químicos de la composición del agua en las costas.
- d) Seguimiento en tiempo real de la llegada del sargazo.
- e) Procesamiento y análisis de información recolectada.
- f) Establecimiento de líneas de comunicación para la alerta temprana a las instituciones y comunidades pertinentes.

2.3.2 Objetivos

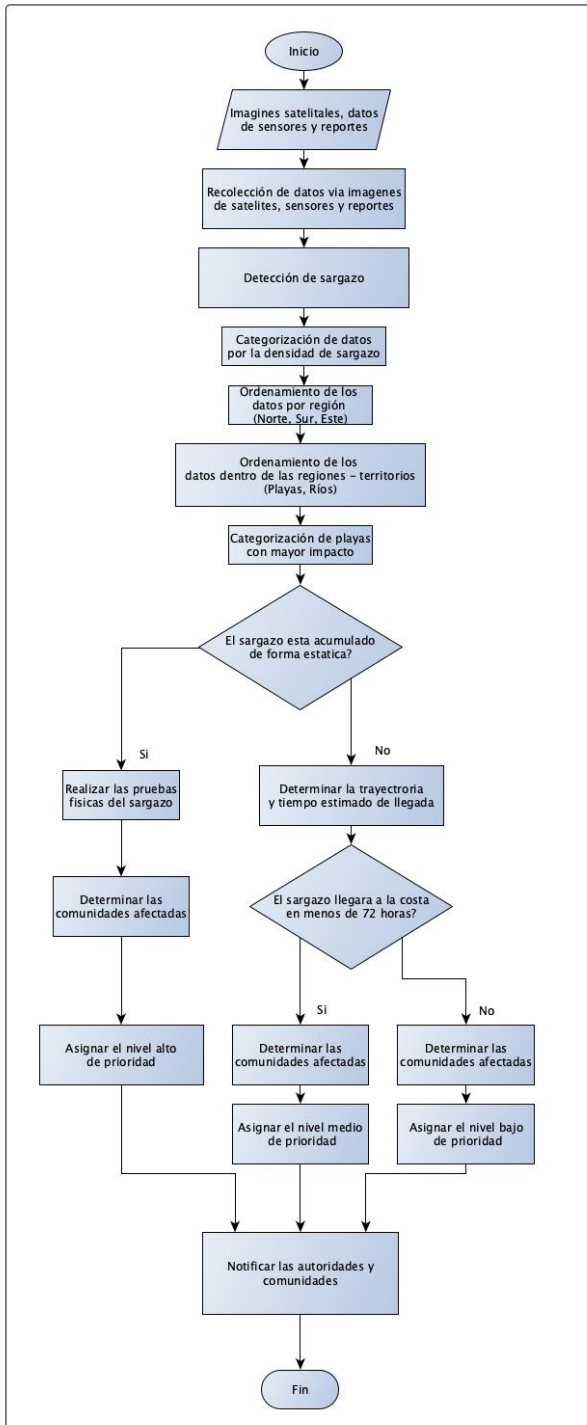
- a) Identificar las áreas de mayor atención por ser más vulnerables ante la llegada del sargazo.
- b) Obtener información física sobre la densidad, color, especie y demás factores relacionados al sargazo.

- c) Evaluar la calidad del agua para la detección de posibles contaminantes asociados al sargazo.
- d) Dar seguimiento al estado actual a la llegada del sargazo mediante herramientas de georreconocimiento.
- e) Crear análisis estadísticos basada en toda la información recolectada en relación con el sargazo.
- f) Alertar a las instituciones y comunidades pertinentes con antelación sobre la llegada del sargazo.

2.4 Diagrama de flujos basado en los procesos

Figura 14. Diagrama de flujo – Proceso 1.

Nota. Diagrama de flujo relacionado al proceso de Reconocimiento de las áreas más vulnerables a la llegada del sargazo. Autoría propia (2023).



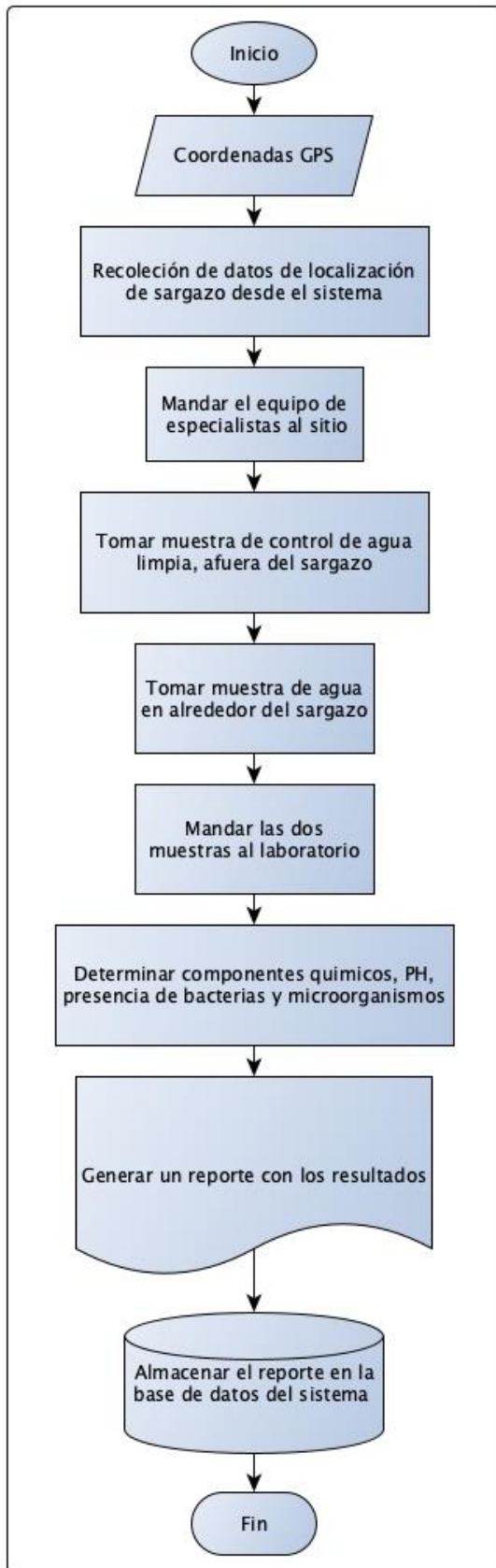


Figura 15. Diagrama de flujo – Proceso 2.

Nota. Diagrama de flujo relacionado a la Captura de datos muestras físicas del sargazo. Autoría propia (2023).

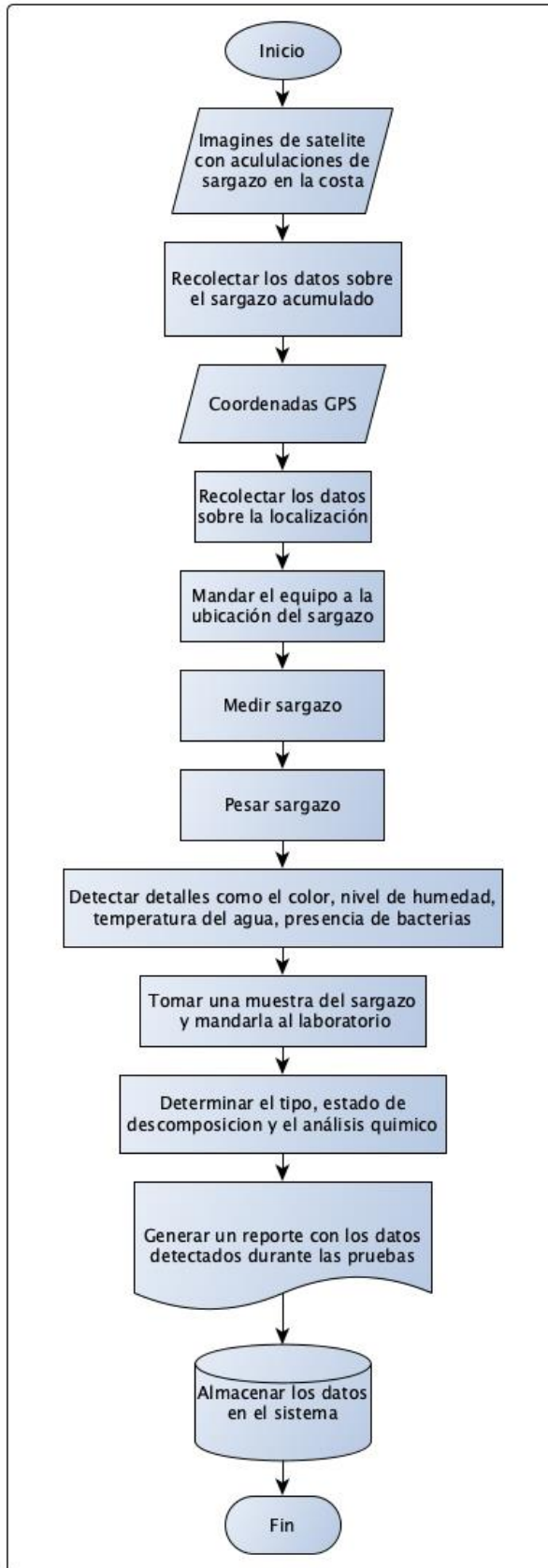


Figura 16. Diagrama de flujo – Proceso 3.

Nota. Diagrama de flujo relacionado al Análisis químicos de la composición del agua en las costas. Autoría propia (2023).

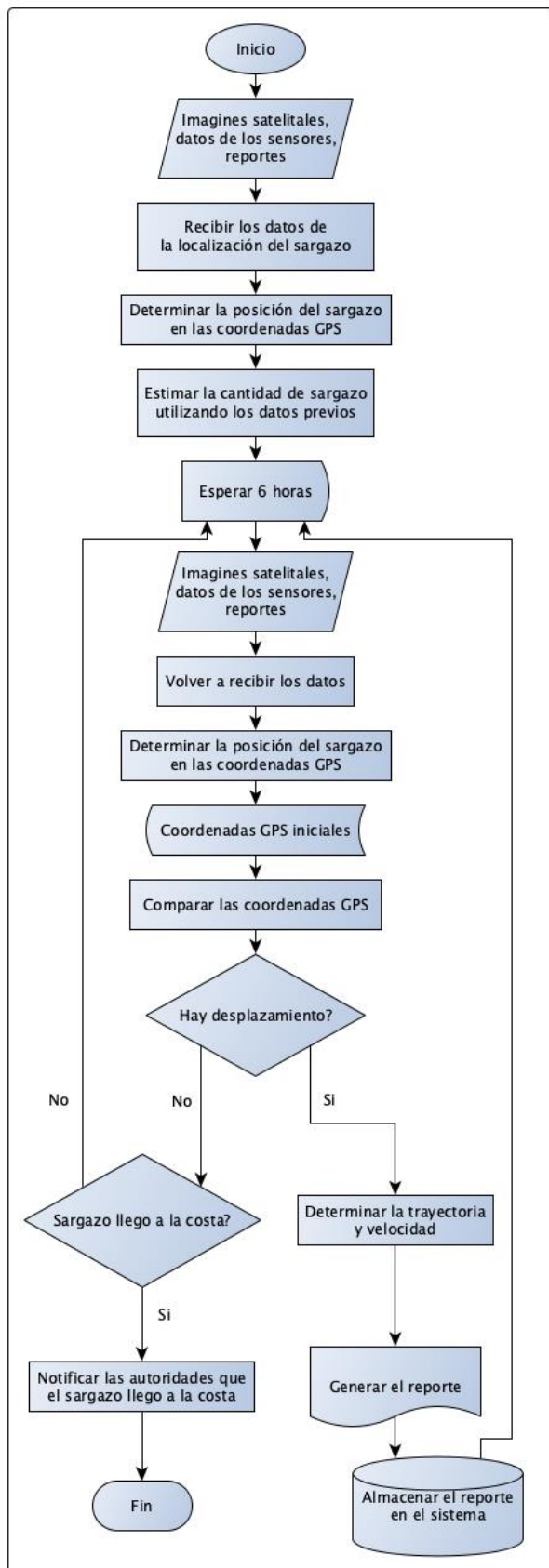
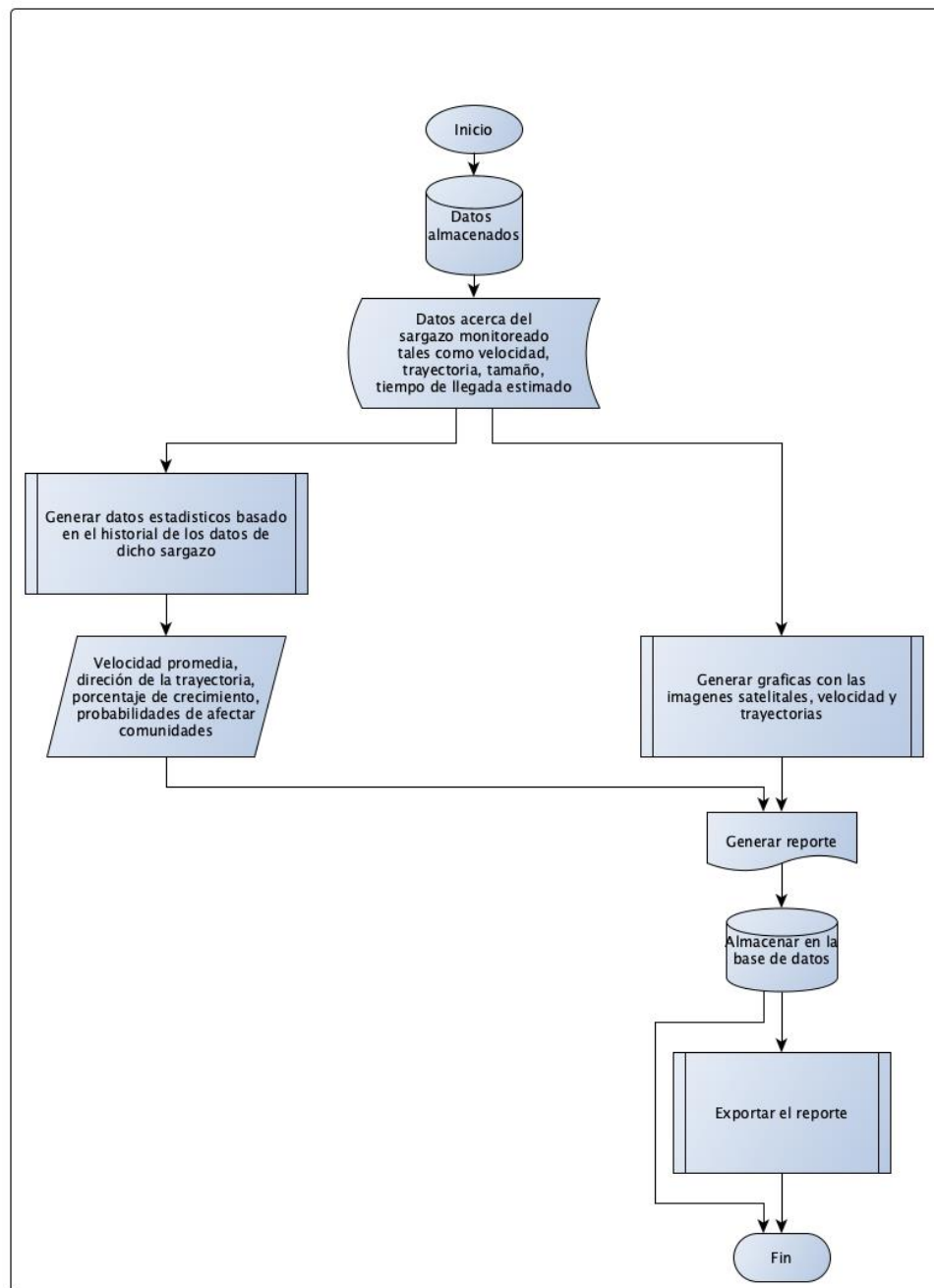


Figura 17. Diagrama de flujo – Proceso 4.

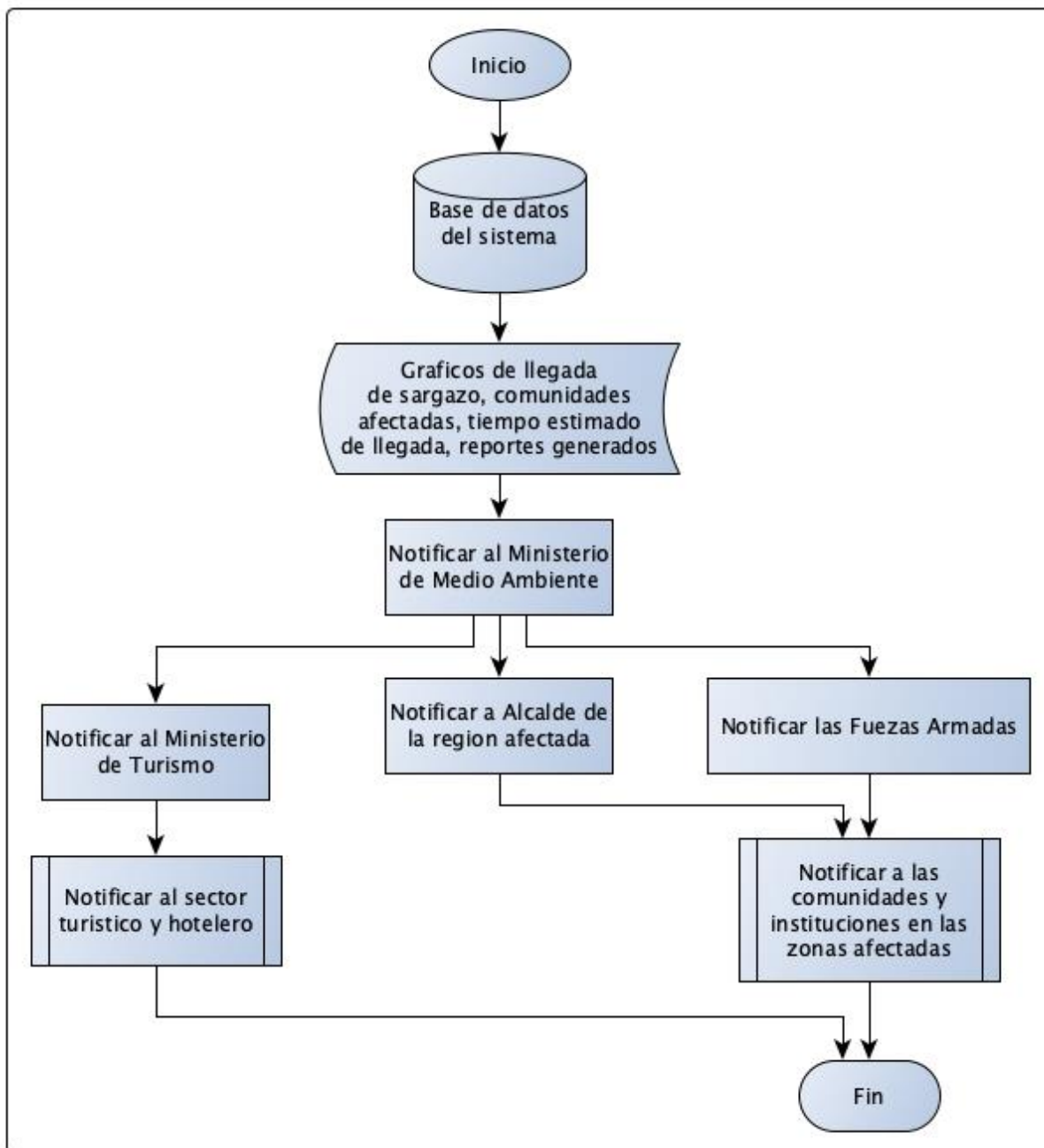
Nota. Diagrama de flujo relacionado al Seguimiento en tiempo real de la llegada del sargazo. Autoría propia (2023).

Figura 18. Diagrama de flujo – Proceso 5.



Nota. Diagrama de flujo relacionado al Procesamiento y análisis de la información recolectada. Autoría propia (2023).

Figura 19. Diagrama de flujo – Proceso 6.



Nota. Diagrama de flujo relacionado al Establecimiento de líneas de comunicación para la alerta temprana a las instituciones y comunidades pertinentes. Autoría propia (2023).

2.5 Requerimientos y requisitos del Sistema GIS para la alerta temprana del sargazo para monitoreo y acción por el Ministerio de Medio Ambiente.

