



Gestión del riesgo costero en el litoral antioqueño a partir del desarrollo de actividades técnicas y administrativas enmarcadas en el proyecto PIMECLA (Fase II)

Maria Camila Aguirre Pérez

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Oceanográfico

Asesor

Vladimir Giovanni Toro Valencia, Doctor (PhD) en Oceanografía Física

Tutora

Juana Maria Ossa Isaza, Geóloga, Especialista (Esp) en Gestión Ambiental y Gerencia de Proyectos

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Oceanográfica
Turbo, Antioquia, Colombia
2022

Cita	(Aguirre Pérez, 2022)
Referencia	Aguirre Pérez, M. (2022). <i>Gestión del riesgo costero en el litoral antioqueño a partir del desarrollo de actividades técnicas y administrativas enmarcadas en el proyecto PIMECLA (Fase II)</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Turbo, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Diana Catalina Rodríguez

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Principalmente dedico este trabajo de grado a mis padres Héctor Fabio Aguirre y Yenny Patricia Pérez, a mis hermanas Alejandra Aguirre y Gabriela Aguirre por todo el apoyo incondicional que me brindaron durante toda mi carrera, haciendo posible cumplir este gran sueño de convertirme en Ingeniera Oceanográfica.

También dedico este trabajo a todas las personas que me acompañaron y me brindaron apoyo en la Universidad y en la región de Urabá cuando más los necesité.

Agradecimientos

Agradezco principalmente a Dios por permitirme lograr este gran triunfo, a mis padres y hermanas por todo el apoyo que me brindaron para sacar adelante este sueño, a la Universidad de Antioquia por formarme y permitirme el acceso a todos los equipos que requerí para el desarrollo del presente trabajo

A todos los docentes de la Universidad de Antioquia que aportaron en gran medida en mi formación en especial al profesor Vladimir G. Toro quien siempre estuvo dispuesto al momento de guiarme y sacar adelante este proyecto

A la Gobernación de Antioquia por brindarme la oportunidad de realizar las prácticas de excelencia con ellos, a mi tutora en la Gobernación Juana M. Ossa por todo el acompañamiento y lecciones aprendidas dentro de la entidad

Por último, a todos mis compañeros de la Universidad que me apoyaron, creyeron, y brindaron sus conocimientos para llevar este trabajo de grado a buen término, Juan G. Torres, Víctor A. Otálvaro, Daniel S. Lambertino, Ferney Orejuela, Geraldin Morelo.

Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
1. Introducción	11
2. Objetivos	14
2.2 Objetivo general	14
2.3 Objetivos específicos.....	14
3 Marco teórico	15
3.2 Derivadores superficiales	15
3.3 Riesgo costero	18
4 Metodología	19
4.2 Área de estudio.....	19
4.3 Métodos	20
4.3.1 Mediciones <i>in situ</i> de trayectorias.....	20
4.3.2 Talleres de riesgo costero	22
5 Resultados	24
5.2 Derivadores	24
5.2.1 Campaña 1: Sector Punta las Vacas	24
5.2.2 Campaña 2: Sector Punta Yarumal	30
5.3 Taller del riesgo costero	33
5.3.1 Reporte de asistencia.....	38
5.4 Actividades administrativas	39
6 Conclusiones	40
7 Recomendaciones	41
Referencias	42

Lista de tablas

Tabla 1. Duración de medición de los experimentos con derivadores por campaña.	21
Tabla 2. Docentes y contenido del taller.	22
Tabla 3. <i>Velocidades máximas, mínimas y promedio de los derivadores y del viento durante la trayectoria 1.</i>	26
Tabla 4. <i>Velocidades máximas, mínimas y promedio de los derivadores y del viento durante la trayectoria 2.</i>	26
Tabla 5. <i>Parámetros utilizados para calcular la celeridad y desfase de la onda de marea.</i>	27
Tabla 6. Asistentes certificados en el taller de riesgo costero.	39
Tabla 7. Actividades administrativas desarrolladas en el DAGRAN.	39