Para que el sistema cumpla con las necesidades del cliente es necesario definir Requerimientos funcionales y no funcionales que se adecuen a los nuevos procesos de monitoreo previamente definidos. Del mismo modo, como ya es sabido, la aplicación web que se propone en este trabajo contendrá un sistema GIS el cual requiere de hardware que cumpla con características específicas para que el mismo pueda soportar el sistema. A continuación, se presentan los requerimientos funcionales y no funcionales y requisitos mínimos y recomendados para la ejecución del sistema:

2.5.1 Requerimientos funcionales.

Módulo	Especificación	Descripción
Módulo Web	RF-1	Registro de usuarios.
	RF-2	Configuración y manejo de roles de accesos.
	RF-3	Registros logs de la actividad de usuarios.
	RF-4	2FA para ingreso al sistema.
	RF-5	Exportar reportes de sargazo en formato .csv
	RF-6	Filtros por región territorial para la reportería.
	RF-7	Simulación de trayectoria del sargazo.
	RF-8	Visualización de imágenes satelitales capturadas del sargazo.
	RF-9	Alerta al usuario sobre la distancia del sargazo.
	RF-10	Cambios de unidades de medición en el reporte gráfico del sargazo.
	RF-11	Bitácora de hallazgo de la calidad del agua.
	RF-12	Registro de brigadas encargadas de recogida del sargazo.
	RF-13	Registro de acumulación del sargazo en las costas.

	RF-14	Recuperación de cuentas bloqueadas por múltiples intentos fallidos de autenticación.
	RF-15	Visualización gráfica y exportación de los datos recolectados del sargazo.
	RF-16	Modo oscuro para la interfaz gráfica.

Tabla 4. Requerimientos funcionales del módulo propuesto. Fuente: Autoría propia, (2023).

2.5.2 Requerimientos no funcionales.

Módulo	Especificación	Descripción
Módulo Web	RNF-1	Interfaz de usuario fácil de usar.
	RNF-2	Capacidad de procesar grandes cantidades de datos sin retrasos significativos.
	RNF-3	Seguridad e integridad de los datos recolectados.
	RNF-4	Capacidad de expandirse de acuerdo con las necesidades.
	RNF-5	Reducción de tiempo de inactividad.
	RNF-6	Compatibilidad con formatos abiertos de SIG y fuentes de datos externos.
	RNF-7	Mecanismo de respaldo de datos automático.
	RNF-8	Cumplimiento normativo con el manejo de los datos geográficos y privacidad de información.
	RNF-9	Documentación completa y actualizada incluyendo el manual de usuario.
	RNF-10	Localización de interfaz y reportes en español y en inglés.
	RNF-11	Manejo de errores y fallas del sistema.
	RNF-12	Interfaz de usuario adaptable para todo tipo de dispositivo y tamaño de la pantalla.
	RNF-13	Optimización para reducir el tiempo de carga y el uso de la banda ancha.

	RNF-14	Opción de personalizar los resultados: filtrar, ordenar y categorizar.
	RNF-15	Soporte multiplataforma entre los navegadores web.
	RNF-16	Trazabilidad y transparencia en los datos recolectados y los procesos de análisis.

Tabla 5. Requerimientos no funcionales del módulo propuesto. Fuente: Autoría propia, (2023).

2.5.3 Requisitos del sistema.

A continuación, se presentan una lista de requisitos mínimos que es importante tomar en cuenta antes de que los usuarios empiecen a hacer uso de la solución propuesta:

Componente	Requisitos mínimos
Sistema Operativo	Windows 10 64 bits, Linux 64 bits, macOS 11 o superior
CPU	Intel Core i5 2.70 GHz o superior
RAM	8GB de Memoria RAM o más
GPU	NVIDIA GeForce GTX 1050 4GB o superior
Conexión a Internet	20 Mbps
Espacio de disco duro	32GB HDD
Pantalla	1920×1080
Puertos periféricos	Teclado, mouse u otros
Multimedia	Altavoces

Tabla 6. Requisitos mínimos del sistema. Fuente: Autoría propia, (2023).

Del mismo modo presentamos los requisitos que consideramos son los más adecuados para los equipos en los que la solución será ejecutada. Esto con el fin de promover las mejores condiciones para un mejor performance:

Componente	Requisitos recomendados
Sistema Operativo	Windows 11 64 bits, Linux 64 bits, macOS 13 o superior
CPU	Intel Core i7 3.50 GHz o superior
RAM	32GB de Memoria RAM o más
GPU	NVIDIA GeForce RTX 3060 6GB o superior
Conexión a Internet	40 Mbps
Espacio de disco duro	32GB SSD
Pantalla	2560×1440
Puertos periféricos	Teclado, mouse
Multimedia	Altavoces

Tabla 7. Requisitos recomendados del sistema. Fuente: Autoría propia, (2023).

2.5.4 Casos de Uso.

2.5.4.1 Definición de caso de uso

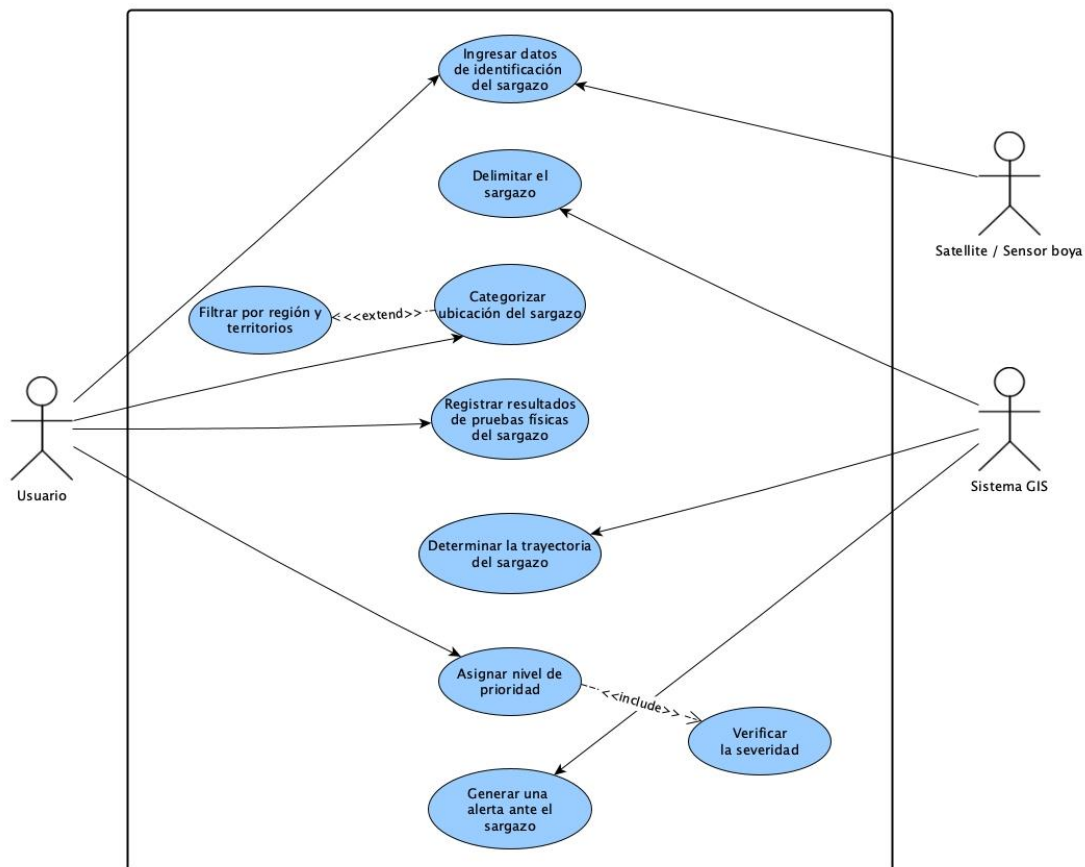
“Un caso de uso es una descripción basada en el escenario de la interacción del usuario con el software desde el punto de vista del usuario.” (Pressman, 2010).

Una vez claro el concepto de lo que es un caso de uso, se puede decir que por medio de esta herramienta se pueden representar de manera digerible para los stakeholders la forma en la que se ejecutan los procesos previamente definidos dentro de la solución tecnológica. Esto se puede lograr a través de diagramas de casos de uso o utilizando casos de uso en narrativa.

2.5.4.2 Casos de uso del Sistema GIS para la alerta temprana del sargazo para monitoreo y acción por el Ministerio de Medio Ambiente.

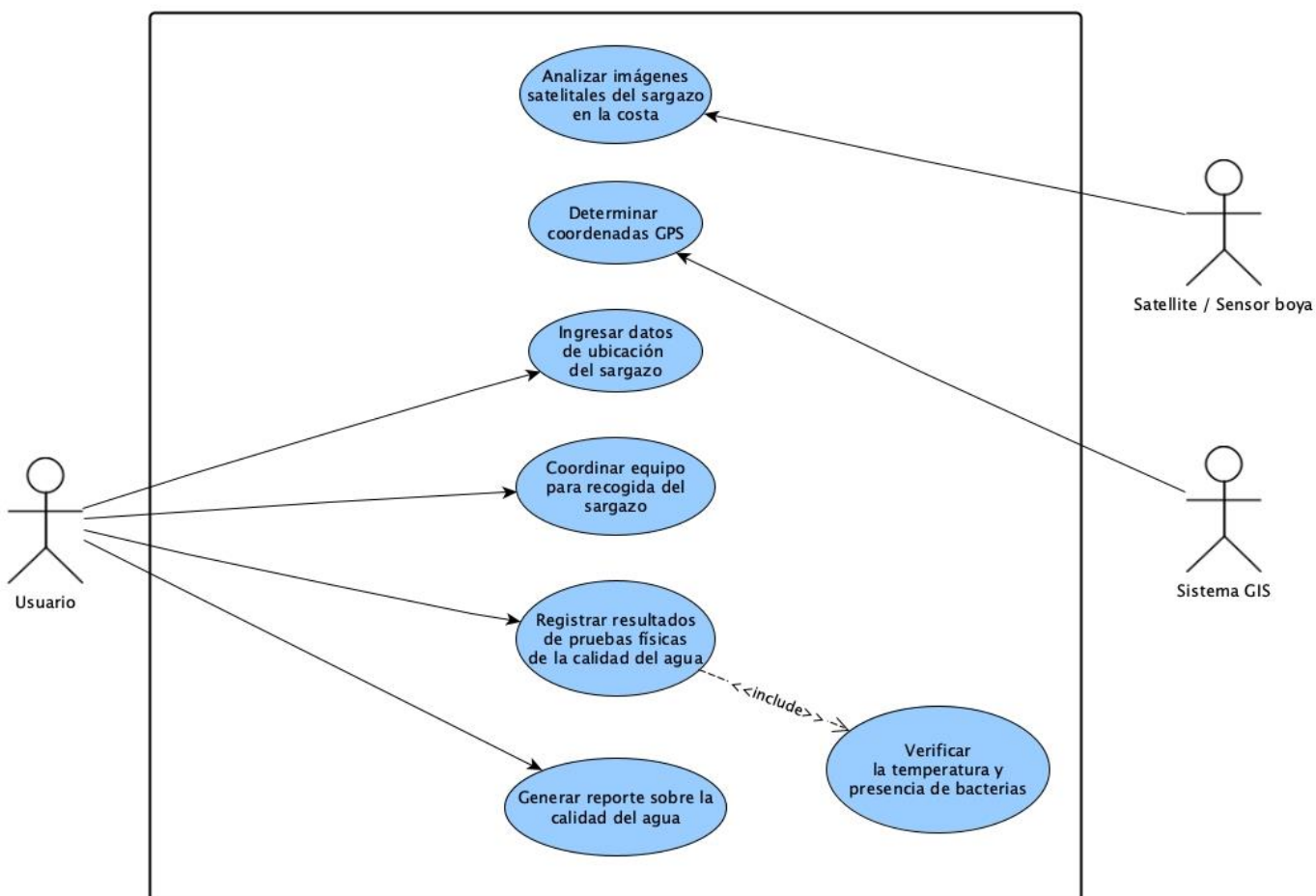
Una vez definidos los nuevos procesos para poder monitorear el sargazo de manera efectiva, necesitamos representarlos gráficamente para que se pueda tener una idea más clara de la forma en que el proceso se cumple dentro de la aplicación web. Con esto en mente, a continuación, se presentan los diagramas de caso de uso de cada uno de los procesos de monitoreo:

Figura 20. Caso de Uso – Proceso 1.



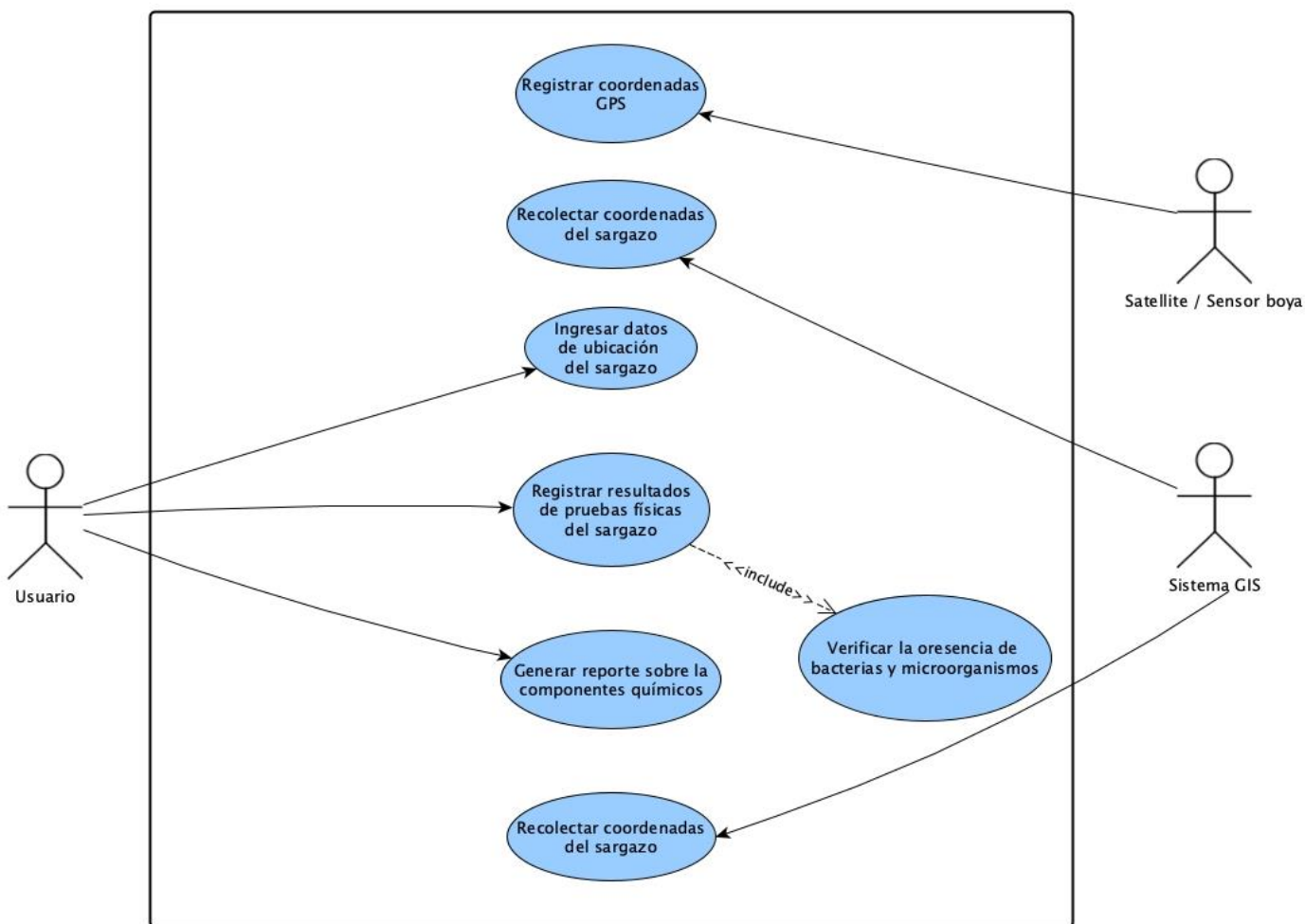
Nota. Caso de Uso relacionado al proceso de Reconocimiento de las áreas más vulnerables a la llegada del sargazo. Autoría propia (2023).

Figura 21. Caso de Uso – Proceso 2.



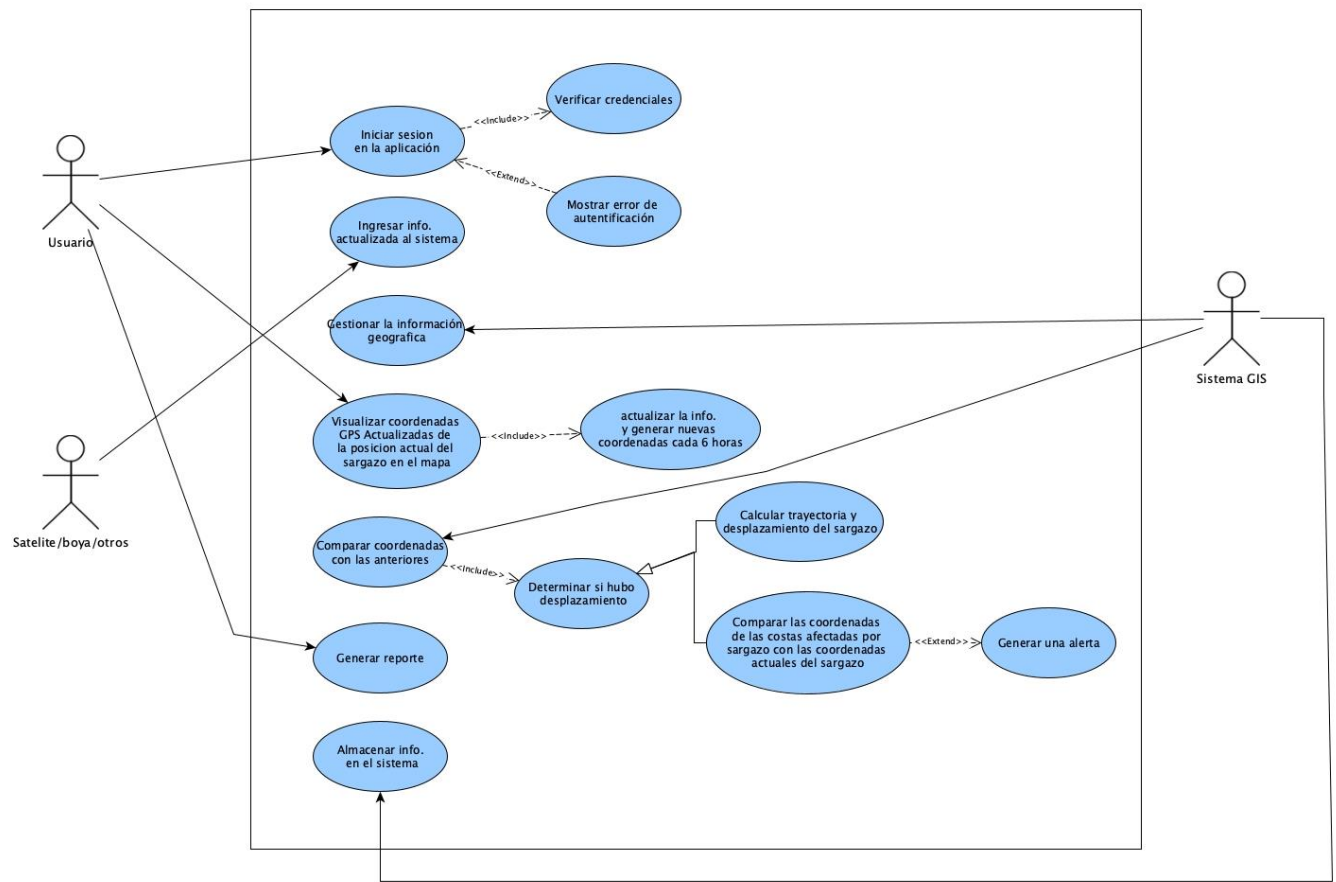
Nota. Caso de Uso relacionado a la Captura de datos muestras físicas del sargazo. Autoría propia (2023).

Figura 22. Caso de Uso – Proceso 3.