Lista de figuras

Figura 1. Partes que componen un derivador. Tomado de Cárdenas et al. (2010).	15
Figura 2. Derivadores superficiales de la UdeA a) Dispositivo electrónico de ubicación satelital y b) Derivadores ubicados en el agua.....	16
Figura 3. Área de estudio del presente estudio, litoral Antioqueño.	19
Figura 4. Derivadores: a) sin draga (contaminantes) y b) con draga (corrientes superficiales)....	20
Figura 5. Ubicación de las zonas para las campañas 1 y 2.	21
Figura 6. Evidencia de la primera reunión realizada para la programación del taller.	22
Figura 7. <i>Trayectorias de los derivadores con draga (circulo verde) y sin draga (circulo azul); a) trayectoria 1 (07:08 - 13:42) y b) trayectoria 2 (14:07-16:41).</i>	24
Figura 8. <i>Trayectorias de los derivadores y dirección del viento; a) derivador con draga trayectoria 1 (07:08 - 13:42) y trayectoria 2 (14:07-16:41); b) derivador sin draga trayectoria 1 (07:08 - 13:42) y trayectoria 2 (14:07-16:41).</i>	25
Figura 9. <i>Trayectorias del derivador con draga, dirección del viento y curva de marea meteorológica original y desfasada; trayectoria 1 (07:08 - 13:42) y trayectoria 2 (14:07-16:41).</i>	28
Figura 10. <i>Trayectorias del derivador sin draga, dirección del viento y curva de marea meteorológica original y desfasada; trayectoria 1 (07:08 - 13:42) y trayectoria 2 (14:07-16:41).</i>	29
Figura 11. <i>Trayectorias de los derivadores; a) derivador con draga trayectoria 1 (07:11 – 09:16) y trayectoria 2 (09:17-12:27); b) derivador sin draga trayectoria 1 (07:11 - 17:15).</i>	30
Figura 12. <i>Dirección del viento por intervalos durante el tiempo de medición; a) de 07:11 – 09:16, b) 09:16 – 10:36; c) de 10:36 – 15:32 y d) de 15:32 – 17:15.</i>	31
Figura 13. <i>Trayectorias del derivador con draga y curva de marea meteorológica original y desfasada; trayectoria 1 (07:11 – 09:16) y trayectoria 2 (09:17-12:27).</i>	32
Figura 14. <i>Trayectorias del derivador sin draga y curva de marea meteorológica original y desfasada; trayectoria 1 (07:11 – 17:15).</i>	33
Figura 15. <i>Salida de campo en el municipio de Turbo. Taller de gestión del riesgo.</i>	35
Figura 16. <i>Salida de campo en el municipio de Arboletes. Taller de gestión del riesgo.</i>	36
Figura 17. <i>Asistencia a las sesiones en los diferentes módulos.</i>	38

Siglas, acrónimos y abreviaturas

UdeA	Universidad de Antioquia
PIMECLA	Programa integral para el monitoreo y mitigación de la Erosión Costera en el Litoral Antioqueño
DAGRAN	Departamento Administrativo para la Gestión del Riesgo de Desastres de Antioquia
GRD	Gestión del Riesgo de Desastres
Km	Kilómetros
s	Segundos
h	Hora
m	metros
NE	Noreste
SE	Sureste
SO	Suroeste

Resumen

La gestión del riesgo de desastres es un concepto que en la actualidad ha sido ampliamente estudiado y aplicado, debido a que todas las zonas terrestres y costeras tienen sus propios riesgos inherentes: en el continente deslizamientos, avenidas torrenciales, incendios y en el caso de las zonas costeras la erosión, entre otros. Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, el Departamento Administrativo para la Gestión del Riesgo de Desastres de Antioquia (DAGRAN) como ente gubernamental de la Gobernación de Antioquia en convenio con la Universidad de Antioquia, trabajan en el avance del conocimiento de los procesos de la zona del litoral Antioqueño, de manera particular en procesos como la erosión. Con el fin de desarrollar esta labor, se realizó una práctica académica relacionada con actividades técnico-administrativas encaminadas a apoyar al Programa Integral para el Monitoreo y mitigación de la Erosión Costera en el Litoral Antioqueño (PIMECLA). Estas actividades incluyeron dos campañas de medición de corrientes superficiales con derivadores de bajo costo, con los cuales se obtuvieron la dirección y velocidad de las corrientes ante distintos forzadores como la marea y el viento. Los resultados sugieren que, el mayor modulador del movimiento de las corrientes es el viento. Por otro lado, se apoyó de manera activa el desarrollo del taller de riesgo costero dirigido a los integrantes de los consejos municipales del Urabá Antioqueño. Este taller contó con la participación inicial de 22 personas de las cuales fueron certificadas 12.

Palabras claves: PIMECLA, DAGRAN, litoral Antioqueño, gestión del riesgo costero, corrientes superficiales, erosión costera.

Abstract

Disaster risk management is a concept that has now been widely studied and applied, since all land and coastal areas have their own inherent risks: on the continent, landslides, torrential floods, fires, and in the case of coastal areas erosion, among others. Taking into account the aforementioned, the Administrative Department for Disaster Risk Management of Antioquia (DAGRAN) as a government entity of the Government of Antioquia in agreement with the University of Antioquia, works to advance knowledge of the processes in the area of the Antioquia coast, particularly due to processes such as erosion. In order to develop this work, an academic internship was carried out related to technical-administrative activities aimed at supporting the Comprehensive Program for Monitoring and Mitigation of Coastal Erosion on the Antioquia Coast (PIMECLA). These activities included two campaigns to measure surface currents with low-cost drifters, with which the direction and speed of the currents were obtained in the face of different drivers such as the tide and the wind. The results suggest that the greatest modulator of the movement of the currents is the wind. On the other hand, the development of the coastal risk workshop aimed at the members of the municipal councils of Urabá Antioquia was actively supported. This workshop had the initial participation of 22 people, of which 12 were certified.