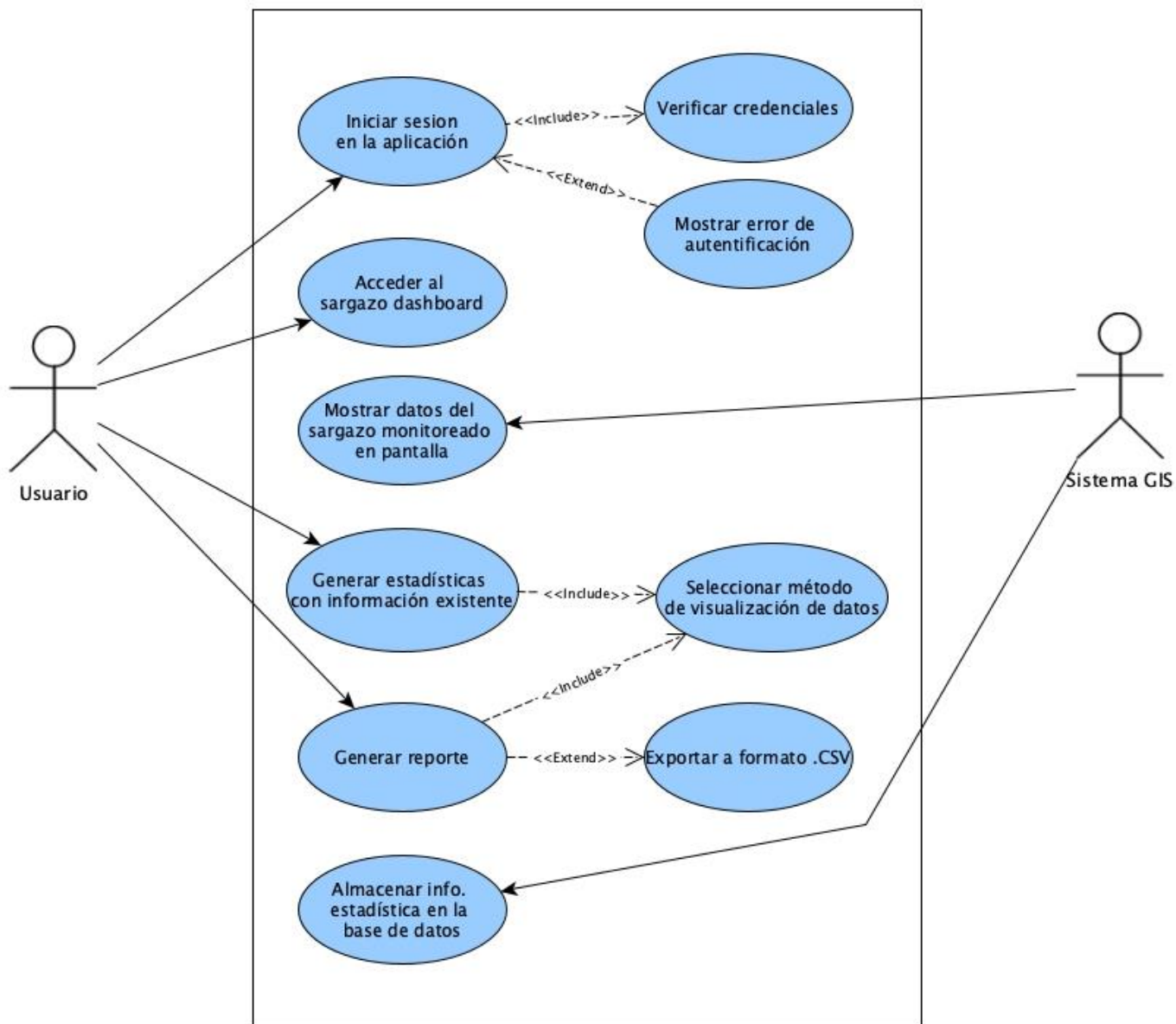
Nota. Caso de Uso relacionado al Análisis químicos de la composición del agua en las costas. Autoría propia (2023).

Figura 23. Caso de Uso – Proceso 4.



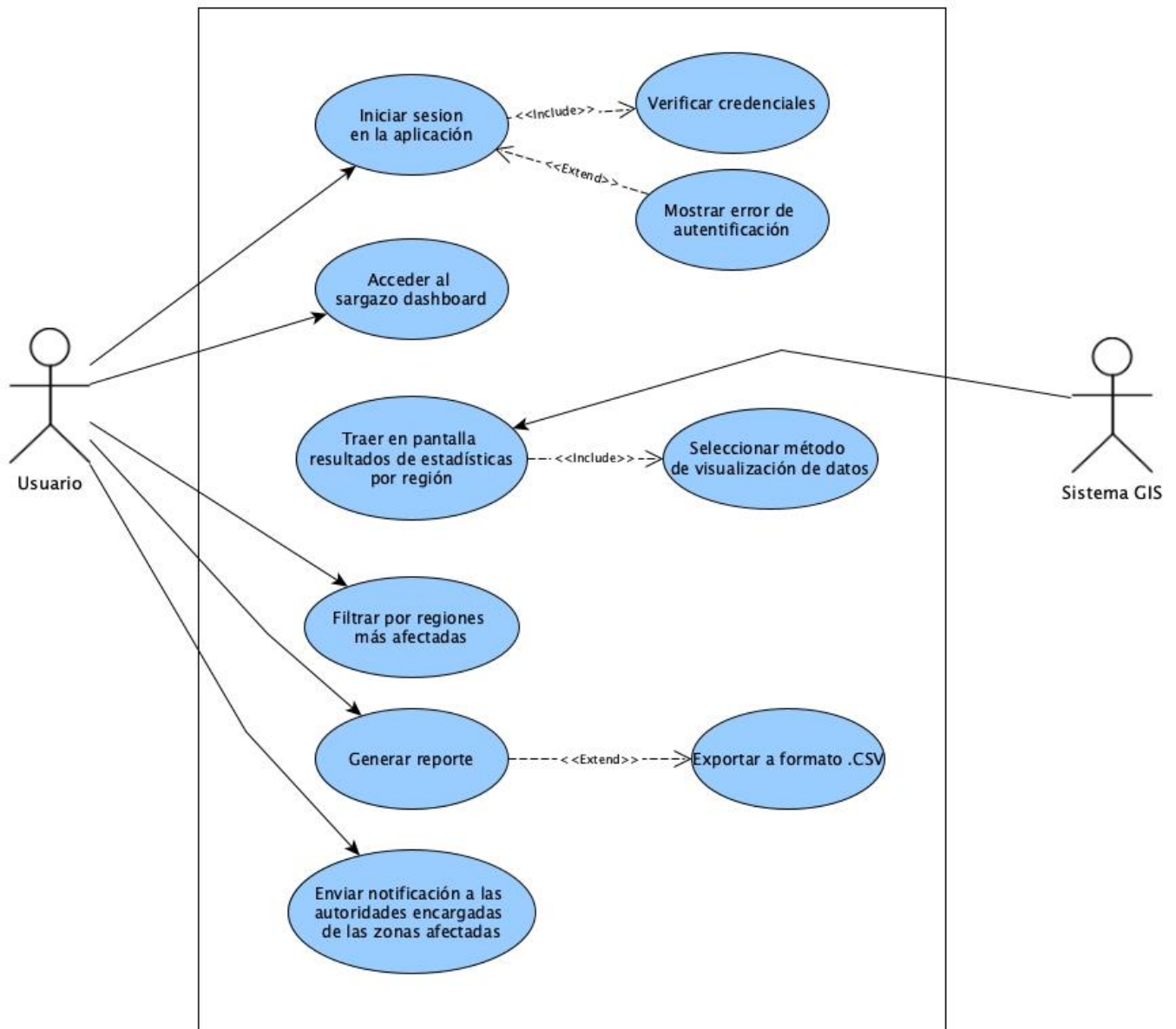
Nota. Caso de Uso relacionado al Seguimiento en tiempo real de la llegada del sargazo. Autoría propia (2023).

Figura 24. Caso de Uso – Proceso 5.



Nota. Caso de Uso relacionado al Procesamiento y análisis de la información recolectada. Autoría propia (2023).

Figura 25. Caso de Uso – Proceso 6.



Nota. Caso de Uso relacionado al Establecimiento de líneas de comunicación para la alerta temprana a las instituciones y comunidades pertinentes. Autoría propia (2023).

2.6 Arquitectura en la nube.

La Arquitectura en la nube es cuando varios componentes de la tecnología en la nube se conectan para crear un entorno de computación en la nube. Se utiliza la virtualización

para agrupar los recursos tecnológicos a través de una red. Una arquitectura de la nube puede incluir componentes tales como una plataforma web de front end que se utiliza para acceder y gestionar la nube, una plataforma de back end donde se almacenan y procesan los datos en los servidores, un modelo de distribución y una red a través de cual todo se conecta en un sistema.

Para el sistema de alerta temprana de sargazo se recolectarían los datos a través de sensores e imágenes satelitales. Estos datos se reciben en la nube a través de un sistema especializada. Este sistema es diseñado para recibir los datos de diferentes fuentes en tiempo real y realizar un enrutamiento de forma eficiente para los servicios de procesamiento y almacenamiento de datos. Uno de estos sistemas es Amazon Kinesis, el sistema construido especialmente para esta meta de ingerir los datos y pasarlos a otros servicios.

Procesamiento de datos es próxima etapa en el camino de los datos en el sistema de alerta temprana de sargazo. Después que los datos de sensores y satélites fueron recolectados por el sistema de ingestión de datos, los mismos pasan por un sistema diseñado para procesar los datos en el tiempo real. Amazon Elastic Compute Cloud o simplemente Amazon EC2 es un sistema perfecto para este proceso.

Es necesario almacenar los datos en la nube para facilitar el acceso a estos datos a través de otros componentes del sistema. Almacenar los datos en la nube permite acceso fácil a los datos para los usuarios y los sistemas además es muy flexible en términos de escalabilidad y viene con las mejores prácticas de seguridad de información. Amazon S3 es un servicio de almacenamiento de todo tipo de datos en la nube que puede ser utilizado en caso de almacenamiento de las imágenes de sargazo recibidos desde los satélites.

En la etapa de almacenamiento de datos geoespaciales se requiere un sistema diseñado para manejo de este tipo de datos. Existen extensiones para algunos motores de datos en la nube para almacenar y procesar los datos con componentes geoespaciales. En diferencia a los motores de bases de datos tradicionales, los motores de bases de datos espaciales cuentan con soporte de los componentes, formatos y funciones específicos para los datos espaciales. Amazon Relational Database Service (RDS) es un servicio de

Amazon Web Services (AWS) que permite almacenamiento de datos. También existen extensiones oficiales de AWS para el trabajo con los datos espaciales agregando las funciones y soporte de componentes geoespaciales al RDS tradicional.

En la etapa de visualización, se combinan los resultados de las etapas anteriores con un servicio de mapas. La plataforma de mapas Google Maps cuenta con los APIs que permiten integrar capas customizadas y datos espaciales al servicio de mapas que provee la plataforma. Esto permite una simple forma de visualizar los resultados de análisis y procesamiento de datos espaciales a través de sensores y satélites para un sistema de alerta temprana de sargazo.

Después que los datos están recolectados, ingeridos, procesados, almacenados y visualizados, se puede implementar un sistema de detección de patrones de forma automática. Este tipo de sistema funciona con la tecnología de Machine Learning (aprendizaje de máquina) que permite aprender los patrones y utilizarlos para comparar con los datos nuevos en el intento de detectar similitudes con los patrones aprendidos. La plataforma Amazon SageMaker está especializada en detección de patrones desde los datos ordenados y no ordenados y puede clasificarlos de forma automática por similitud con los patrones conocidos.

2.6.1 Definición de Computación en la nube

Computación en la nube es “un modelo que permite el acceso bajo demanda y a través de la red, a un conjunto de recursos compartidos y configurables (como redes, servidores, capacidad de almacenamiento, aplicaciones y servicios) que pueden ser rápidamente asignados y liberados con esfuerzo mínimo de gestión e interacción con el proveedor del servicio” (Rojas, 2014).

Se define como Computación en la nube como “el modelo que consiste al uso de servicios informáticos exclusivamente vía internet que mitiga la dependencia de recursos físicos tales como servidores y almacenamientos físicos”.

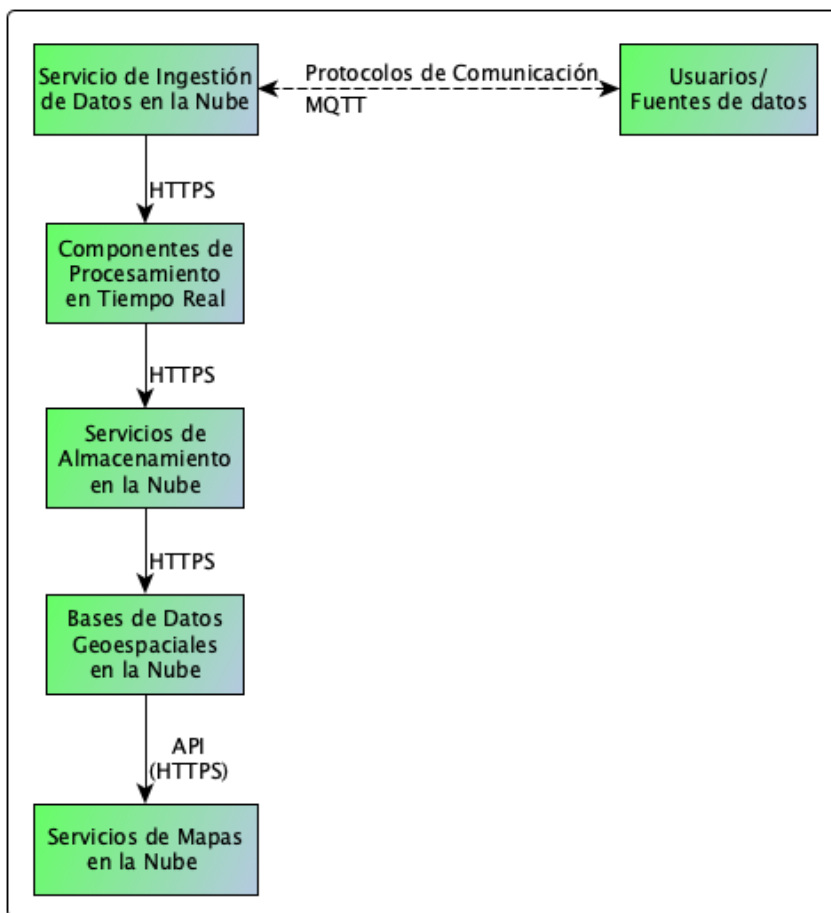
2.7 Arquitectura de Seguridad y Comunicación

La arquitectura de seguridad y comunicación del sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo está enfocada en la protección de la privacidad, integridad y disponibilidad de la información, así como en el procesamiento y transferencia de la misma. Se asegura una comunicación segura y fiable entre los distintos componentes del sistema y el usuario por medio de medidas y protocolos de seguridad y comunicación.

La red se divide en varias secciones, y para cada una el usuario tendrá permisos de acceso de acuerdo con el tipo de usuario. Esto permite tener un mejor control del acceso a la información delicada que proporciona el sistema y evitar accesos no autorizados. Además, se hará uso de sistemas de autenticación de dos factores, políticas de manejo de contraseñas, certificado digital SSL y mecanismo de autenticación único SSO.

Para establecer una conexión con el sistema, el usuario deberá contar con una VPN que actúa como capa adicional de protección de la información para las medidas de seguridad integradas en el sistema. La comunicación entre los elementos y componentes del sistema se realizan mediante los protocolos de comunicación MQTT y HTTPS los cuales protegen los datos durante la fase de transferencia entre los diversos elementos del sistema de alerta temprana de sargazo.

Figura 26. *Arquitectura de Seguridad y Comunicación – Sistema de alerta temprana de sargazo.*



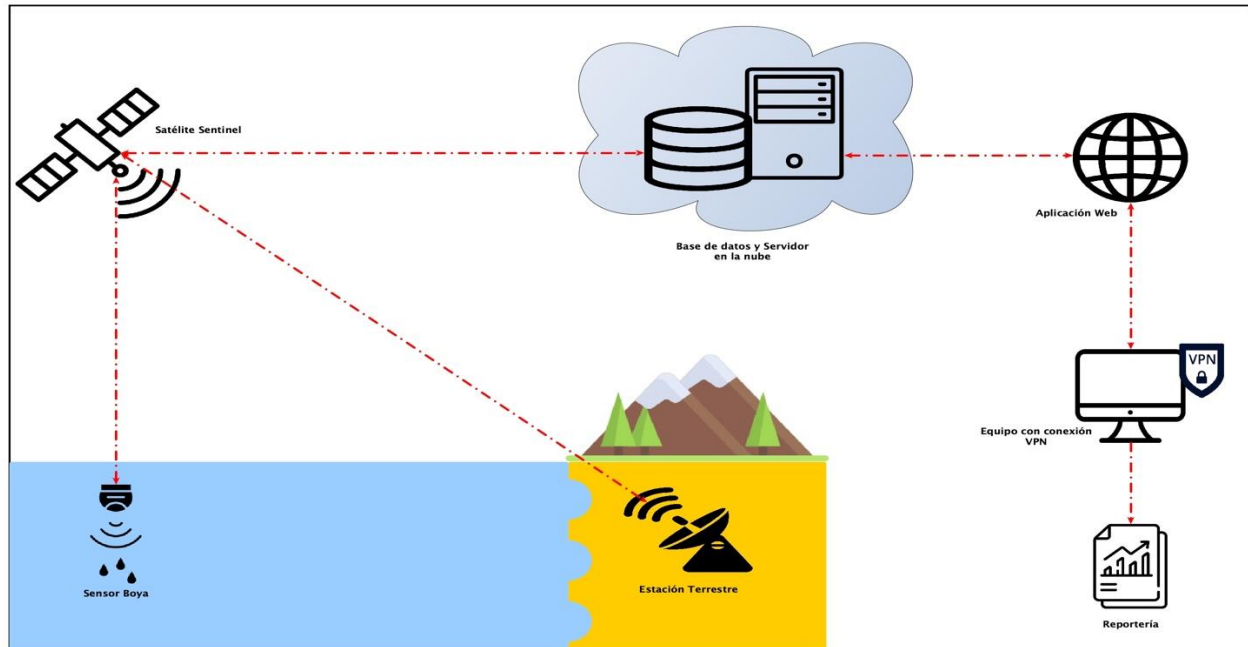
Nota. Diagrama que representa la arquitectura de seguridad y comunicación de un sistema de alerta temprana de sargazo. Autoría propia (2023).

2.8 Arquitectura externa de Sistema de Información Geográfica

El satélite toma fotos de sargazo cada 6 horas y las pasa al sistema de gestión de datos vía estación terrestre o directo a la nube por medio del protocolo MQTT. Luego, se pasan los datos al sistema de procesamiento y se almacenan en la nube. Para los datos espaciales se utiliza el motor de base de datos con la extensión para los datos geoespaciales. En la próxima etapa, los datos se procesan en el sistema de análisis de datos geoespaciales y se visualizan como capas en el servicio de mapas en la nube. Se puede acceder a los datos y resultados del análisis a través de la aplicación web que

tiene funciones de reportería, exportación de reportes y un sistema de alertas y notificaciones.

Figura 27. Arquitectura externa de SIG – Sistema de alerta temprana de sargazo.



Nota. Diagrama que representa la arquitectura externa de un sistema de alerta temprana de sargazo utilizando el Sistema de Información Geográfica. Autoría propia (2023).

2.8.1 Definición de Satélite

“Un satélite artificial es un dispositivo fabricado por el ser humano para la realización de unas funciones determinadas describiendo una trayectoria en el espacio exterior.” (Fernández, 2022).

Se puede definir como satélite como un “artefacto lanzado intencionalmente a la órbita controlados por un ordenador para realizar funciones tales como la comunicación y la investigación científica”.