Keywords: PIMECLA, DAGRAN, Antioquia coastline, coastal risk management, surface currents, coastal erosion.

1. Introducción

En la actualidad la mayoría de los países costeros se están viendo afectados por el aumento del nivel del mar. Según estudios realizados por Coalition for Urban Transitions (CUT) y la Universidad de Columbia, el 10 % de la población mundial se encuentra en riesgo por esta problemática, dado que se ha presentado un incremento en la urbanización de las zonas costeras con una tasa de crecimiento medio anual de 1.98 % (el Ágora, 2019). El aumento del nivel del mar provoca el incremento en los problemas de erosión que se presentan en las zonas costeras, por tal razón, la población que se está asentando en las costas se expone a un riesgo latente debido al retroceso de la línea de costa. Bird (1987) identificó que el 70% de las playas del mundo están afectadas por la erosión. Este fenómeno genera cambios en los ambientes costeros, impactando el desarrollo urbano, social y económico. El costo promedio anual de los desastres en el mundo va en aumento, y podría ser de hasta 415 mil millones de dólares en infraestructura urbana para 2030. (Ocampo & Catarina, 2019)

Este fenómeno que se viene desarrollando desde hace varias décadas ha obligado a las entidades gubernamentales a tomar acciones más contundentes, incentivando la implementación de planes para la gestión del riesgo de desastres costeros. La gestión del riesgo de desastres (GRD) es un término que ha sido incorporado recientemente como concepto central en torno a los riesgos y desastres, reemplazando los conceptos de manejo y administración de desastres. Esto ha permitido el cambio en el enfoque central, pasando de ser el desastre el eje principal a pasar a ser el riesgo mismo como objeto de estudio (Narváez, L. et al, 2009). En pocas palabras la GRD se define como la convergencia de las amenazas o peligros y la vulnerabilidad o exposición a ellos. Esto permite proponer acciones preventivas y de mitigación de desastres, como también la posibilidad de actividades de reacción, respuesta y atención a las víctimas.

Colombia está conformado por una amplia diversidad geológica, geomorfológica, hidrológica y climática, la cual permite que en el país se presenten un conjunto de potenciales riesgos. Por otro lado, al contar con dos grandes océanos y con una línea de costa de más de 3500 km, aumenta el riesgo presente en la zona costera por el fenómeno de erosión, el cual ha afectado el 40 % de la línea de costa con valores que varían entre los 0.5 y 5 metros/año (Minambiente, 2021). Esos mismos autores han identificado 86 puntos críticos afectados por la erosión costera, 10 en las islas, 20 en el pacífico, y 56 en la costa Caribe. Entre esos puntos se encuentran algunos

ubicados en una franja costera de 512 km del litoral Antioqueño, entre el delta del río Atrato hasta el municipio de Arboletes.

En este litoral, algunos estudios de morfología han evidenciado cambios de la línea de costa debido a procesos altamente erosivos. Estos han permitido la desaparición y/o retroceso de numerosas playas. Correa *et al.* (2004), sugieren que en las últimas cuatro décadas ocurrieron retrocesos de la línea de costa entre 50 y 100 m en varios sectores del litoral (Uveros, Damaquiel, Zapata, Turbo) y de hasta 1.6 km lineales en el área Punta Rey (Arboletes).

Este proceso complejo, hace necesario contar con monitoreos constantes de variables que nos permitan explicar y entender como es la evolución de los entornos costeros y proporcionar información a las entidades gubernamentales responsables del tema de riesgos. Con el fin de proteger las inversiones, el bienestar, la seguridad de la población y la funcionalidad de los ecosistemas, la gobernación de Antioquia cuenta con el departamento administrativo para la gestión del riesgo de desastres de Antioquia (DAGRAN). Este tiene como objetivo desarrollar estrategias, programas y acciones permanentes, orientadas al conocimiento, reducción del riesgo y manejo de desastres (DAGRAN,2021).

Con el fin de avanzar en el conocimiento de la erosión y diseñar soluciones en algunos sitios donde se presenta la erosión, el DAGRAN en colaboración con la Universidad de Antioquia ha venido desarrollando proyectos en el litoral Antioqueño. Para esto, se debe contar con datos actualizados de las condiciones morfológicas e hidrodinámicas de la zona costera, permitiendo análisis adecuados que permitirán tomar decisiones frente a la gestión del riesgo por medio de predicciones del comportamiento de las variables medidas.

Además, el inminente crecimiento económico debido a la construcción de varios puertos en la región del Urabá Antioqueño, incrementará el flujo de embarcaciones, trayendo consigo aumentos en los riesgos presentes en las costas, como puede ser el derrame de contaminantes en el mar. Los contaminantes, en su mayoría hidrocarburos, podrían llegar a la línea de costa generando problemas a la comunidad y a los ecosistemas. En ese sentido, una de las opciones es el uso instrumentos de bajo costo con los cuales se pueda tener una aproximación del movimiento de los hidrocarburos debido al campo de corrientes (Hernández & Romaña, 2018). Por otro lado, conocer los campos de corrientes aportan conocimiento al movimiento del sedimento en suspensión y de fondo, entendiendo que este último modula las zonas de acreción y erosión en la línea de costa.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, este trabajo tiene como objetivo apoyar el desarrollo de las actividades técnicas y administrativas del DAGRAN en la zona costera del litoral antioqueño. Las actividades que se desarrollaron están enfocadas en el Programa Integral de Monitoreo de la Erosión Costera en el Litoral de Antioquia (PIMECLA) el cual se desarrolla mediante un convenio entre el DAGRAN y la Universidad de Antioquia.

2. Objetivos

2.2 Objetivo general

Desarrollar actividades técnicas y administrativas que fortalezcan el conocimiento en la gestión del riesgo para la línea de costa del litoral antioqueño enmarcada en el programa PIMECLA (Fase II).

2.3 Objetivos específicos

- Analizar las trayectorias de las corrientes superficiales mediante el uso de derivadores superficiales en las costas de Turbo y Bahía Colombia.
- Apoyar las actividades de capacitación a los Consejos Municipales para la Gestión del Riesgo de Desastres y entidades públicas de la región costera.
- Apoyar actividades técnico-administrativas del departamento administrativo para la gestión del riesgo de desastres de Antioquia (DAGRAN) relacionadas con la gestión del riesgo en el litoral Antioqueño.

3 Marco teórico

Con el fin de una comprensión adecuada de los resultados del presente trabajo a continuación se presentan algunos aspectos teóricos a tener en cuenta dentro del desarrollo de las actividades planteadas.

3.2 Derivadores superficiales

Una primera aproximación para el seguimiento de derrame de contaminantes en aguas marinas es por medio del uso de derivadores. Estos derivadores usan el principio de movimiento lagrangiano, el cual consiste en determinar la ubicación de una partícula a través del espacio y tiempo. Un derivador o boya de deriva es un instrumento oceanográfico que es diseñado para ser advechado por las corrientes oceánicas (Cárdenas et al, 2010). Estos instrumentos poseen un dispositivo de flotación el cual contiene un dispositivo de ubicación local o satelital, el cual se encarga de transmitir los datos de posición. En algunos casos es utilizado un elemento de arrastre (draga) que permite que el derivador sea advechado por las corrientes y no por el viento (Figura 1).

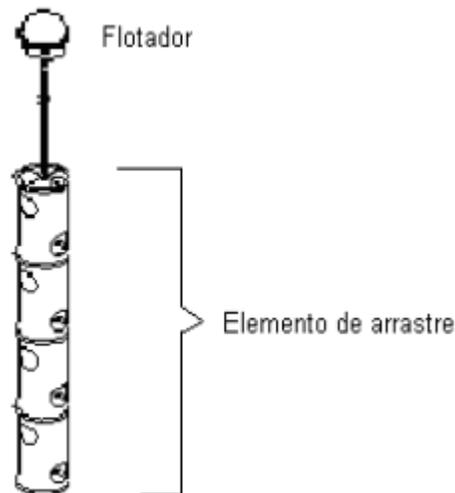


Figura 1. Partes que componen un derivador. Tomado de Cárdenas et al. (2010).



Figura 2. Derivadores superficiales de la UdeA a) Dispositivo electrónico de ubicación satelital y b) Derivadores ubicados en el agua.

Existen dos tipos de boyas de deriva, las diseñadas para medir trayectorias de las corrientes oceánicas (superficiales o en profundidad), las cuales cuentan con un elemento de arrastre (draga) y las boyas que son utilizadas para medir el desplazamiento de contaminantes superficiales las cuales no tienen draga. La utilización de estos instrumentos permite el monitoreo de la circulación oceánica y el movimiento de contaminantes en superficie (Cárdenas *et al.*, 2010). La circulación oceánica en superficie es entendida como el movimiento del agua oceánica que es modulada especialmente por el esfuerzo del viento.

Con la utilización de los derivadores, los cuales miden una posición en coordenadas de latitud y longitud cada un periodo determinado, se calcula el valor de la velocidad promedio. Debe tener en cuenta que a las coordenadas geográfica se les debe realizar la conversión a decimales (**Ecuación 1**).

$$\text{Grados} + \frac{\text{Minutos}}{60} + \frac{\text{Segundos}}{3600} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Latitud= Grados°, Minutos', Segundos" N/S

Longitud= Grados°, Minutos', Segundos" W/E

Al obtener las coordenadas geográficas en decimales se calcula la distancia entre dos puntos, donde al dividir este valor por el tiempo se obtiene el valor de la velocidad (**Ecuación 2**).

$$v = \frac{d}{t} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

v= velocidad [m/s].

d= distancia [m].

t= tiempo [s].