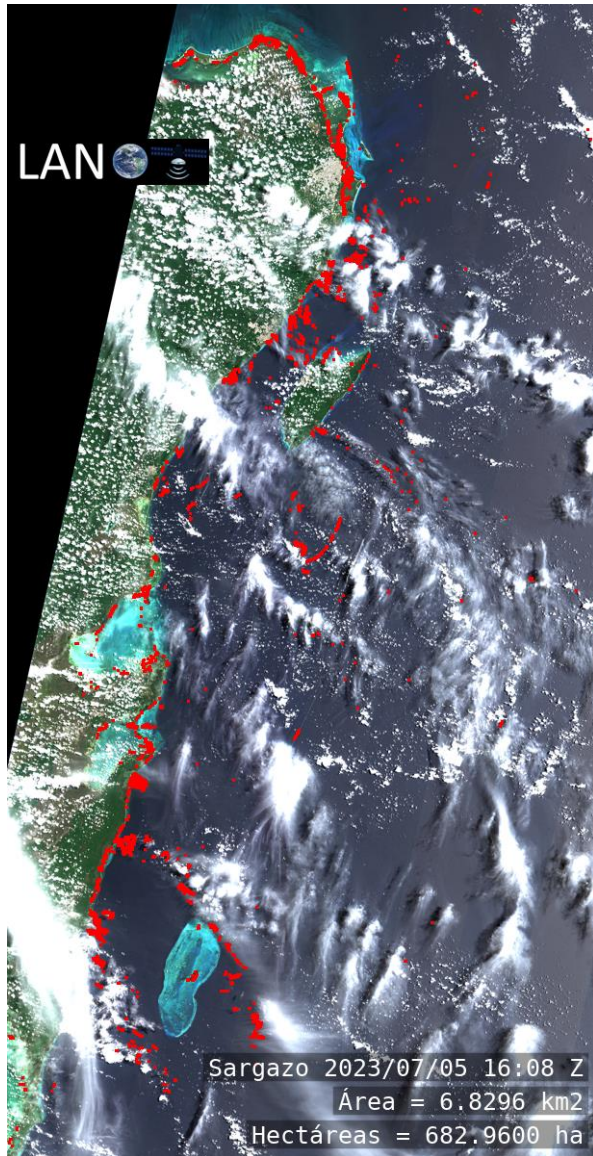


Figura 28. Imagen tomada desde el satélite Sentinel-2.

Nota. Imagen captada del satélite Sentinel-2^a identificando sargazo en las costas de Méjico. (Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra, 2023).

2.9 Características del Satélite Sentinel

- Cuenta la capacidad de emitir pulsos de microondas para registrar las imágenes de la superficie terrestre.
- Puede operar en modo vigilancia y modo de onda larga para la captura de imágenes de alta resolución.
- Es posible capturar imágenes en intervalos regulares, permitiéndole el seguimiento temporal y detección de cambios.

- Puede proporcionar una resolución espacial de 5 metros para detectar cambios precisos en la superficie terrestre.

2.9.1 Definición de Boya

La boya es “un instrumento que se instala normalmente en alta mar ... con el objetivo de medir ... la dirección y velocidad de las corrientes marítimas, la temperatura, humedad, presión, velocidad y dirección del viento, salinidad, oleaje, pH, clorofila, entre otra gran cantidad de información muy valiosa para la investigación.” (Gómez, 2013).

2.10 Arquitectura interna de Sistema de Información Geográfica

Figura 29. Arquitectura interna de SIG – Sistema de alerta temprana de sargazo.



Nota. Diagrama que representa la arquitectura interna de un sistema de alerta temprana de sargazo utilizando el Sistema de Información Geográfica. Autoría propia (2023).

2.11 Diseño del Sistema de Información Geográfica (UI/UX).

A continuación, se detalla lo que es la interfaz de usuario y como difiere del concepto de experiencia de usuario para luego proceder al mapeo de objetivos del diseño de la interfaz de usuario de la aplicación web para el monitoreo y alerta temprana del sargazo para el Ministerio de Medio Ambiente.

2.11.1 Interfaz de Usuario.

Según el Equipo editorial Etecé (2020) una interfaz de usuario es un espacio o entorno en el que ocurren las interacciones entre máquina y usuario, diseñado para facilitar la comunicación entre ambos. Es decir, que, gracias a las interfaces de usuario, el ser humano puede hacer uso de herramientas informáticas con facilidad para optimizar la manera en la que se hacen tareas en lo cotidiano.

2.11.2 Experiencia de Usuario.

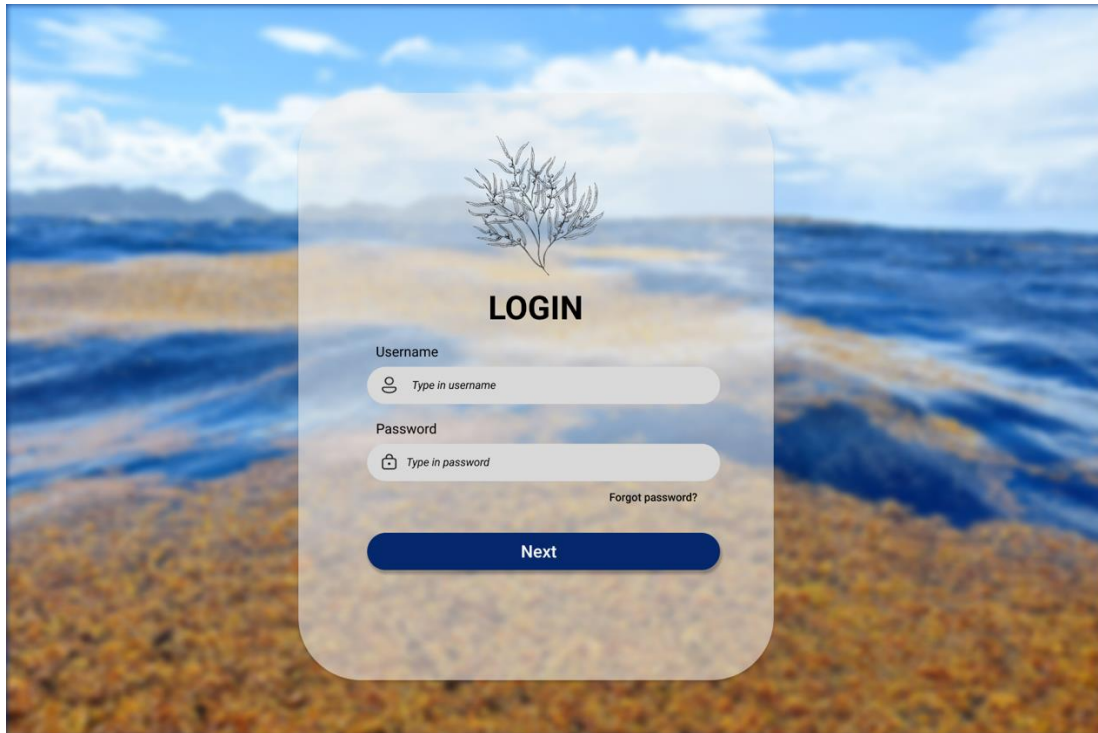
La ISO 9241-210 (2010) define la experiencia de usuario como las percepciones y respuestas de las personas, resultantes del uso o anticipación de uso de un producto, sistema o servicio. Lo que experimenta un usuario al hacer uso de alguna interfaz tiene que ver con sus propias emociones, preferencias y expectativas.

Teniendo claros tanto el concepto de Interfaz de usuario como el de experiencia de usuario, A continuación, se presentan los mockups de la interfaz de usuario de la aplicación web de monitoreo y alerta temprana del sargazo.

2.11.3 Mockups.

2.11.3.1 Inicio de sesión

Figura 30. Login – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.

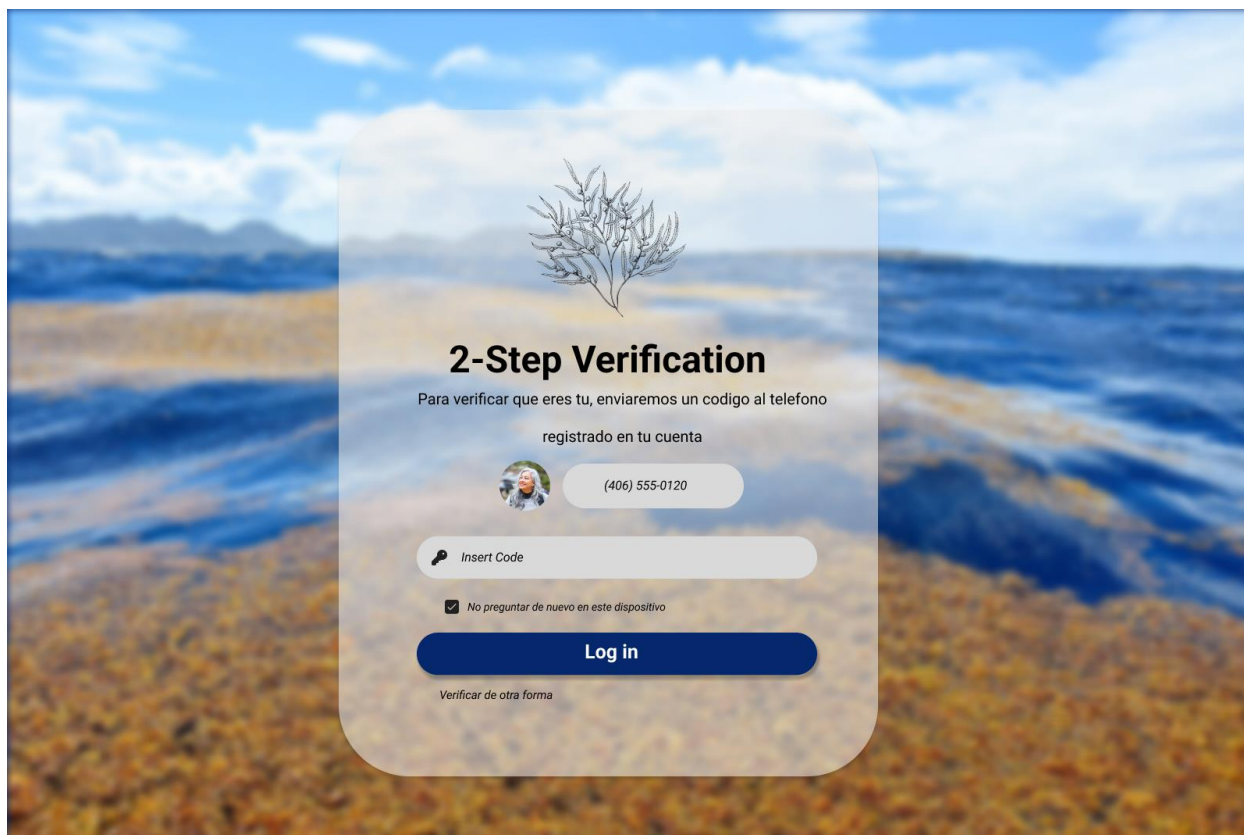


Nota. Imagen que representa la pantalla de inicio del sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo. Autoría propia (2023).

Al ingresar a la aplicación web, el usuario se encuentra con la pantalla de inicio de sesión en la cual deberá colocar su correo administrativo y contraseña para acceder a la aplicación. Una vez comprobado que las credenciales del usuario son válidas, el sistema envía al usuario a la pantalla de verificación en 2 pasos por medio de la cual se confirma que realmente es el dueño de las credenciales quien está tratando de ingresar a la aplicación con el objetivo de garantizar la seguridad de la información delicada que se maneja dentro de la aplicación. El usuario recibe un código a través de su correo personal o vía mensajería instantánea con su número telefónico y el mismo debe ser ingresado y verificado para que el usuario puede acceder al sistema exitosamente. Una

vez este paso es completado, el usuario accede inmediatamente a la aplicación y se encuentra con la pantalla de inicio.

Figura 31. *2-Step Verification – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.*



Nota. Imagen que representa la pantalla de verificación en dos pasos del sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo. Autoría propia (2023).

2.11.3.2 Home o pantalla principal

Esta pantalla cuenta con una bandeja de entrada donde el usuario puede revisar los reportes de sargazo más recientes realizados por instituciones o comunidades. También se tiene al alcance una barra superior en la que el usuario puede consultar información sobre los elementos de la pantalla en la que se encuentra, acceder a las notificaciones recientes desde cualquier parte de la aplicación o configurar la cuenta a su gusto. En esta barra también puede

saber el tipo de usuario que es. Se hablará de los tipos de usuarios más adelante.

Figura 32. Home – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.

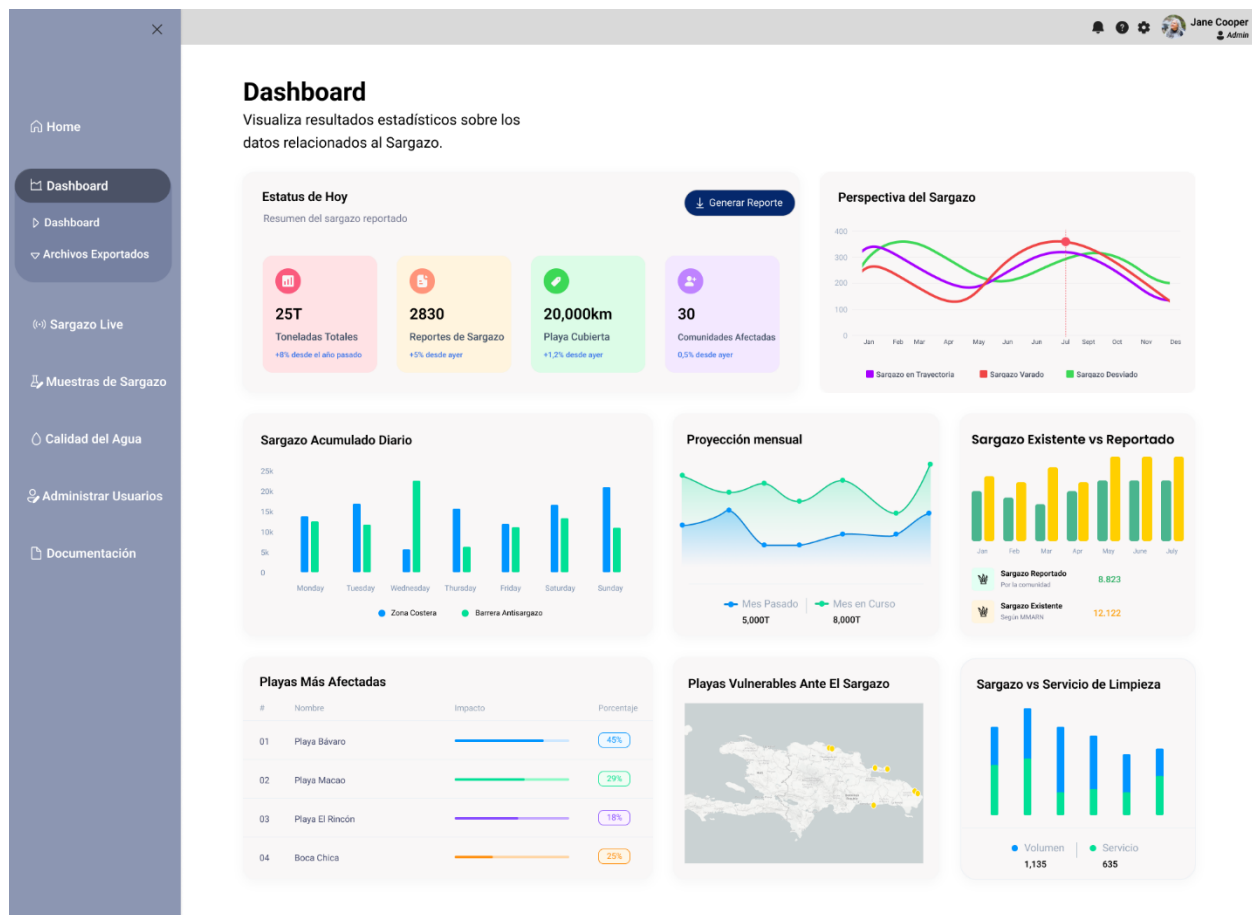


Nota. Imagen que representa el Home o pantalla principal del sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo. Autoría propia (2023).

Tanto la pantalla de inicio como cualquier otra pantalla de la aplicación cuentan con un menú lateral ubicado a mano izquierda de la pantalla por medio del cual se puede acceder a las diferentes instancias de la aplicación. Dicho menú cuenta con siete opciones a elegir, siendo el home una de ellas, y se detallan a continuación.

2.11.3.3 Dashboard

Figura 33. Dashboard – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.



Nota. Imagen que representa el Dashboar del sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo. Autoría propia (2023).

El Dashboard es la pantalla en la que el usuario podrá generar datos estadísticos a base de la data obtenida por los diferentes medios de recolección (Satélite, boyas, bases de datos, etc.) y representaciones graficas de los mismos para facilitar la comprensión de cualquier persona que no esté familiarizada con el análisis de datos.

Por medio de la misma también se podrán generar reportes de los datos estadísticos presionando el botón de “Generar Reporte” que luego podrá ser utilizados para analizar patrones y tendencias en la llegada del sargazo a las costas, facilitar la toma de decisiones preventivas, entre muchos otros beneficios. Luego de que el reporte se

general estaría disponible para exportar a un archivo .CSV en la pantalla de “Archivos Exportados Desde El Dashboard” o en su defecto se puede compartir el archivo por correo para alertas de cualquier cosa a las autoridades pertinentes utilizando el botón de “Compartir”.

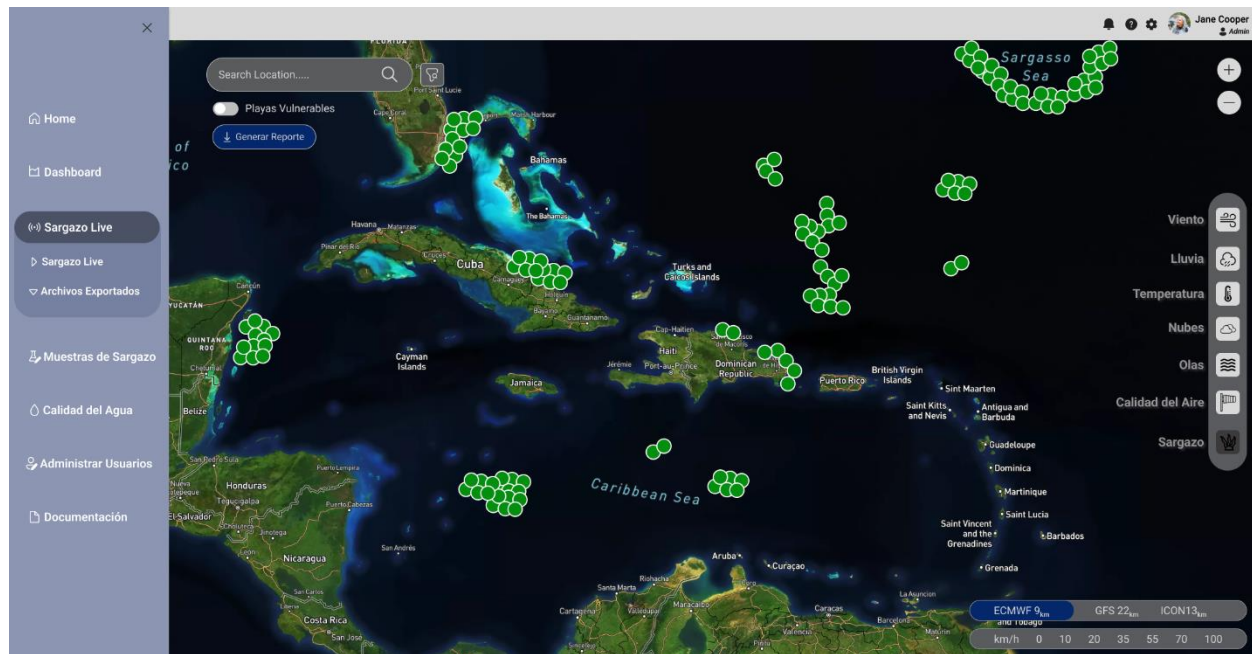
Figura 34. Archivos Exportados Desde el Dashboard – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.



Nota. Imagen que representa la pantalla de archivos exportados desde el dashboard. Autoría propia (2023).

2.11.3.4 Sargazo Live

Figura 35. Sargazo Live– Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.