Además del viento, la marea es otro de los forzadores de la circulación oceánica. La marea astronómica hace referencia a las oscilaciones periódicas del nivel del mar que resulta por las interacciones gravitacionales entre la tierra, la luna y el sol. Existen diferentes momentos de la marea, por ejemplo, a nivel diario se puede identificar la marea alta (pleamar) y marea baja (bajamar). A nivel mensual la Sicigia (marea viva) y la Cuadratura (marea muerta).

Los valores de la marea utilizados se obtienen para cada zona de estudio. Cuando no se tienen datos de un mareógrafo en la zona de estudio, es posible utilizar los datos del mareógrafo más cercano, teniendo en cuenta el desfase de la onda (**Ecuación 3**). Este desfase se puede obtener a partir de la celeridad (**Ecuación 4**) de la onda de marea y de la distancia presente entre el mareógrafo y la zona de interés.

$$r = \frac{d}{C} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

r= Desfase [h]

d= distancia desde el mareógrafo hasta la zona de estudio [km]

C= Celeridad [km/h].

$$C = \sqrt{gh} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde:

g= Gravedad [km/h²].

h= Profundidad [km].

3.3 Riesgo costero

Las zonas costeras del litoral Antioqueño son un importante activo de la población debido a las actividades productivas, diversidad biológica y fuente de recursos para todos los municipios que la conforman. Sin embargo, estos lugares tienen un alto riesgo debido a la erosión costera, la cual tiene orígenes de orden natural y/o antrópico.

El riesgo costero se define como la expectativa de pérdidas (personales, daños materiales, perjuicios económicos, degradación ambiental) que podría producir una amenaza de origen natural o humano en una zona con diferentes vulnerabilidades y durante un período en específico. La severidad de estos riesgos potenciales depende fundamentalmente del nivel de vulnerabilidad y las amenazas (tormenta, erosión, impacto del oleaje, entre otros). Por lo tanto, el riesgo es la evaluación cuantificada de los posibles daños y sus impactos producidos por los diferentes tipos de amenaza a los que se encuentra vulnerable (expuesta) la zona costera (Red Atlántica para la Gestión de los Riesgos Costeros, 2017)

Con el fin de entender el riesgo costero y sus implicaciones se apoyará el desarrollo de talleres virtuales orientadas a las personas de los comités de riesgo municipales. Estos talleres proporcionarán conceptos teóricos básicos, prácticos y técnicos necesarios para entender cada vez más el tema de riesgo costero.

4 Metodología

4.2 Área de estudio

Este trabajo se desarrolló en la parte sur de la Costa Caribe Colombiana específicamente en el litoral Antioqueño, el cual cuenta con una extensión de 512 km, comprendidos desde la boca Tarena del río Atrato hasta el municipio de Arboletes (Paniagua, 2013) (**Figura 3**).

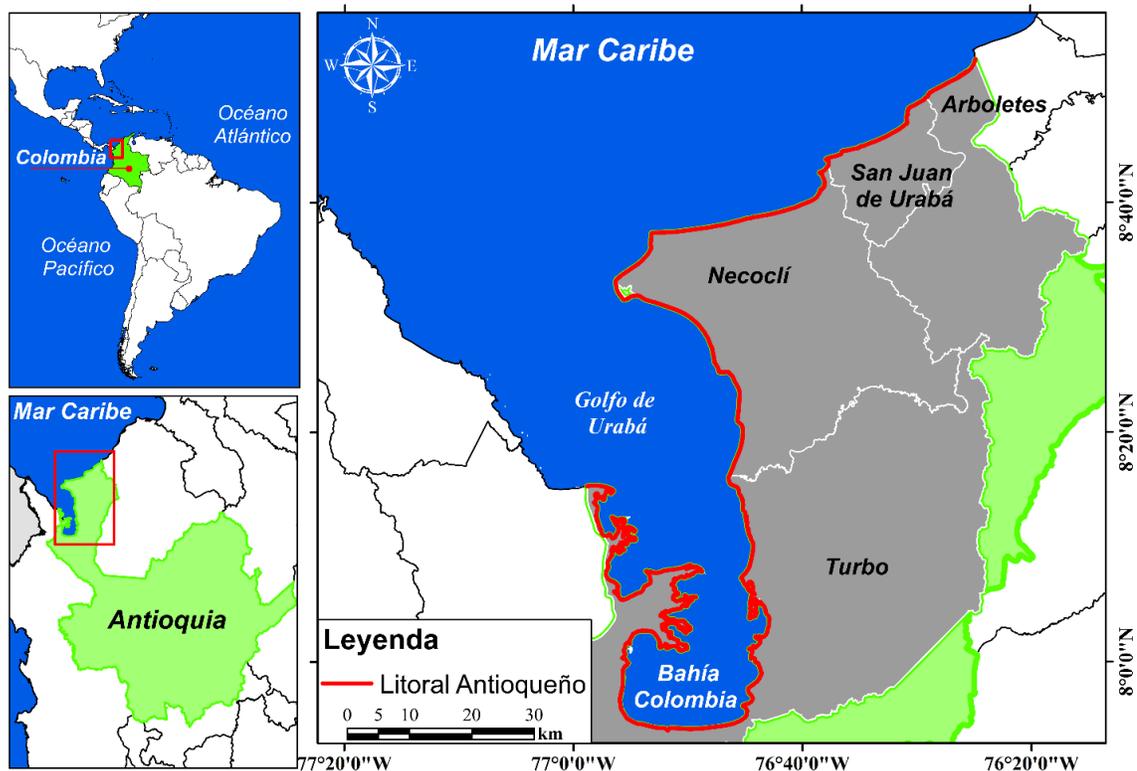


Figura 3. Área de estudio del presente estudio, litoral Antioqueño.

El clima de la región se encuentra influenciado por los desplazamientos de la zona de convergencia intertropical. Esto permite que se presenten dos periodos climáticos: seco comprendido desde finales de diciembre a principios de abril, influenciado por los vientos alisios NE con velocidades entre 4 y 9 m/s y precipitaciones promedio de 40 mm/mes en Arboletes y 100 mm/mes en Turbo (Thomas *et al.*, 2007). Y el periodo lluvioso comprendido desde mayo hasta noviembre, con vientos predominantes del sur con velocidades entre de 2 m/s y de 4 m/s y precipitaciones promedio de 100 mm/mes en Arboletes y 300 mm/mes en Turbo (Thomas *et al.*, 2007).

4.3 Métodos

A continuación, se presentan las metodologías que se utilizaron en el desarrollo de cada uno de los objetivos específicos:

4.3.1 Mediciones *in situ* de trayectorias

Con el fin de medir las corrientes superficiales y el movimiento de posibles contaminantes en el Golfo de Urabá, se emplearon derivadores superficiales. Estos derivadores cuentan con un sistema satelital, son de bajo peso y dimensión reducida permitiendo aproximarlos como una partícula que se mueve con la masa de agua.

Se realizaron dos campañas de medición, la primera a inicios del mes de septiembre y la segunda a inicios de noviembre del año 2021. En la primera campaña se utilizaron dos derivadores (uno con draga y el otro sin draga) (**Figura 4**) en el sector Punta Las Vacas. En la segunda campaña se utilizaron los mismos derivadores en el sector de Punta Yarumal (**Figura 5**).



Figura 4. Derivadores: a) sin draga (contaminantes) y b) con draga (corrientes superficiales).

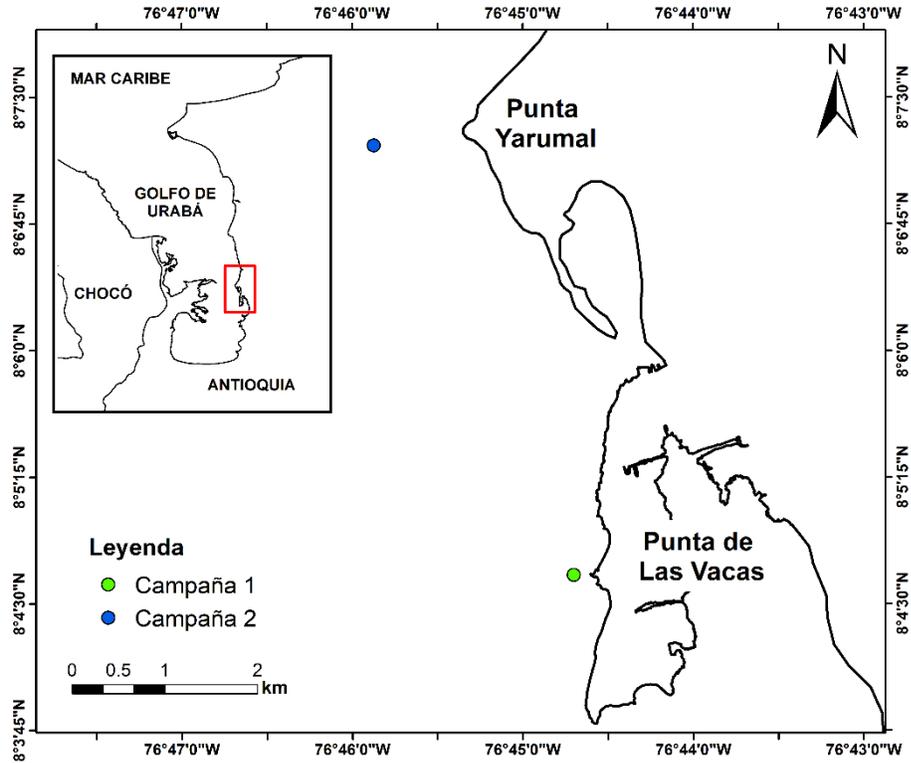


Figura 5. Ubicación de las zonas para las campañas 1 y 2.

Las mediciones se realizaron en periodos de 5 a 10 horas (**Tabla 1**). En el transcurso de ese tiempo se recibió información de la posición del derivador cada 5 min los cuales fueron utilizados para determinar la magnitud y la dirección de la corriente.