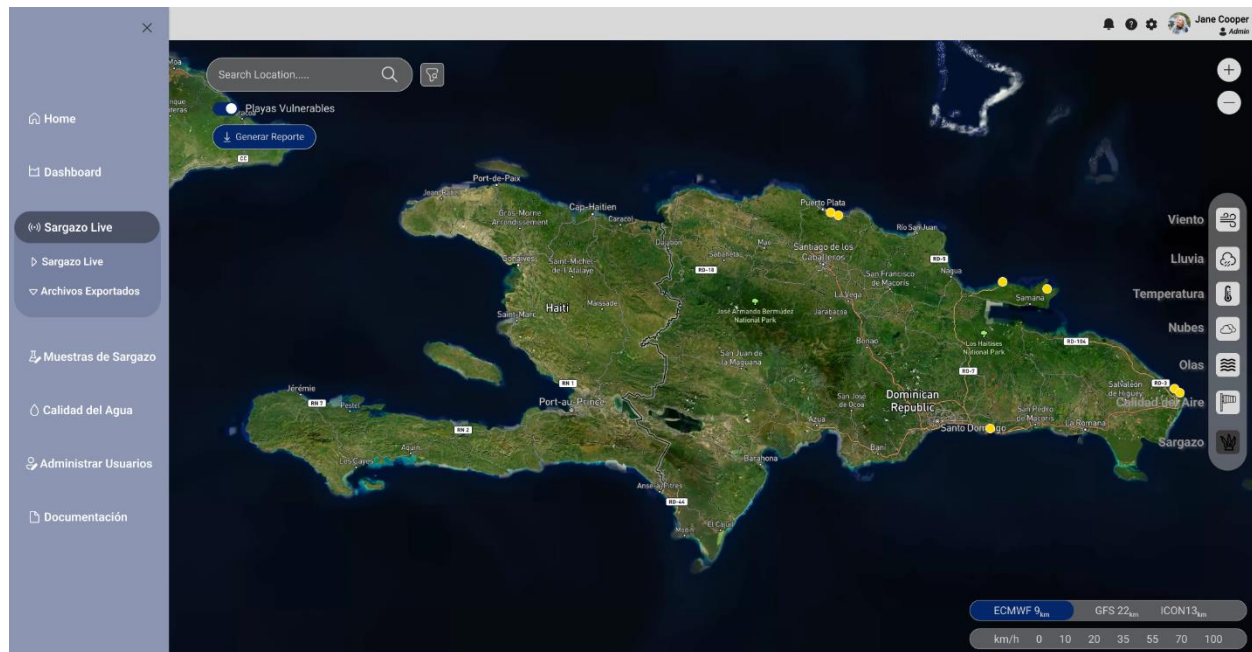
Nota. Imagen que representa la pantalla Sargazo Live del sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo. Autoría propia (2023).

Sargazo Live es la pantalla en la que el usuario puede monitorear la llegada del sargazo por medio de imágenes satelitales. En esta pantalla se pueden visualizar la trayectoria que lleva el sargazo, en donde se ha varado, entre muchas otras cosas útiles que permitirán la planificación preventiva. El usuario cuenta con diversos controles que le facilitan visualizar las imágenes con diferentes enfoques como la dirección del viento, la temperatura, entre otros elementos y también se pueden buscar ubicaciones específicas haciendo uso de la barra de búsqueda y sus opciones avanzadas en la esquina superior izquierda de la pantalla.

Otro de los features que incluye Sargazo Live es que al hacer clic en el switch de “Playas Vulnerables” debajo de la barra de búsqueda la pantalla se enfoca en el Mapa de la República Dominicana y se pueden ver cuáles son las playas más vulnerables ante la

llegada del sargazo de acuerdo con toda la información recolectada y los patrones identificados.

Figura 36. Playas Más Vulnerables – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.



Nota. Imagen que representa el feature de “Playas Vulnerables” del sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo. Autoría propia (2023).

Desde esta pantalla también se pueden generar reportes sobre la información obtenida del sargazo utilizando el botón de “Generar Reporte” y una vez generado el archivo este estará disponible en la pantalla de “Archivos Exportados Desde Sargazo Live” para exportar o compartir con las autoridades pertinentes.

Figura 37. Archivos Exportados Desde Sargazo Live – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.



Nota. Imagen que representa La pantalla de archivos exportados desde Sargazo Live del sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo. Autoría propia (2023).

2.11.3.5 Muestras de Sargazo

Muestras de Sargazo es la opción número cuatro de nuestro menú principal. En esta pantalla el usuario puede almacenar en una tabla los datos clave obtenidos de los resultados de las muestras de sargazo recolectado en las costas todo esto con el objetivo de facilitar la consulta de los resultados ya que muchas veces no se necesita toda la información que contienen los informes sino elementos en específico como el peso, el tipo, el estado, entre otros.

Figura 38. Información de Las Muestras de Sargazo – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.

Información de Las Muestras de Sargazo
Ingresa información clave de los resultados de las muestras de sargazo.

Zona Costera: Región: Área Muestreada: 5 km
 Especie de Sargazo: Estado: Fecha Muestra: DD/MM/YY
 Composición: Peso Muestra: 50 gr
 Cantidad Final: 2,000 kg

Zona Costera	Región	Área Muestreada	Especie de Sargazo	Estado	Fecha Muestra	Composición	Peso Muestra	Cantidad Final
Playa Bávaro	Este	12 Km	Sargassum Natans	Fresco	15/08/2017	xxxxxxxx	200 gr	5,000 kg
Playa Bayahibe	Sur	9 Km	Sargassum Flutans	En descomposición	16/07/2023	xxxxxxxx	50 gr	8,900 kg
Playa Sosúa	Norte	224 Km	Sargassum Vulgare	Seco	28/10/2012	xxxxxxxxxx	289 gr	10,584 kg
Playa Juanillo	Este	45 Km	Sargassum Vulgare	En descomposición	07/06/2023	xxxxxxxxxx	45 gr	20,613kg

[Subir Archivo](#) [Guardar](#)

Nota. Imagen que representa la pantalla de Información de las muestras de sargazo del sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo. Autoría propia (2023).

De igual forma si el usuario necesita consultar algo información puntual que no se encuentra dentro de los registros de la tabla, entonces puede acceder a la pantalla de “Archivo de Resultados de la Muestra de Sargazo” donde tendrá disponible todos los archivos de resultado disponibles para descargar. Para encontrar los archivos se puede utilizar la paginación de la tabla o filtrar por alguna palabra clave o fecha para optimizar la búsqueda.

Figura 39. Archivo de Resultados Muestra Sargazo – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.



Nota. Imagen que representa la pantalla de archivo de resultados de muestras de sargazo del sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo. Autoría propia (2023).

2.11.3.6 Calidad del Agua

La pantalla de “Información de La Calidad del Agua” es bastante similar a la de Muestras de sargazo. Esta pantalla le permite al usuario almacenar datos clave sobre los resultados del estudio de agua de las costas en tablas para fácil acceso y consulta.

Figura 40. Información de La Calidad del Agua – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.

Información de La Calidad del Agua
Ingresa información clave de los resultados de las muestras para evaluar la calidad del agua.

Zona Costera: Región: Fecha Muestra: DD/MM/YY

Nivel de Oxígeno: 50 mg/L Nivel Ácido Sulfhídrico: 1 ppm Nivel Ácido Arsénico: 1 ppb

Nivel de Nitrógeno: 10 ppm Nivel de Fósforo: 1.0 ppm

Zona Costera	Región	Fecha Muestra	Nivel de Oxígeno	Nivel Ácido Sulfhídrico	Nivel Ácido Arsénico	Nivel de Nitrógeno	Nivel de Fósforo
Playa Bávaro	Este	15/08/2017	230 mg/L	1 ppm	15 ppb	10ppm	1.0 ppm
Playa Bayahibe	Sur	16/07/2023	1000 mg/L	2 ppm	20 ppb	11 ppm	1.1 ppm
Playa Sosúa	Norte	28/10/2012	218 mg/L	3 ppm	25 ppb	12 ppm	1.2 ppm
Playa Juanillo	Este	07/06/2023	389 mg/L	4 ppm	30 ppb	13 ppm	1.3 ppm

Subir Archivo Guardar

Nota. Imagen que representa la pantalla de información de la calidad del agua del sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo. Autoría propia (2023).

De igual forma si se requiere consultar datos puntuales en los documentos de resultado originales el usuario puede acceder a la pantalla de “Archivo de resultados de La Calidad del Agua” y buscar el archivo del que precisa para proceder a la descarga del mismo.

Figura 41. Archivo de Resultados Calidad Agua – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.



Nota. Imagen que representa la pantalla de archivo de resultados sobre la calidad del agua del sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo. Autoría propia (2023).

2.11.3.7 Administrar Usuarios

Figura 42. Administrar Usuarios – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.

Administrar Usuarios
Crea, edita y consulta los usuarios de la aplicación.

Tipo de usuario: Nombre de usuario: Nombre: Apellido:

Email: Teléfono: Fecha de inicio: Fecha Final:

Activo: ☒

Tipo de Usuario	Nombre de Usuario	Nombre	Apellido	Email	Teléfono	Fecha de inicio	Fecha Final	Activo
Biólogo Marino	L.RICHARDS	Leslie	Richards	l.richards@example.com	(405) 555-0128	15/08/2017	12/06/2020	True
Analista de Datos	G.WARREN	Gladys	Warren	g.warren@example.com	(907) 555-0101	07/05/2016	18/09/2016	False
Admin	C.LANE	Cody	Lane	c.lane@example.com	(629) 555-0129	28/10/2012	16/08/2013	True
Biólogo Marino	S.HAWKINS	Shane	Hawkins	s.hawkins@example.com	(201) 555-0124	16/08/2013	28/10/2014	False

« Previous 4 Next »

Guardar

Nota. Imagen que representa la pantalla de administrar usuarios del sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo. Autoría propia (2023).

En la pantalla “Administrar Usuarios” los Administradores podrán crear y modificar los usuarios de la aplicación web. Para la creación de un nuevo usuario es necesario especificar datos como el tipo de usuario y el nombre de usuario y algunos datos de contacto como su correo electrónico y su número de teléfono. Existen 3 tipos de usuarios en esta aplicación que son:

- **Administrador.** Tienen acceso a todas las pantallas de la aplicación y gestionan los permisos de los demás usuarios. Son los responsables de modificar la documentación
- **Biólogo Marino.** Son los usuarios que se encargan del monitoreo del sargazo y alerta a las autoridades. No tienen acceso al Dashboard ni al Administrador de Usuarios. No pueden hacer ninguna modificación a las pantallas de archivos a menos que se les de autorización. No pueden modificar la documentación

- **Analista de Datos.** Son los usuarios que se encargan del análisis de datos en la pantalla del dashboard y creación de reportes. Pueden acceder a todas las pantallas menos al administrador de usuarios. Pueden modificar las pantallas de archivos. No pueden modificar la Documentación

Se pueden consultar todos los usuarios existentes por medio de la tabla en donde se almacenan los usuarios y utilizar los filtros de cada columna para facilitar la búsqueda.

Los permisos se administran en la pantalla de “Administrar Permisos del Usuario”. En esta pantalla se busca el usuario al que se le quiere modificar los permisos usando el botón de búsqueda del campo del nombre de usuario y una vez los datos del usuario cargan en los campos correspondientes, se pueden modificar los permisos haciendo click en los checkboxes deseados. Una vez modificados los permisos se debe hacer clic en “Guardar” para culminar los cambios.

Figura 43. *Administrar Permisos del Usuario – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.*

Administrar Permisos del Usuario
Otorga y suspende los permisos de los usuarios de la aplicación

Tipo de usuario: Biólogo Marino Nombre de usuario: L RICHARDS Nombre: Leslie Apellido: Richards
 Email: lrichards@example.com Teléfono: (239) 555-0108 Fecha de Inicio: 15/08/2017 Fecha Final: DD/MM/YY
 Activo: ☒

Dashboard	Sargazo Live	Muestras de Sargazo	Archivo Res. Sargazo	Calidad del Agua	Archivo Res. Agua	Documentación	Administrar Usuarios
Visualizar Pantalla ☒	Visualizar Pantalla ☐	Visualizar Pantalla ☒	Visualizar Pantalla ☒	Visualizar Pantalla ☒	Visualizar Pantalla ☒	Visualizar Pantalla ☒	Visualizar Admin. Usuarios ☒
Crear ☐	Crear ☒	Crear ☒	Descargar ☒	Crear ☒	Descargar ☐	Descargar ☒	Visualizar Admin. Permisos ☒
Editar ☒	Editar ☒	Editar ☐	Subir ☐	Editar ☒	Subir ☒	Subir ☒	Crear Usuarios ☒
Eliminar ☐	Eliminar ☒	Eliminar ☒	Editar ☒	Eliminar ☐	Editar ☒	Editar ☐	Editar Usuarios ☒
Generar Reportes ☒	Generar Reportes ☐		Eliminar ☐		Eliminar ☒	Eliminar ☐	Editar Permisos ☐
Exportar Reportes ☒	Exportar Reportes ☐						Eliminar usuarios ☒

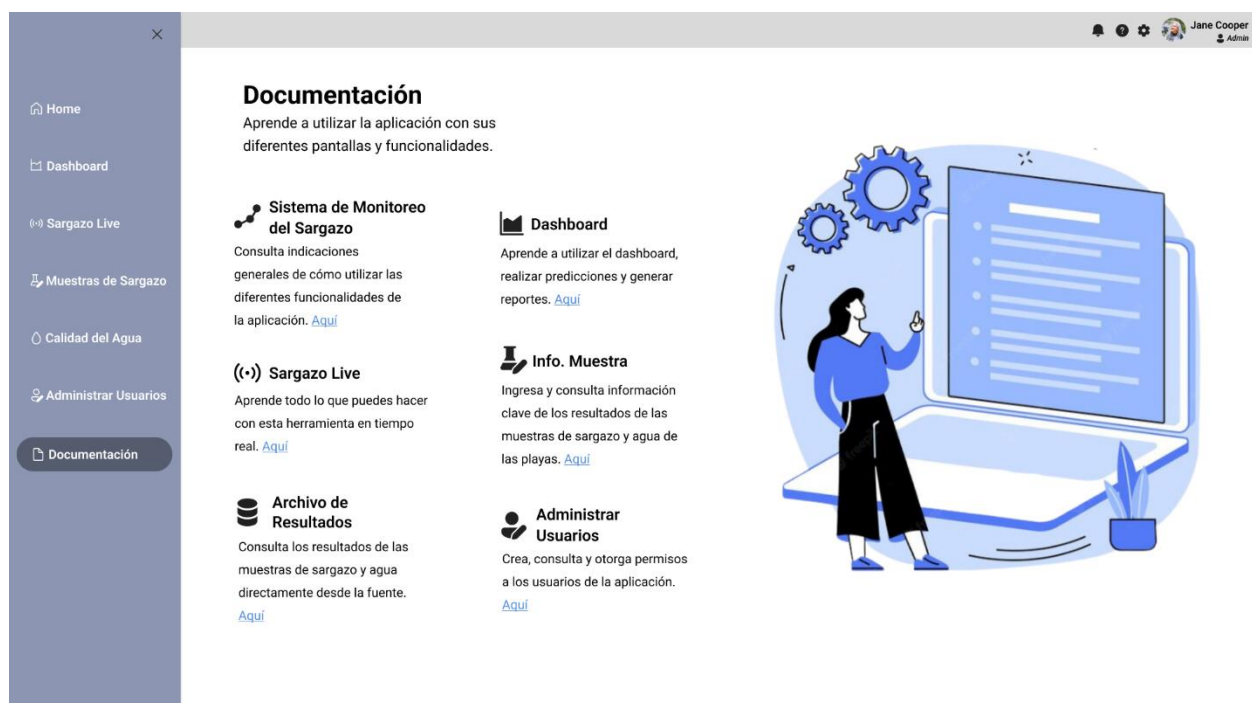
Guardar

Nota. Imagen que representa la pantalla de administrar permisos del usuario del sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo. Autoría propia (2023).

2.11.3.8 Documentación

La pantalla de “Documentación” es la última opción del menú principal. En ella se almacena la documentación acerca del funcionamiento de cada una de las pantallas de la aplicación de forma detallada en caso de que algún usuario no consiga entender cómo debe operar una pantalla en particular. Para acceder a la documentación el usuario solo debe dar click en el hyperlink “Aquí” de la documentación que necesita y de esta forma será redirigido al documento que necesita.

Figura 44. Documentación – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.



Nota. Imagen que representa la pantalla de documentación del sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo. Autoría propia (2023).

2.11.4 Reportes.

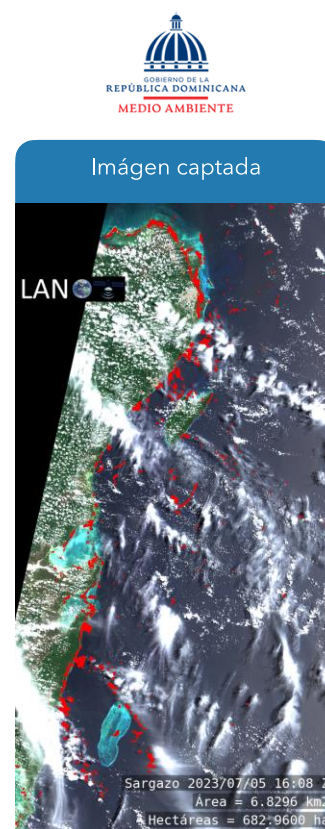
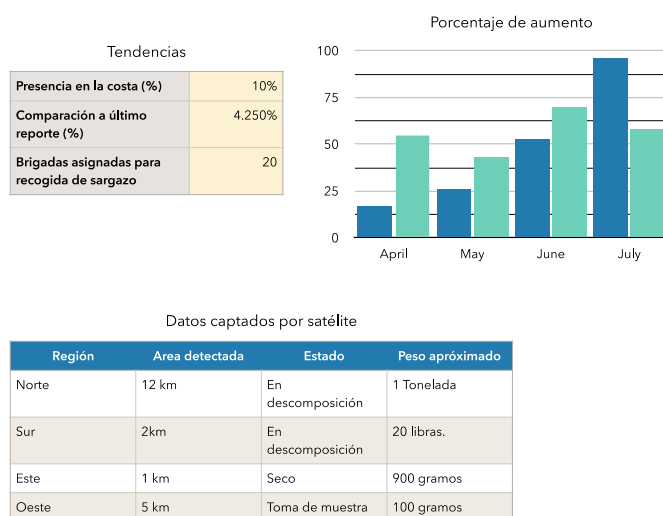
Reporte gráfico del Sistema de monitoreo y alerta temprana del sargazo, adjunto a una captura de la imagen live más reciente, esto le da al usuario una perspectiva de la presencia del sargazo acumulado cerca de las costas, gráficos que comparan información actual con la del periodo anterior resultando en diferencias palpables y

fáciles de comparar, lo que permitirá al usuario concluir cuales son las tendencias del sargazo.

Figura 45. Reporte – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.

Reporte de presencia de sargazo

La información suministrada de estos datos es proporcionada por el Sistema de monitoreo correspondiente al mes de Julio - Agosto del año 2023.



Nota. Imagen que representa el reporte exportado desde Sargazo Live a un archivo externo. Autoría propia (2023).

2.11 Diseño de Base de datos espacial.

2.11.1 Concepto de base de datos espacial

Una base de datos espacial es “aquella base de datos que define tipos especiales de datos para objetos geométricos, y que además permite almacenar datos geométricos (normalmente de naturaleza geográfica) en tablas de bases de datos

regulares. Provee además funciones e indexado especiales para consulta y manipulación de datos usando SQL.” (Hernández, 2013).

Una vez teniendo claro el concepto de una que consiste una base de datos espacial, para fines de este proyecto es necesario representar el modelo de datos lógico de la misma sin tener que crearla para ver el resultado final. Aquí es cuando entran los diagramas de entidad relación.

2.11.2 Diagrama Entidad - Relación

El diagrama entidad-relación (DER) “define todos los objetos de datos que se procesan dentro del sistema, la relación entre ellos y otro tipo de información que sea pertinente para las relaciones ... y representa todos los datos que se introducen, almacenan, transforman y generan dentro de una aplicación.” (Pressman, 2010).

Ahora que sabemos la función del DER, a continuación, se presenta el diagrama de entidad relación que representa la composición lógica de la base de datos para nuestro sistema de monitoreo del sargazo:

2.12 Cronograma de actividades

A continuación, se presenta el cronograma de actividades que se estarán ejecutando para el desarrollo del sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo para el Ministerio de Medio Ambiente.

Figura 47. Cronograma de actividades – Sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo.