Tabla 1. Duración de medición de los experimentos con derivadores por campaña.

Campaña de medición	Punta Las Vacas		Punta Yarumal	
	D. Con draga	D. Sin draga	D. Con draga	D. Sin draga
Mes/Día	09/04		11/10	
Tiempo (HH:MM)	9:10	9:33	5:16	10:04

Luego de la recolección de la información obtenida en campo se procedió a procesar los datos de los derivadores. Los datos de latitud, longitud y tiempo permiten obtener el valor de la magnitud y la dirección de las corrientes y generar mapas de las trayectorias, por medio del uso de las **ecuaciones 1 y 2**. Además, utilizando la medición de la estación

meteorológica de la sede Ciencias del Mar se pudo obtener los valores de la magnitud y dirección del viento con los cuales se realizaron los análisis correspondientes de este forzador. Por último, a partir de las tablas de mareas de la estación Sapzurro se obtuvieron los datos correspondientes al nivel del mar en dichos días mencionados y fueron utilizadas las **ecuaciones 3 y 4** con el fin de obtener el desfase correspondiente a la onda de marea.

4.3.2 Talleres de riesgo costero

Se realizó un taller enfocado en el fortalecimiento de las capacidades técnicas de los consejos municipales de gestión del riesgo marino-costero. Con el fin de organizar el taller, se realizaron reuniones previas con los 6 docentes que dictaron el taller. Se acordó la temática a desarrollar dividida en 6 módulos con duración de 3 días/semana con una intensidad de 2 horas/día. En cada una de las sesiones se desarrollaron los contenidos de los módulos que se mencionarán adelante y posterior a las sesiones se asignaron actividades extras con los temas tratados (**Figura 6**).

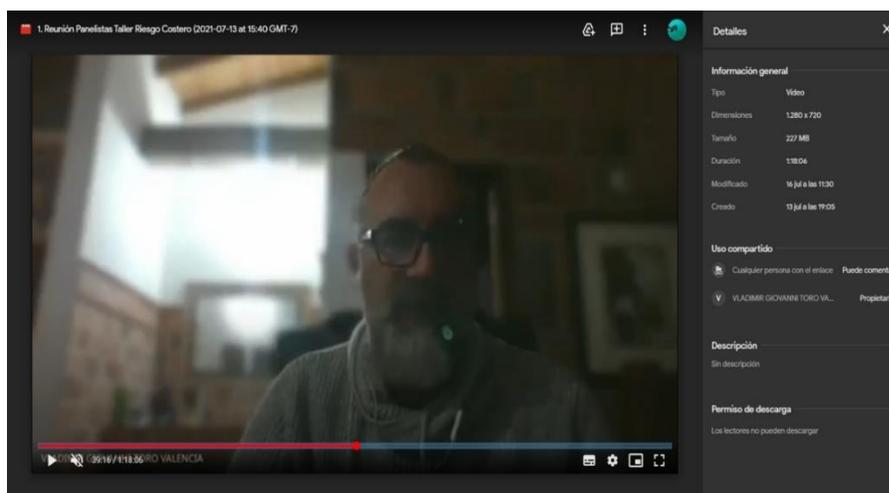


Figura 6. Evidencia de la primera reunión realizada para la programación del taller.

Como se mencionó, el taller se dividió en 6 módulos, los cuales se muestran en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Docentes y contenido del taller.

Ponente	Contenido
Iván Darío Correa	Geología y generalidades sobre procesos de superficie.

Ponente	Contenido
Alba Cecilia Bustamante	Geomorfología, procesos de superficie y suelos.
Carlos Gutiérrez	Evolución de la línea de costa.
Mónica Zambrano	Contaminación en la zona costera.
Vladimir G. Toro	Procesos costeros y oceánicos.
Marleny García	Estimación del riesgo costero a partir de variable intrínsecas y su incorporación en el ordenamiento ambiental y territorial costero.

El taller fue realizado de manera virtual por medio de la plataforma de Zoom, donde se llevaron a cabo un total de 18 sesiones. Las sesiones se realizaron los días miércoles, jueves y viernes en el horario de 5:00 pm a 7:00 pm. Además, se contó con horarios de asesorías los días lunes y martes de 5:00 pm a 7:00 pm. Adicionalmente, por iniciativa de los seis docentes encargados de dictar el taller, se realizó una salida de campo de dos días a dos de los municipios del litoral antioqueño (Turbo y Arboletes), con el fin de afianzar los conceptos teóricos.

5 Resultados

5.2 Derivadores

El estudio del campo de corrientes superficiales se realizó en dos campañas de medición: la primera en el sector Punta las Vacas y la segunda en Punta Yarumal.