Estado	# de Categoría	Nombre de la tarea / Título	Fecha de inicio planificada	Fecha de finalización planificada	Progreso (%)	Duración (horas)	Horas estimadas	Estado	Prioridad	Comentario de la tarea
	1	Actividades de gestión de proyectos	7/16/23	7/17/23	0	16	0			
	1.1	Carta del proyecto	7/16/23	7/16/23	100	8	7	Cerrado	Medio	Completado.
	1.2	Plan de gestión de proyectos	7/17/23	7/17/23	0	8	0	Abierto	Medio	En espera de aprobación.
	1.3	Actividades de monitoreo/control	7/16/23	7/16/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	1.4	Actividades de gestión de UP completadas	7/17/23	7/17/23	33	0	0	Abierto	Medio	
	2	Iniciación/Planificación	7/16/23	7/19/23	0	24	0			
	2.1	Estudio de factibilidad	7/16/23	7/16/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	2.2	Caso de negocios	7/17/23	7/17/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	2.3	Planificación de proyectos	7/18/23	7/18/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	2.4	Iniciación/Actividades de planificación completad.	7/19/23	7/19/23	0	0	0	Abierto	Medio	
	3	Análisis de requerimientos	7/19/23	7/21/23	0	16	0			
	3.1	Recopilación de requisitos	7/19/23	7/19/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	3.2	Planificación de seguridad	7/20/23	7/20/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	3.3	Análisis de requisitos completado	7/21/23	7/21/23	0	0	0	Abierto	Medio	
	4	Diseño	7/21/23	7/24/23	0	32	0			
	4.1	Diseño de alto nivel	7/21/23	7/21/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	4.2	Prueba de Componentes	7/22/23	7/22/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	4.3	Diseño detallado	7/23/23	7/23/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	4.4	Especificación técnica	7/24/23	7/24/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	4.5	Diseño completado	7/24/23	7/24/23	0	0	0	Abierto	Medio	
	5	Desarrollo	7/25/23	8/8/23	0	120	0			
	5.1	Documentación técnica	7/25/23	7/26/23	0	16	0	Abierto	Medio	
	5.2	Planificación de integración	7/30/23	7/30/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	5.3	Planificación de transición	7/31/23	7/31/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	5.4	Planificación de prueba	7/25/23	7/25/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	5.5	Planificación de implementación	8/1/23	8/1/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	5.6	Planificación de entrenamiento	8/4/23	8/6/23	0	24	0	Abierto	Medio	
	5.7	Desarrollo de Software	8/7/23	8/7/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	5.8	Pruebas Unitarias	8/8/23	8/8/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	5.9	Desarrollo completado	8/8/23	8/8/23	0	0	0	Abierto	Medio	
	6	Pruebas	8/9/23	8/19/23	0	80	0			
	6.1	Elaboración de documento de pruebas	8/9/23	8/9/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	6.2	Prueba de funcionamiento	8/10/23	8/10/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	6.3	Examen de integración	8/11/23	8/13/23	0	24	0	Abierto	Medio	
	6.4	Prueba de regresión	8/16/23	8/16/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	6.5	Prueba del sistema	8/17/23	8/17/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	6.6	Prueba de aceptación del usuario	8/18/23	8/18/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	6.7	Prueba completada	8/19/23	8/19/23	0	0	0	Abierto	Medio	
	7	Implementación	8/19/23	8/24/23	0	40	0			
	7.1	Despliegue	8/19/23	8/19/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	7.2	Formación	8/20/23	8/21/23	0	16	0	Abierto	Medio	
	7.3	Soporte	8/23/23	8/23/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	7.4	Desarrollo/Implementación completada	8/24/23	8/24/23	0	0	0	Abierto	Medio	
	8	Operaciones y mantenimiento	8/24/23	8/27/23	0	24	0			
	8.1	Actividades de operaciones	8/24/23	8/24/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	8.2	Actividades de mantenimiento	8/25/23	8/25/23	0	8	0	Abierto	Medio	
	8.3	Operaciones y mantenimiento completado	8/27/23	8/27/23	0	0	0	Abierto	Medio	
	9	Disposición	8/27/23	8/29/23	0	16	0			

Leyenda	
Color	Descripción
	Tarea pendiente.
	Tarea completada.
	Tarea retrasada.

Nota. Cronograma correspondiente al desarrollo del sistema de alerta temprana de sargazo. Autoría propia (2023).

2.13 Resumen del capítulo 2

Este capítulo detalla la propuesta para el desarrollo y recomendaciones para la implementación del Sistema de monitoreo del sargazo, partiendo desde la creación de un nuevo departamento con objetivos alineados a esta solución, esto con el fin de proporcionar protocolos y personal capacitado para operar el sistema. Cabe recalcar que para ello se requiere una nueva estructura jerárquica con múltiples divisiones dentro del departamento para cubrir las operaciones que ofrece esta solución. Una vez definidos los procesos propuestos, nos dirigimos a la parte técnica en el cual se detalla en la propuesta la estructura tecnológica necesaria para el desarrollo e implementación, comenzando con la computación en la nube para ofrecer un margen flexible y moderno que mitiga toda necesidad de recursos físicos tales como servidores y espacios de almacenamiento.

Procediendo con la definición y descripción del satélite recomendado para emparejarlo con el uso del sistema, De acuerdo con las características que ofrece el satélite Sentinel es gracias a su radar de apertura sintética, con la capacidad de recolectar información con alto nivel de detalle en sus tomas de imágenes. La estructura del sistema se rige bajo un estándar de seguridad para la conexión al mismo que debe ser aplicado a todos los equipos para acceder y utilizarlo. Otro punto a mencionar es la descripción de los componentes físicos encargados de la recolección de datos, específicamente los sensores que deben ser distribuidos en las aguas territoriales de la República Dominicana. Por último, en este capítulo también se detalla el cronograma de actividades a seguir para el desarrollo del sistema de monitoreo del sargazo.

CAPÍTULO 3: Evaluación de la propuesta del Sistema GIS para Alerta Temprana del Sargazo de Monitoreo y Acción para el Ministerio de Medio Ambiente.

3.1 Valoración del Sistema GIS para Alerta Temprana del Sargazo: Monitoreo y Acción para el Ministerio de Medio Ambiente.

El sistema SIG para alerta temprana del sargazo de monitoreo y acción para el Ministerio de Medio Ambiente aporta un impacto significativo en la gestión y protección de las costas y los ecosistemas marinos en la República Dominicana. Proporciona información en tiempo real sobre la presencia, ubicación y concentración de sargazo en las áreas costeras del país. Esto permite notificar al ministerio y a las autoridades para tomar acciones preventivas y mitigar los efectos negativos de este fenómeno.

Entrando a la temporada de sargazo es importante y esencial estar informado sobre la llegada del sargazo hacia las zonas de las costas del país para realizar preparaciones y estar listo para enfrentar este fenómeno marino. El sistema de alerta temprana de sargazo permite la toma de decisiones informadas por parte de las autoridades ambientales y los actores involucrados en la gestión costera en la República Dominicana. Las boyas e imágenes satelitales pueden con precisión informar sobre la ubicación exacta del sargazo, la densidad, el movimiento, los componentes químicos del agua, la velocidad del viento y corriente. Todo esto permite generar un modelo de estimación por donde y en cuanto tiempo va a llegar que cantidad de sargazo.

El sistema de reportería puede generar reportes y exportarlos fácil en la mayoría de los formatos para luego integrarlos a otros sistemas. Esto permite a los investigadores de gestión ambiental hacer un levantamiento de datos precisos y de cualquier rango de tiempo. La reportería ayuda no solo para investigar mejor el fenómeno sino calcular las futuras estimaciones con alta precisión.

“El año 2022 es un referente histórico para la lucha contra el sargazo, ya que una cifra récord de 24 millones de toneladas cubrió el océano Atlántico y una alta cantidad invadió las costas del Caribe. Solo para el mes de mayo hubo más de 10.8 millones de toneladas de sargazo en el mar” (Acento, 2023). Tomando en cuenta la situación actual y la referencia del año pasado podemos estimar la cantidad de sargazo que llegará a las costas del país. Sin un sistema de monitoreo de alta precisión y sin el sistema de notificación existe un riesgo muy alto de que el sargazo llegue sin ser detectado y la falta

de comunicación con las autoridades responsables de la mitigación de este fenómeno provocaría que las mismas no estén preparadas para el momento en que llegue el sargazo. El sistema SIG con fines de monitorear, analizar y reportar los movimientos del sargazo tendrá un impacto grande para el ministerio de medio ambiente y para los procesos relacionados con este fenómeno marino.

3.2 Ventajas y desventajas del Sistema GIS para Alerta Temprana del Sargazo: Monitoreo y Acción para el Ministerio de Medio Ambiente.

La implementación de un sistema de monitoreo representará un impacto social y económico significativo a favor del Ministerio de Medio Ambiente y de los sectores afectados por la problemática del sargazo como lo son el turístico y pesquero. Tomando en cuenta las cualidades del sistema propuesto en este trabajo se pueden identificar a través de un análisis FODA las siguientes fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas:

3.2.1 Fortalezas

- Facilidad de uso para los usuarios.
- Alto nivel de seguridad para ingreso al sistema.
- Accesibilidad para crear reportes gráficos.
- Facilidad para coordinar brigadas encargadas de la recolección del sargazo.

3.2.2 Debilidades

- Alto costo de inversión y mantenimiento de infraestructura.
- Reestructuración departamental del ministerio.

3.2.3 Oportunidades

- Tendencia para optimizar los procesos burocráticos para aumentar la eficiencia.

- Creación de nuevos protocolos de operaciones y capacitaciones.
- Desarrollo de nuevos sectores con la capacidad de aprovechar los beneficios que brinda el sargazo.
- Alto potencial de crecimiento en los sectores pesqueros y de turismo.
- Protección al medioambiente.

3.2.4 Amenazas

- La escasa coordinación entre otras entidades del gobierno con la tarea de asistir en las actividades.
- Daño de infraestructura ante los desastres naturales, tales como los huracanes a los sensores boyas.

3.3 Resumen del capítulo 3

El sistema de monitoreo y alerta temprana del sargazo propuesto en este trabajo en definitiva beneficiará al Ministerio de Medio Ambiente y a los sectores económicos más afectados por esta gran problemática. El sistema ofrece muchas funciones que facilitará la puesta en marcha de medidas preventivas contra el sargazo y actividades efectivas de monitoreo. Algunas de estas funciones son generación u exportación de reportes que sirven de apoyo para la identificación de patrones en los arribazones para poder determinar con mayor facilidad cuando se acercará el próximo, a través del sistema también se puede visualizar en tiempo real la presencia y ubicación actual del sargazo. Esto es posible por medio de sensores boya y satélites que recolectan información que permite saber la ubicación exacta del sargazo, la densidad, el movimiento, los componentes químicos del agua, la velocidad del viento y corriente.

El sistema de monitoreo que se propone en este trabajo es fácil de usar y también sumamente seguro por lo que nadie podrá acceder a información sensible sin autorización previa. A pesar de que cuenta con debilidades como la necesidad de realizar una reestructuración departamental antes de poder implementar y llevar a cabo un sistema de monitoreo junto a sus procesos de forma óptima, también cuenta con un sin número de oportunidades como lo son tendencias para mejorar los procesos burocráticos y a largo plazo si se logra prever la llegada del sargazo con tiempo también se verá beneficiados los sectores turísticos y pesqueros y a su vez los ecosistemas marinos que se encuentran cerca de las costas de nuestro país.

4. Conclusiones

El sistema GIS de monitoreo de sargazo, gestión y toma de acciones para el Ministerio de Medio Ambiente permitirá ubicar y monitorear el movimiento del sargazo en el mar, calcular la trayectoria y estimar su tiempo de llegada. Además de estas funciones tendría un sistema de generación de reportes y un sistema de notificación automática. Este sistema GIS podría tener un efecto positivo en la protección del medio ambiente, protección de las costas y las especies marinas afectadas. Podría estimar las sociedades impactadas por la llegada de sargazo y notificar a las autoridades de forma eficiente para mantenerlos al tanto de la situación con información actualizada.

Este sistema GIS representa una herramienta valiosa y eficiente para enfrentar el desafío del fenómeno del sargazo en la República Dominicana. Utilizando las imágenes satelitales y los datos de los sensores tipo boya en el mar el sistema puede recibir un rango de datos en tiempo real con los cuales se determina la posición, la cantidad, el análisis de los parámetros de agua, corrientes marinas, entre otros que permitirá calcular y proyectar las posibles trayectorias de movimiento de sargazo y las sociedades afectadas. La tecnología GIS garantiza una visualización clara y precisa de la distribución del sargazo, permitiendo una respuesta oportuna ante su llegada y facilitando la coordinación entre entidades y comunidades afectadas.

Para asegurar la precisión de los datos el sistema cuenta con un algoritmo de aprendizaje de máquina y puede aprender los patrones que llevan a la pronta llegada de sargazo a las costas del país. La función principal de este algoritmo es analizar y aprender de los datos disponibles. La función de reportería le permite al sistema generar reportes de datos capturados, visualizar los datos, exportar los reportes e integrarse a una variedad de sistemas para contribuir información tanto para el Ministerio de Medio Ambiente como para las autoridades responsable del manejo de acciones preventivas y de mitigar este fenómeno marino.

5. Recomendaciones

Dado el peso significativo que tienen los sistemas de información geoespaciales en la optimización de los procesos de gestión y monitoreo del sargazo en el Ministerio de Medio Ambiente, se ha llegado a la conclusión de proponer algunas sugerencias para mejorar los resultados al llevar a cabo los proceso. A continuación, se presentan las siguientes recomendaciones:

1. Durante el diseño y el desarrollo del sistema SIG es necesario implementar las mejores prácticas de la seguridad de información para garantizar la integridad de los datos.
2. Crear un programa de capacitación de usuarios del sistema SIG de monitoreo de sargazo en el tiempo real.
3. Formar un equipo dedicado a la investigación del fenómeno de sargazo que puede utilizar los datos capturados por el sistema para analizar e investigar mejor el comportamiento de las algas.
4. Realizar las pruebas y auditorias continuas con fin de determinar los defectos del sistema e implementar las mejoras continuas.
5. Crear un equipo de reacción rápida que puede ir físicamente al lugar de acumulación de las algas de sargazo, tomar las muestras y hacer una serie de pruebas con relación al análisis químico.
6. Se espera que el Ministerio de Medio Ambiente y las autoridades involucradas en el proceso de mitigación de los efectos negativos del sargazo puedan sacar provecho de la oportunidad de identificar la llegada de sargazo con tiempo suficiente para implementar las medidas preventivas y disminuir el impacto al medio ambiente y la población local de las áreas afectadas.

6. Anexos

6.1 Entrevista al señor Enrique Pugibet del Ministerio de Medio Ambiente.

A continuación, los resultados de la entrevista al señor Enrique Pugibet:

1. ¿Cómo se origina el sargazo?

El sargazo es un tipo de alga marina que se origina en el Mar de los Sargazos y ha proliferado en el Caribe y el Océano Atlántico. Su proliferación se debe a una combinación de factores, como el aumento de nutrientes en el agua debido a la contaminación, cambios en las corrientes oceánicas y el calentamiento global.

2. ¿Cómo llega el sargazo a las costas de nuestro país?

El sargazo puede llegar a las costas debido a las corrientes marinas y los vientos. En algunos casos, las grandes masas de sargazo se desplazan hacia las playas y se acumulan en la línea de costa.

3. ¿Qué planes o estrategias tiene el Ministerio de Medio Ambiente para combatir o controlar el impacto del sargazo?

Los planes y estrategias para combatir o controlar el impacto del sargazo pueden variar dependiendo de la región o zona costera. Algunas medidas comunes incluyen la recolección manual del sargazo en las playas, el uso de barreras flotantes para contener su llegada a la costa, máquinas sargazeras y la investigación de métodos para aprovechar o reciclar el sargazo.

Se sugiere una estrategia que incluya a los países más afectados de la región. Esta estrategia debería estar centrada en tres ejes fundamentales: pronóstico, recolección y reutilización. El pronóstico permitiría prever la llegada del sargazo y tomar medidas preventivas con anticipación. La recolección del sargazo sería realizada de manera eficiente y coordinada, utilizando técnicas y maquinarias adecuadas. Por último, se propone la reutilización del sargazo,

explorando su potencial como materia prima para la producción de diversos productos, como fertilizantes o bioplásticos. Estas medidas ayudarían a facilitar la adaptación de los países de la región y la gestión integral del sargazo.

4. ¿Cuáles considera serían las dificultades o retos enfrenta el Ministerios para combatir la llegada de sargazo a la República Dominicana?

Algunas dificultades o retos que el Ministerio de Medio Ambiente de la República Dominicana para enfrentar la llegada de sargazo podrían incluir la falta de recursos financieros y tecnológicos, la necesidad de coordinación entre múltiples agencias y la dificultad de predecir con precisión los patrones y cantidades de llegada del sargazo.

Uno de los principales retos que se han enfrentado es el impacto negativo del sargazo en el turismo, así como en el sistema eléctrico y la biodiversidad costera y marina. El sargazo aleja a los visitantes, daña el paisaje impacta a la vida marina y conlleva costos millonarios para su recolección y disposición. Para superar estos retos, es necesario continuar investigando y buscando alternativas para mitigar la presencia del sargazo en las costas. Asimismo, se deben implementar medidas de manejo integral que incluyan la recolección eficiente, disposición apropiada y la reutilización y valorización del sargazo.

5. ¿Existe alguna colaboración con otros organismos (públicos y/o privados) o internacionales para controlar la llegada de sargazo a la República Dominicana? Si es así, ¿Cuáles son?

Si, existe colaboración con otros organismos, tanto públicos como privados, a nivel nacional e internacional, para controlar la llegada del sargazo. Estas colaboraciones incluyen acuerdos de cooperación para el intercambio de información, recursos y tecnología, así como la participación en proyectos de investigación conjuntos.

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MMARN) de la República Dominicana ante la situación crítica de los arribazones del sargazo,

formulo y presento, la Mesa Multisectorial para la Gestión Integral del Sargazo, como un espacio de diálogo y colaboración, donde se reúnen distintos sectores y entidades públicas y privadas, para abordar el problema común del sargazo, y asegurar una respuesta efectiva a los eventos causados por los arribazones del sargazo.

En esta Mesa de Trabajo Multisectorial, conformada por 6 ejes temáticos se están abordando diferentes perspectivas, conocimientos y recursos, para encontrar soluciones integrales y sostenibles a los desafíos que se plantea este nuevo fenómeno.

La Mesa de Trabajo está compuesta por diversas instituciones públicas y privadas, entre ellas el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, ONAPI, ANAMAR, IIBI, CODOPESCA, CODESSD, Ministerio de Turismo, DO SOSTENIBLE, MIREX, MEPYD / VIMICI, Ministerio de La Presidencia, Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Salud Pública, Consejo de Desarrollo Económico y Social de Santo Domingo, Parque Cibernético de Santo Domingo, MICM y Ministerio de las Fuerzas Armadas.

Adicionalmente, en el MMARN, se apoyan estudiantes de todos los niveles e investigaciones, sobre el tema sargazo. Se han conocido alternativas de innovaciones y desarrollos de tecnologías o procesos de recolección y transformación del sargazo. Se han trazado pautas y lineamientos para la recolección y disposición apropiada del sargazo, teniendo en cuenta el uso de maquinarias y procedimientos adecuados para evitar daños colaterales a las costas y disminuir impactos a los ecosistemas, y se han elaborado protocolos de contingencia, y se está elaborando un plan para la gestión integral del sargazo a partir de las recomendaciones de la Mesa de Trabajo Multisectorial.

6. ¿Qué departamento o dirección del Ministerio de Medio Ambiente se encarga de monitorear e informar sobre el sargazo?

Hay colaboración directa desde el despacho del ministro a todos los viceministerios, y se coordinan las actividades en el viceministerio de Recursos Costeros y Marinos.

7. ¿Qué herramienta o instrumento utilizan para el monitoreo de la trayectoria del sargazo?

Para el monitoreo de la trayectoria del sargazo, se pueden utilizar diferentes herramientas e instrumentos, como boyas oceanográficas, satélites, radares o modelos de simulación computarizados. Es importante la información recibida por personal de instituciones como la armada y los guardaparques como mecanismos de alerta temprana.

8. ¿Con qué frecuencia se monitorea?

La frecuencia de monitoreo puede variar dependiendo de los recursos disponibles y la magnitud del problema del sargazo. En algunos casos, el monitoreo puede ser diario o semanal, mientras que en otros puede ser más esporádico. Generalmente los sistemas de satélites y de boyas son continuos.

9. ¿Cuáles son los procesos que siguen para monitorear el sargazo?

Los procesos de monitoreo del sargazo pueden incluir la recopilación de datos sobre la presencia y densidad del sargazo en las playas, el seguimiento de su desplazamiento a través de imágenes satelitales o el análisis de muestras de agua para determinar la concentración de nutrientes.

10. ¿Cómo y dónde Almacenan toda la información que recolectan del sargazo?

Cada una de las agencias que manejan los sistemas tienen mecanismos de almacenamiento de datos e imágenes, Muchos están disponible es las redes.

11. ¿Crean algún reporte con la información recolectada? Si es así, ¿qué tipo de datos se pueden ver en los reportes?

Si, principalmente imágenes y gráficos de los arribazones, así como gráficos de predicciones.

12. ¿Usan sistemas de información geográfica como herramienta de monitoreo del sargazo? ¿Si es así, de qué manera lo usan?

Si. Todos los sistemas de monitoreo son georreferenciados. Tanto las boyas como los satélites usan sistemas de GPS, además de cámaras y otros instrumentos de medición.

6.2 Anteproyecto del Sistema de Monitoreo y Acción para La Alerta Temprana del Sargazo en El Ministerio de Medio Ambiente.



VICERRECTORÍA ACADÉMICA

DEPARTAMENTO DE CURSO MONOGRÁFICO

**Anteproyecto del Trabajo Final de Grado (TFG), en la modalidad de Curso Monográfico
para optar por el título de Ingeniero de Software**

**“SISTEMA GIS PARA ALERTA TEMPRANA DEL SARGAZO: MONITOREO Y
ACCIÓN PARA EL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, AÑO 2023”**

Sustentantes:

Carlos Gómez	A00101061
Gianna Cedeño	A00104516
Maxim Pekush	A00104559

Asesores:

Ing. Santo Navarro
Ing. Mario Luciano

Coordinación Curso Monográfico: Dra. Ivelisse Sención Zorob Ávila

Distrito Nacional, República Dominicana

09 de junio, año 2023

1. Selección del título y definición del tema de investigación

Sistema GIS para Alerta Temprana del sargazo: Monitoreo y Acción para el Ministerio de Medio Ambiente, año 2023.

1.1 Selección del título:

Modelo o Instrumento de Cambio: Sistema GIS para alerta temprana.

Objeto de Estudio: Monitoreo y acción ante Sargazo.

Campo de Acción: Ministerio de Medio Ambiente.

2. Planteamiento del Problema:

En la actualidad, la República Dominicana se encuentra dentro de una de las naciones más vulnerables ante la amenaza del sargazo. Se afirma que cada año aumenta la llegada de sargazo a las costas dominicanas. Tan solo en el mes de junio del año 2022 se han reportado más de 24 millones de toneladas de esta “marea marrón”, en especial dentro de la zona este. Esto tiene un impacto directo en la industria turística del país, siendo abril de 2023 el mes más alto registrado de acumulación de sargazo con un 42,5%, según un informe de la Oficina Nacional de Estadísticas. La falta de un sistema de alerta temprana dificulta la posibilidad de que el Ministerio de Medio Ambiente responda de forma efectiva y rápida, ocasionando un riesgo para la salud de la población dominicana, para el ecosistema marino y para el turismo.

La República Dominicana carece de recursos necesarios para el monitoreo efectivo ante la llegada del sargazo a sus costas, existe un alto nivel de desinformación por parte de la población dominicana para tomar medidas que beneficien al medio ambiente, cargando aún más las operaciones del ministerio. Otro factor que influye es que las entidades responsables no cuentan con un protocolo de información que le permitan coordinar esfuerzos en conjunto para dar respuesta a la llegada del sargazo a las costas dominicanas, también en el contexto de la presencia de muchas comunidades en zonas costeras que son de difícil acceso lo que compromete el flujo de información y reportes de sargazo.

El Ministerio de Medio Ambiente ha establecido campañas de concientización a la población dominicana para un mejor cuidado del medio ambiente debido a que se ha identificado que una de las mayores causantes de esta producción masiva de sargazo se debe al calentamiento global. El gobierno dominicano en compromiso ha establecido acuerdos con otros países del caribe para aumentar la cooperación en la detección de sargazo en el Mar Caribe y Océano Atlántico. Otro dato que recalcar es las iniciativas del gobierno para la creación de brigadas que se encargan de la

recogida del sargazo en las costas del territorio nacional con el fin de mitigar el gran impacto que causa.

3. Objetivos Generales y Específicos

3.1 Objetivo general:

Diseñar un Sistema GIS para la alerta temprana del sargazo para el Ministerio de Medio Ambiente, año 2023.

3.2 Objetivos específicos:

Objetivo 1: Analizar los aspectos generales del monitoreo y acción ante el sargazo por el Ministerio de Medio Ambiente.

Objetivo 2: Diseñar un Sistema GIS para la alerta temprana del sargazo para Monitoreo y Acción del Ministerio de Medio Ambiente.

Objetivo 3: Valorar la efectividad del Sistema GIS para Alerta Temprana del Sargazo de Monitoreo y Acción para el Ministerio de Medio Ambiente.

4. Justificaciones teórica, metodológica y práctica de la investigación.

4.1 Justificación Teórica:

El sargazo es un tipo de macroalga que se encuentra en la superficie del mar y sobrevive debido a que cuenta con vesículas de gas que les permite mantenerse a flote durante su ciclo de vida. “Estas macroalgas pueden duplicar su volumen en menos de 20 días si las condiciones son favorables lo cual explicaría la rápida proliferación de las mareas doradas” (León,2019).

Durante la última década se ha observado un incremento en la aparición de sargazo en las costas de nuestra isla concentrándose en zonas como Bávaro, Punta Cana, Cap. Cana, entre otros. Debido a esto, se están viendo afectadas diferentes áreas de la economía como lo son la pesca y el turismo, siendo este último la fuente principal de ingresos del país. Los arribazones masivos no solo afecta al turismo de manera directa sino que también afecta de manera ecológica a los ecosistemas marinos puesto que, según Arratibel et al. (2022), Al llegar de forma descontrolada a las costas, los mantos de Sargazo interfieren en la luminosidad de los ecosistemas, impidiendo que se filtre la luz a los fondos, fundamental para la biología de los corales y para que otro tipo de algas realicen su proceso de fotosíntesis, afectando a la biodiversidad del sistema que sustentan.

Aún no se sabe de forma exacta de donde proviene tal cantidad de macroalgas, sin embargo, de acuerdo con las hipótesis más firmes con respecto al tema, “el cambio climático estaría detrás de la extensión y crecimiento descontrolado de sargazo” (Arratibel et al., 2022) dado que las corrientes oceánicas han cambiado con el paso del tiempo consecuencia del derretimiento de los polos y glaciares. Del mismo modo, factores como la sobre fertilización de nutrientes en el mar forman un papel importante en la problemática actual.

Esto demuestra que existe material documental y teórico para poder demostrar la investigación y sus distintos enfoques.

4.2 Justificación Metodológica:

La propuesta se fundamenta en la situación actual que está viviendo República Dominicana con respecto a la falta de planes de acción eficientes por parte del Ministerio de Medio Ambiente que controlen la aparición excesiva de sargazo en las costas del este. En la actualidad la llegada del sargazo no se puede predecir con precisión pues solo se cuenta con las imágenes de los satélites Sentinel-2A o Sentinel-2B y no hay forma de saber la trayectoria exacta del sargazo ni el tiempo estimado del mismo a las costas.

Por tal motivo, se realizará encuestas a personas conocedoras del problema para demostrar la necesidad del diseño de un Sistema GIS para la alerta temprana del sargazo para Monitoreo y Acción para el Ministerio de Medio Ambiente.

4.3 Justificación Práctica:

Se elaborará un sistema que recopile datos provenientes de satélites y sensores, colocados bajo el mar, que almacenen la información en bases de datos físicas y en la nube que soporten el factor de respuesta en tiempo real y permitan transmitir información entre los organismos del gobierno que competan al tema. Luego la información pasaría a un sistema GIS que gestione la información de forma que la misma se pueda visualizar en un formato amigable para el usuario a través de una aplicación web y se puedan generar reportes que contengan los datos necesarios para contribuir al proceso de toma de decisiones y que puedan accionar de forma más hábil ante la aparición del sargazo.

Se persigue con esta solución favorecer tanto al Ministerio de Medio Ambiente como a las instituciones allegadas encargadas de mantener las playas de nuestro país limpias y en buen estado con un sistema que les permita identificar un tiempo estimado más preciso en el que cada ola de sargazo se acerca a las costas y

poder tomar las decisiones con suficiente tiempo de antelación para convertir todos sus esfuerzos en acciones eficientes.

Del mismo modo este sistema beneficiará al sector turístico puesto a que gracias a la optimización de la gestión del mantenimiento de las playas, tanto públicas como privadas, obtendrán de vuelta su belleza y por consiguiente más turistas se acercaran a disfrutar de ellas y de los negocios que operan al rededor.

Por último, beneficiará a los ecosistemas marinos más cercanos a la superficie ya que el sargazo será retirado de las playas antes de que empiece a consumir oxígeno del agua y emitir gases tóxicos que afectan tanto a la fauna marina como a los seres humanos, también dejara de bloquear la luz del sol permitiendo así que la flora marina pueda cumplir con el proceso de fotosíntesis de manera adecuada, especialmente los arrecifes de coral que precisan del sol como parte de su proceso biológico.

5. Marco referencial

5.1 Marco Teórico:

El sargazo es un ecosistema en sí mismo que ha demostrado ser de vital importancia para la fauna marina ya que funciona como albergue temporal para diversas especies marinas como lo son crustáceos, peces, tortugas marinas y ciertos invertebrados. No obstante, el crecimiento anómalo de este ecosistema pelágico está provocando crisis tanto para la vida marina que se encuentra próxima a las costas, La cual ya ha estado sufriendo por consecuencia de la influencia humana, como para ciertas actividades de impacto económico para países del caribe como lo son la pesca y el turismo.

De acuerdo con Uribe-Martínez (2020) “El sargazo pertenece al grupo de algas cafés o pardas (Phaeophyta) que habitan en los mares de todo el mundo.” (p.744) Como se ha mencionado anteriormente, estas algas son de tipo “pelágica”, en otras palabras, pasan toda su vida flotando libremente en el océano. Se compone de dos especies: *Sargassum natans* y *Sargassum fluitans*, “siendo el primero el más abundante en las aguas del Atlántico” (Uribe-Martínez et al., 2020, p. 744). Físicamente están compuestos por un tallo ramificado de follaje abundante color marrón de no más de 20 a 80 cm de diámetro y cuentan con una gran cantidad de nematocistos de menos de 1 cm de diámetro. Estos son los que almacenan el gas compuesto de oxígeno y nitrógeno que les permite mantenerse a flote.

El sargazo se está convirtiendo en un grave problema para muchas regiones costeras del caribe y Republica Dominicana en definitiva no ha sido la excepción. Según el ministro dominicano de Medio Ambiente, Miguel Ceara Hatton en los últimos años grandes masas de algas marinas han arribado a las costas del mar Caribe, lo que ha impedido que bañistas, pescadores y embarcaciones puedan hacer libre uso del litoral. El ministro también indica que la expansión del sargazo la han generado, directa e indirectamente, la fertilización acuática, el cambio climático, el uso de suelo inadecuado y la acidificación de los océanos.

Debido a que el sargazo está ocupando más del 88% del perímetro lineal del Mar Caribe, el presidente de la Republica Dominicana, Luis Abinader, ha tomado la decisión de hacer un llamado a los demás países afectados por el sargazo para que en conjunto se pueda encontrar una solución a esta problemática. También, Según Castillo (2023), El presidente señala que:

Aunque no se ha visto una solución realmente factible que se pueda aplicar para resolver la invasión del sargazo, se pueden tomar acciones para disminuir los efectos negativos que incluye la presencia del sargazo en la región, la parte Sur de Estados Unidos y México.

Por otra parte, José Reyes López, viceministro del Ministerio de Medio Ambiente, “Invita a comunidades como la académica, innovadores, Ministerio de Turismo, grupos hoteleros, empresarios e inversionistas a que aporte sus conocimientos y soluciones que consideren útiles y sostenibles a largo plazo para promover alternativas de manejo de estas algas” (Ch, 2023). Para estas investigaciones, el gobierno ha donado un millón de dólares para sustentar las investigaciones en lo que sea necesario.

Finalmente, en esta línea es necesario nombrar Las memorias institucionales del gobierno de la Republica Dominicana en conjunto con la Autoridad Nacional de Asuntos Marítimos (2022) en el que se habla de una serie de investigaciones que iban a ser realizadas por un equipo de investigadores liderados por el profesor Jeffrey Davis de la ECE de la mano de científicos dominicanos y de la Georgia Tech. Estas Son:

- Descomposición del sargazo asistida por BSFL (Black Soldier Fly Larvae) para la producción de biogás: aplicaciones de la energía del metano: gas para cocinar, calefacción en hornos, etc.
- Bio absorción del sargazo para tratamiento de las aguas residuales: aguas domésticas, industria de las telas (ropa), industriales y mineras.
- Producción de ladrillos ecológicos de adobe: ecoturismo, paisajismo, materiales de construcción resistentes a los huracanes, etc.

- Ladrillos para restauración de corales: ecoturismo, restauración medioambiental, eco-activismo turístico. (P.156)

En vista de la creciente situación que se ha venido presentando en el caribe, se ha tomado la iniciativa de implementar soluciones tecnológicas que contribuyen a una mejor gestión para el monitoreo y acción ante el sargazo. Una de estas tecnologías son los sistemas de información geográfica (GIS) la cual según Santos (2020) se define como “herramientas informáticas, capaces de gestionar y analizar la información georreferenciada, con vistas a la resolución de problemas de base territorial y medioambiental.” La información georreferenciada puede proceder de diversas fuentes como lo son sensores y satélites. En esta investigación se va a tratar el tema de la necesidad que tienen instituciones como el Ministerio de Medio Ambiente de un sistema de alerta temprana que ayude al monitoreo del sargazo en la Republica Dominicana que permita identificar con tiempo la trayectoria del sargazo y tiempo estimado en el que llega a las costas con el propósito de contribuir a la toma de decisiones efectiva por parte de los órganos responsables de controlar esta problemática.

5.2 Marco Conceptual:

Software: Una colección de programas, datos, y la documentación asociada que describe y rige el funcionamiento de un sistema de computadora. (Pressman & Maxim 2021).

Ingeniería de Software

La ingeniería de software Se define como la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable hacia el desarrollo, operación y mantenimiento de software. (Pressman & Maxim, 2021).

Sistema

Un sistema es un conjunto de elementos interrelacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo común. Estos elementos pueden ser personas, procesos, tecnología, datos u otros componentes que trabajan juntos de manera

coordinada y estructurada para cumplir con un propósito específico. (O'Brien, 2018).

Internet de las cosas (IoT)

Es la convergencia de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) que permite la conexión, interacción y comunicación entre objetos físicos cotidianos a través de redes digitales, generando un flujo constante de datos que posibilita la monitorización, control y gestión de los objetos y su entorno. (Johnson, 2020).

Aplicación Web

Es un software que se ejecuta en un servidor web y se puede acceder a través de un navegador web. Ofrece servicios y funcionalidades a los usuarios mediante una interfaz web, permitiendo la interacción y el intercambio de información en línea. (Gauch, 2019).

Arquitectura de Software

La arquitectura de software comprende los fundamentos, enfoques y modelos que dirigen el desarrollo de un sistema de software. Representa una estructura de nivel superior que establece la organización del código fuente en módulos cohesivos y establece las interacciones y comunicaciones entre ellos. (Martin, 2017).

Satélite

Un satélite se define como un objeto artificial o natural que órbita alrededor de un cuerpo celeste más grande, como un planeta o una estrella. Los satélites de tipo artificial son construidos para funcionar en el espacio exterior y pueden estar equipados con sensores, instrumentos científicos, antenas de comunicación y otros equipos. (Ippolito, 2017).

Sistema GIS

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) se define como un conjunto estructurado de hardware, software, datos geográficos y técnicas diseñadas para adquirir, almacenar, procesar, analizar y presentar información geográfica basada en datos georreferenciados. Su propósito principal es abordar desafíos complejos relacionados con la planificación y gestión del territorio, permitiendo la resolución eficiente de problemas mediante la utilización de información espacialmente referenciada. (Longley, 2015).

Alerta

Alerta se refiere al estado de vigilancia y preparación mental y física ante la posible ocurrencia de un evento o situación que represente un riesgo o peligro inminente. La alerta implica una atención aguda y una respuesta rápida frente a estímulos o señales que puedan indicar la presencia de una amenaza, permitiendo así tomar las medidas necesarias para protegerse o reaccionar adecuadamente en caso de emergencia. (Shultz, 2015).

Emergencia

Una emergencia es una situación inesperada y crítica que amenaza la vida, la propiedad o el medio ambiente, y requiere una respuesta inmediata y coordinada para prevenir o minimizar el daño. Las emergencias pueden ser provocadas por desastres naturales, accidentes, actos de violencia o cualquier otro evento repentino que cause una interrupción significativa en la normalidad y requiera la movilización de recursos y la toma de decisiones rápidas. (Cagliostro, 2018).

Redes inalámbricas

Las redes inalámbricas son sistemas de comunicación que permiten la transferencia de datos entre dispositivos sin la necesidad de cables físicos. Estas redes utilizan tecnologías de transmisión inalámbrica, como el Wi-Fi y el Bluetooth,

para establecer conexiones y permitir la comunicación y el intercambio de información de manera inalámbrica. (Kurose & Ross, 2020).

Sensores

"Los sensores son dispositivos diseñados para detectar, medir y convertir magnitudes físicas o químicas en señales eléctricas o digitales. Estas magnitudes pueden ser variables físicas como temperatura, presión, luz, sonido, movimiento, entre otras, o variables químicas como pH, concentración de gases, humedad, entre otras. Los sensores son utilizados en una amplia gama de aplicaciones, desde la industria automotriz y la medicina hasta la domótica y la robótica, proporcionando información fundamental para el control, monitoreo y toma de decisiones en diferentes sistemas y procesos." (Floyd, 2016).

5.3 Marco Espacial:

El marco espacial para la implementación del sistema GIS para alerta temprana del sargazo: monitoreo y acción para el Ministerio de Medio Ambiente es la República Dominicana.

5.4 Marco Temporal:

El proceso de investigación para la propuesta de un sistema GIS para alerta temprana del sargazo que ayude al monitoreo y acción para el Ministerio de Medio Ambiente desarrolla durante el año 2023.

6. Aspectos Metodológicos

Se ha optado por utilizar el enfoque de investigación descriptiva como el más apropiado para realizar este análisis. Ya que el enfoque brinda diversas técnicas y métodos de investigación que permitirán identificar y comprender las características relacionadas con la problemática detectada, así como determinar los mejores enfoques para diseñar una solución adecuada y efectiva para abordar dicho problema.

6.1 Tipo de investigación:

Esta investigación será descriptiva debido a que se define como “proceso donde se especifican las propiedades de un objeto de estudio que luego definen y miden variables para luego cuantificar las dimensiones del fenómeno o contexto que se estudia.” (Álvarez Risco, 2020)

Descriptivo: Durante la investigación se aplicará este método, dado que nos enfoca en el control de las informaciones necesarias para el protocolo de comunicación, donde es necesario enfocar pilares fundamentales tales como la observación de los usuarios para una correcta implementación y diseño del sistema.

Explicativo: Para este proyecto es necesario aplicar el método de investigación explicativa, esto con el fin de definir y analizar las causas del sargazo. Esto con el fin de ampliar la investigación con alto nivel de detalle y comprensión del fenómeno.

6.2 Método de investigación:

Esta investigación empleará el método de observación ya que en ella se observará el sargazo y su impacto en lo social, económico y salud. También se utilizan los métodos Inductivo/deductivo pues la investigación del objeto de estudio partirá desde los generales hasta lo particular y viceversa. Por último, será una investigación analítica y sintética debido a que se hará uso de entrevistas y encuestas y los resultados se expresarán de manera porcentual.

6.3 Fuentes y técnicas de investigación:

En esta investigación se utilizará como fuente principal de la información libros digitales y/o físicos disponibles en la plataforma de biblioteca de la Universidad APEC, tesis, revistas científicas y casos de estudio de múltiples instituciones de índole nacional e internacional de gran renombre con autores reconocidos. También haremos uso de encuestas para demostrar metodológicamente los objetivos de la investigación.

7. Tabla de Contenido Preliminar

1. Agradecimientos

2. Dedicatorias

3. Resumen

4. Introducción

CAPÍTULO 1: ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS GENERALES DEL MONITOREO Y ACCIÓN ANTE EL SARGAZO POR EL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE.

1.1. ► Conceptualización del sargazo.

1.2. ► Origen y evolución del sargazo.

1.3. ► Características y Tendencias del sargazo en la Republica Dominicana.

1.4. ► Diagnostico de la situación actual del sargazo por el Ministerio de Medio Ambiente.

1.4.1. ► Debilidades y amenazas identificadas en el sistema de gestión actual.

1.4.2. ► Insuficiencias y oportunidades de mejora.

CAPÍTULO 2: DISEÑO DE UN SISTEMA GIS PARA LA ALERTA TEMPRANA DEL SARGAZO PARA MONITOREO Y ACCIÓN DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE.

2.1. ► Requerimientos y requisitos del Sistema GIS para la alerta temprana del sargazo para monitoreo y acción por el Ministerio de Medio Ambiente.

2.1.1. ► Requerimientos Funcionales.

2.1.2. ► Requerimientos No Funcionales.

2.1.3 ► Casos de Uso y diagrama de secuencia.

2.2. ► Arquitectura en la nube.

2.3. ► Arquitectura de Sistema Información Geográfica.

2.4. ► Diseño de Sistema de Información Geográfica.

2.4.1 ► Experiencia de Usuario

2.4.2 ► Mockups

2.1. ► Reportes.

2.5. ► Diseño de Base de datos espacial.

CAPÍTULO 3: VALORACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL SISTEMA GIS PARA ALERTA TEMPRANA DEL SARGAZO DE MONITOREO Y ACCIÓN PARA EL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE.

3.1. ► Valoración del efecto del Sistema GIS para Alerta Temprana del Sargazo de Monitoreo y Acción para el Ministerio de Medio Ambiente

3.2. ► Análisis FODA del Sistema GIS para Alerta Temprana del Sargazo de Monitoreo y Acción para el Ministerio de Medio Ambiente.

5. Conclusiones

6. Recomendaciones

7. Referencias Bibliográficas

8. Anexos

8. Referencias Bibliográficas

- Bashir, A. K., & Usama, M. (2021). *Software Engineering for Internet of Things: A Paradigm*. CRC Press.
- Cagliostro, J. A. (2018). *Gestión de Emergencias: Teoría y Práctica*. Ediciones Tecnicas de Prevención.
- El-Saddik, A. (Ed.). (2021). *Internet of Things: Architectures, Protocols and Standards*. Wiley.
- Floyd, T. L. (2016). *Fundamentos de Ingeniería Electrónica* (9ª ed.). Pearson Educación.
- Gauch, S. (2019). *"Web Application Architecture: Principles, Protocols, and Practices"*. CRC Press.
- Ippolito, L. J. (2017). *Satellite Communications Systems Engineering: Atmospheric Effects, Satellite Link Design and System Performance*. John Wiley & Sons.
- Johnson, M. (2020). *Internet de las cosas: Una visión integral*. Barcelona: Ediciones Tecnos.
- Kerzner, H. (2017). *Gestión de Proyectos: Planificación, Programación, Control*. Ediciones Díaz de Santos.
- Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2020). *Redes de Computadoras: Un enfoque descendente* (8ª ed.). Pearson.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic Information Science and Systems*. John Wiley & Sons.
- Luckstead, J., & Devkota, N. (2020). Sargassum blooms and tourism in the Caribbean: Strategies for adaptive management. *Journal of Travel Research*, 59(1), 85-98.
- Martin, R. C. (2017). *Arquitectura Limpia: Guía de un Artesano para la Estructura y el Diseño de Software*. Prentice Hall.
- O'Brien, J. A. (2018). *Introducción a los Sistemas de Información*. McGraw-Hill.
- Padilla-Arballo, J. J., Martínez-Díaz, S., Castro-Liera, M. A., & Luna-Taylor, J. E. (2022). Detección de cambio en superficie costera mediante la segmentación de imágenes aéreas utilizando redes neuronales convolucionales. *Pädi Boletín*

- Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI, 10(Especial4), 136-144.
<https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial4.9290>
- Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2021). Ingeniería del software: Un enfoque práctico (9na edición). McGraw-Hill Education.
- Shultz, J. M., Forbes, D., & Bijur, P. E. (2015). Psicología de la Emergencia. Editorial Médica Panamericana.
- Van Vliet, H. (2020). Software Engineering: Principles and Practice. Wiley
- León, C. (2019). El sargazo a escena. Salud Publica De Mexico, 61(5, sep-oct), 701.
<https://doi.org/10.21149/10870>
- Arratibel, A. J., Arratibel, A. J., & Arratibel, A. J. (2022, August 17). El sargazo, la marea parda que amenaza las costas del Caribe: ¿ha llegado para quedarse? *El País América*. <https://elpais.com/america-futura/2022-08-17/el-sargazo-la-marea-parda-que-amenaza-las-costas-del-caribe-ha-llegado-para-quedarse.html>
- Arratibel, A. J. (2022, agosto 17). El sargazo, la marea parda que amenaza las costas del Caribe: ¿ha llegado para quedarse? Ediciones EL PAÍS S.L.
<https://elpais.com/america-futura/2022-08-17/el-sargazo-la-marea-parda-que-amenaza-las-costas-del-caribe-ha-llegado-para-quedarse.html>
- Autoridad Nacional de Asuntos Maritimos (ANAMAR). (2022). Memorias Institucionales 2022 Gobierno República Dominicana y ANAMAR. anamar.gob.do.
<https://anamar.gob.do/transparencia/index.php/plan-estrategico/memorias-institucionales>
- Castillo, L. (2023, abril 26). Abinader propone unir esfuerzos para combatir el sargazo en las costas del Caribe. listindiario.com. <https://listindiario.com/la->

republica/gobierno/20230425/abinader-propone-unir-esfuerzos-combatir-sargazo-costas-caribe_749924.html

Ch, S. (2023, febrero 24). República Dominicana busca medidas ante llegada masiva de sargazo a la costa. swissinfo.ch. https://www.swissinfo.ch/spa/r-dominicana-medioambiente_rep%C3%BAblica-dominicana-busca-medidas-ante-llegada-masiva-de-sargazo-a-la-costa/48314560

Ella, E. M. C. (2023, enero 10). El sargazo: Emergencia climática en El Caribe. El Mundo con Ella. <https://www.elmundoconella.com/curiosidades/el-sargazo-emergencia-climatica-en-el-caribe/>

Graciela-Cuevas. (2022, julio 24). Viceministro de Medio Ambiente: “La situación del sargazo es crítica”. Diario Libre. <https://www.diariolibre.com/planeta/medioambiente/2022/07/24/la-situacion-del-sargazo-en-la-region-del-caribe/1964112>

Ram-írez, J. M. (2023, abril 26). Sargazo invade costas y playas Santo Domingo y San Pedro. Hoy Digital. <https://hoy.com.do/costas-y-playas-de-sd-y-spm-invadidas-por-el-sargazo/>

Santos, J. M. (2020). SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. Editorial UNED. <https://books.google.at/books?id=xjbeDwAAQBAJ>

Uribe-Martínez, A., Guzmán-Ramírez, A., Arreguín-Sánchez, F., & Cuevas, E. (2020). El sargazo en el Caribe mexicano, revisión de una historia impensable. Gobernanza y Manejo de las Costas y Mares ante la Incertidumbre.

Bibliografía

- Acento. (2023, 19 junio). El 2022 ha sido el peor año de las invasiones de sargazos: ¿Cómo se ve el 2023? Acento. <https://acento.com.do/ecologia/el-2022-ha-sido-el-peor-ano-de-las-invasiones-de-sargazos-como-se-ve-el-2023-9157662.html>
- Agardh, C. (2021). *Sargassum vulgare*. Algaebase.
https://www.algaebase.org/search/images/detail/?img_id=34652
- Acevedo, D. (2023, junio 10). *Hombre intenta recoger sargazo en playa Del Pescador en Guayacanes*. Diario Libre. <https://www.diariolibre.com/planeta/medioambiente/2023/06/10/sargazo-afecta-el-comercio-en-playa-de-guayacanes/2341444>
- Arratibel, A. J. (2022, septiembre 23). El potencial del sargazo: cuando el gran problema del Caribe se convierte en materia prima. *El País América*. <https://elpais.com/america-futura/2022-09-23/el-potencial-del-sargazo-cuando-el-gran-problema-del-caribe-se-convierte-en-materia-prima.html>
- Nava-Jiménez, I. A., Tejeda-Vega, S., Cortina-Ramírez, G. E., Zarazúa-Ortega, G., Berriozabal-Islas, C., & Sánchez-Hernández, H. (2022). Macro and microelement analysis of *Sargassum fluitans* and *Sargassum natans* arriving in the coastal zone of Cancun, Quintana Roo, Mexico. *Revista De Biología Marina Y Oceanografía*, 57(1). <https://doi.org/10.22370/rbmo.2022.57.1.3358>
- Andreina, C., Patricia H, Jiménez, A. C., & Heredia, P. (s/f). *Sargazo en playas del Este daña el turismo y el hábitat marino*. Diario Libre. Recuperado el 13 de junio de 2023, de <https://www.diariolibre.com/actualidad/medioambiente/sargazo-en-playas-del-este-dana-el-turismo-y-el-habitat-marino-BL28548900>

- Autoridad Nacional de Asuntos marítimos (ANAMAR). (2022). *Memorias Institucionales 2022 Gobierno República Dominicana y ANAMAR*. anamar.gob.do. <https://anamar.gob.do/transparencia/index.php/plan-estrategico/memorias-institucionales>
- Hernández, H. E. L., Arellano-Verdejo, J., & Romero, M. S. (2023). Acciones colaborativas para el monitoreo del sargazo. *Ecofronteras*, 8-12.
- CATI-CARD. (2018). *TECNOLOGÍAS SOBRE LA RECOLECCIÓN DEL SARGAZO*. http://www.registronacional.go.cr/propiedad_industrial/Documentos/IVT%20TECNOLOGIAS%20SOBRE%20RECOLECCION%20DEL%20SARGAZO,%20RED%20CATI%20CARD%20REPUBLICA%20DOMINICANA.PDF
- Cuevas, A. R., Rivera, E., & Gil, J. A. (s/f). *Estudio de caso: transformación de sargazo y desechos orgánicos en energía limpia*.
- del Cid, M. (2022, mayo 25). *República Dominicana adquiere sistema de monitoreo satelital de sargazo*. Diario Libre. <https://www.diariolibre.com/planeta/medioambiente/2022/05/25/rd-monitoreara-sargazo-por-satelite/1851206>
- De Jesús, M. (2023). Bávaro-Punta Cana, zona de RD con mayor reporte de sargazos en 2023. *Periódico elDinero*. <https://eldinero.com.do/231600/bavaro-punta-cana-zona-de-rd-con-mayor-reporte-de-sargazos-en-2023/#:~:text=Seg%C3%BAn%20datos%20de%20la%20ONE,%25%2C%20seg%C3%BAn%20el%20reporte%20oficial>.
- Dirección de Comunicaciones. (2023, junio 12). *Gobierno realiza operativo de limpieza para retirar sargazo en la playa de Boca Chica*. Ministerio de Turismo de

República Dominicana. <https://www.mitur.gob.do/noticias/gobierno-realiza-operativo-de-limpieza-para-retirar-sargazo-en-la-playa-de-boca-chica/>

- Eyra, M. C., & Sar, E. A. (2003). Arribazones estivales en Puerto Madryn, Argentina, como materiales para la obtención de compost. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 38(1–2), 1–2.
- HOY DIGITAL. (2023, abril 25). Expertos tratan en Santo Domingo el problema del sargazo y buscan soluciones. *Hoy Digital*. <https://hoy.com.do/expertos-tratan-en-santo-domingo-el-problema-del-sargazo-y-buscan-soluciones/>
- Munar, F. X. R., Del Toro Piñero, P., Batista, O. O., García-Lozano, C., González, J. J. U., Ferrer, B. G., & Rodríguez-Perea, A. (2022a). *Métodos de recolección del sargazo*.
- Munar, F. X. R., Del Toro Piñero, P., Batista, O. O., García-Lozano, C., González, J. J. U., Ferrer, B. G., & Rodríguez-Perea, A. (2022b). Primera cita de presencia de bloques asociados a eventos extremos en la costa S de la isla Española (República Dominicana). *Nemus. Revista de l'Ateneu de Natura*, 24–30.
- Oyle, E., & Franks, J. (2015). *Sargassum Fact Sheet*. *Gulf and Caribbean Fisheries Institute*.
- Quezada, D. (2023, mayo 10). *Nueve academias comienzan a consolidar planes para sargazo*. *Elcaribe.com.do*. <https://m.elcaribe.com.do/panorama/pais/nueve-academias-comienzan-a-consolidar-planes-para-sargazo/>
- Rodríguez-Martínez, R. E., Van Tussenbroek, B., & Jordán-Dahlgren, E. (2014). Afluencia masiva de sargazo pelágico a la costa del Caribe Mexicano (2014-2015). En E. García- Mendoza, S. I. Quijano-Scheggia, A. Olivos-Ortiz, & E. J. Núñez-Vázquez (Eds.), *Florecimientos algales nocivos en* (pp. 352–365).

- Sargassum fluitans, (2021). Algaebase.
 - <https://www.algaebase.org/search/images/?name=Sargassum+fluitans&name=#>
- Serebryakova, A., Aires, T., Viard, F., Serrão, E. A., & Engelen, A. H. (2018). Summer shifts of bacterial communities associated with the invasive brown seaweed *Sargassum muticum* are location and tissue dependent. *PloS One*, 13(12), e0206734. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206734>
- Suero, J. (2023, febrero 24). RD busca medidas ante llegada masiva de sargazo a la costa. *Hoy Digital*. <https://hoy.com.do/rd-busca-medidas-ante-llegada-masiva-de-sargazo-a-la-costa/>
- Toche, N. (2015, agosto 3). Sargazo, útil para la industria alimentaria. *El Economista*. <https://www.eleconomista.com.mx/arteseideas/Sargazo-util-para-la-industria-alimentaria-20150802-0103.html>
- Lazcano Hernández, H. E., Arellano-Verdejo, J., & Romero, M. S. (s/f). Vista de Acciones colaborativas para el monitoreo del sargazo. *Ecosur.mx*. Recuperado el 12 de junio de 2023, de <https://revistas.ecosur.mx/ecofronteras/index.php/eco/article/view/2078/2196>
- Wang, M., Hu, C., Barnes, B. B., Mitchum, G., Lapointe, B., & Montoya, J. P. (2019). The great Atlantic Sargassum belt. *Science (New York, N.Y.)*, 365(6448), 83–87. <https://doi.org/10.1126/science.aaw7912>
- Grupo Dakatso de México S. A. de C. V. (2020, junio 5). *Proyecto GIS*. Grupo Dakatso. <https://www.dakatso.com.mx/proyecto-gis/>

- *Our boats - The Ocean Cleaner - France*. (2022, enero 5). The Ocean Cleaner - France - SARGASSES, SALVINIA ET DÉCHETS FLOTTANTS, LA SOLUTION! The Ocean Cleaner - France. <https://theoceancleaner.fr/our-boats/>
- *Viceministerio de Costeros y Marinos*. (2021, febrero 23). Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://ambiente.gob.do/viceministerio-de-costeros-y-marinos/>
- ANAMAR. (s/f). *Pronóstico trayectoria del Sargazo del 5 al 10 de junio*. Recuperado el 19 de junio de 2023, de <https://anamar.gob.do/transparencia/index.php/publicaciones-t/category/882-2023>
- Unicorn Scarbat Beach-cleaners. (s/f). *Unicorn scarbat 1.5 maquina Limpia playas*. Recuperado el 19 de junio de 2023, de <https://www.unicorn-beachcleaners.com/scarbat-15-pid-57>
- Análisis FODA o DAFO: el mejor y más completo estudio con 9 ejemplos prácticos. Madrid, Bubok Publishing S.L. Recuperado de <https://elibro.net/en/ereader/unapec/189293?page=16>.
- Acento. (2023, mayo 12). *Caribe acoge demanda dominicana de afrontar sargazo como emergencia regional*. Acento. <https://acento.com.do/actualidad/caribe-acoge-demanda-dominicana-de-afrontar-crisis-del-sargazo-9198102.html>
- Día, E. (2023, junio 15). *Países abogan por que el sargazo sea tratado como tema de emergencia colectiva en organismos internacionales*. El Día. <https://eldia.com.do/paises-abogan-porque-el-sargazo-sea-tratado-como-tema-de-emergencia-colectiva-en-organismos-internacionales/>

- MEPyD. (2023, junio 17). *Ministro de Economía resalta necesidad de articular esfuerzos para investigar el fenómeno del sargazo y encontrar soluciones*. Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (MEPyD); Ministerio de Económico Planificación y Desarrollo. <https://mepyd.gob.do/ministro-de-economia-resalta-necesidad-de-articular-esfuerzos-para-investigar-el-fenomeno-del-sargazo-y-encontrar-soluciones/>
- Aderavi. (2017). Análisis DAFO. <http://aderavi.org/analisis-dafo>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2022, agosto 15). *Sobre nosotros*. ambiente.gob.do. <https://ambiente.gob.do/sobre-nosotros/>
- Elenes, N. (s/f). Análisis de factibilidad de un sistema de bombeo de agua con energía solar como propuesta de adaptación para riego en Rayón, Sonora. Universidad de Sonora. <http://www.bidi.uson.mx/TesisIndice.aspx?tesis=22832>
- Pressman, R. (2010). Ingeniería del software: Un enfoque práctico. McGraw Hill.
- Rojas, M. G. (2014). COMPUTACIÓN EN LA NUBE COMO ESTRATEGIA COMPETITIVA PARA LAS PYMES. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/99996/TESINA%20computacion%20en%20la%20nube.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fernández, R. R. (2022). Diseño de sistemas de radiación tipo Isoflux para aplicaciones satelitales. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.
- Gómez, M. A. (2013). REHABILITACIÓN Y ADECUACIONES DE UNA BOYA OCEANOGRÁFICA. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://132.248.9.195/ptd2013/noviembre/0706095/0706095.pdf>

- Hernández, O. I. (2013). Encapsulamiento de datos geoespaciales para interoperabilidad con sistemas de información geográfica basados en la Web. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.
<https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/421/1/233921.pdf>
- Sarli, R., González, S., & Ayres, N. (2015). Análisis FODA. Una herramienta necesaria. Edu.ar. https://bdigital.uncuyo.edu.ar/objetos_digitales/7320/sarlirfo-912015.pdf
- Europea.eu. (s/f). Análisis DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas, oportunidades) - SWOT. Recuperado el 26 de junio de 2023, de https://capacity4dev.europa.eu/groups/evaluation_guidelines/info/analisis-dafo-debilidades-amenazas-fortalezas-oportunidades-swot
- Aparicio, A. R. (2016). INGENIERIA DE PROCESOS DEFINICIÓN DE UN PROCESO.
https://www.academia.edu/27798906/INGENIERIA_DE_PROCESOS_DEFINICI%C3%93N_DE_UN_PROCESO
- Equipo editorial Etecé. (2020, noviembre 11). Interfaz. ConceptoDe.
<https://concepto.de/interfaz/>
- ISO 9241-210. (2010). Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems. Iso.org. <https://www.iso.org/obp/ui/>

Anti plagio



Document Information

Analyzed document	Sistema+de+alerta+contra+el+sargazo+%28CGM%29-+Cont+cap+2+y+3.docx (D172439754)
Submitted	7/29/2023 2:37:00 AM
Submitted by	
Submitter email	3845.257d9f3645bd04866d3dafc03a9fe6005a8f55fa@submitters.urkund.com
Similarity	100%
Analysis address	snavarro.apec@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	APEC / Sistema+de+alerta+contra+el+sargazo+%28CGM%29-+Cont+cap+2+y+3.docx Document: Sistema+de+alerta+contra+el+sargazo+%28CGM%29-+Cont+cap+2+y+3.docx (D172137424) Submitted by: g.cedeno@unapec.edu.do Receiver: snavarro.apec@analysis.urkund.com
-----------	--

Entire Document

100% MATCHING BLOCK 1/1