5.2.1 Campaña 1: Sector Punta las Vacas

El día 4 de septiembre de 2021 se realizó la primera campaña en la cual se usaron derivadores con draga y sin draga. De estas mediciones obtuvieron las trayectorias de las corrientes superficiales, velocidades máximas, mínimas y promedio. Además, se analizó la influencia de algunos forzadores como la marea y el viento en la modulación del comportamiento de las corrientes.

Al iniciar la campaña se realizó un primer lanzamiento de los derivadores, los cuales por seguridad se ubicaron cerca de la línea de costa. Cuando los derivadores llegaron a tierra, se procedió a su recolección con el objetivo de realizar un segundo lanzamiento, pero esta vez en la zona off-shore. El uso de los derivadores con/sin draga permitieron realizar comparaciones del comportamiento de ambas trayectorias. En la **Figura 7**, se observan las trayectorias obtenidas por los derivadores en el primer y segundo lanzamiento con una dirección promedio hacia el Nor-Este (NE) y paralela a la costa.

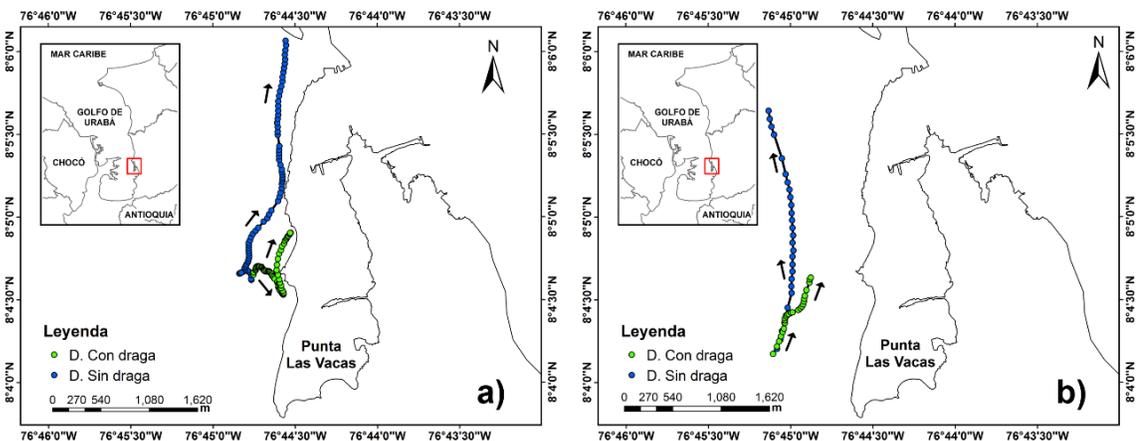


Figura 7. Trayectorias de los derivadores con draga (circulo verde) y sin draga (circulo azul); a) trayectoria 1 (07:08 - 13:42) y b) trayectoria 2 (14:07-16:41).

La figura anterior muestra claramente la diferencia en la distancia recorrida por el derivador con y sin draga en el mismo período de tiempo. En la **Figura 8** se observa claramente que el derivador sin draga puede cubrir una mayor distancia, debido que, al no tener draga, su movimiento se ve afectado principalmente por el viento. Esto concuerda con el comportamiento de la rosa de viento mostrado en el recuadro donde se observa la dirección promedio principalmente del Sur-Oeste (SO).

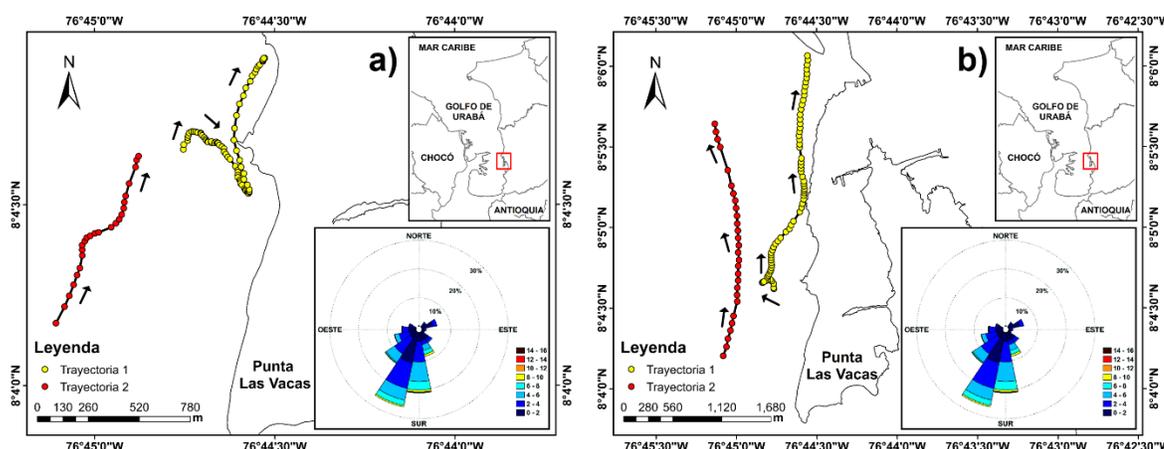


Figura 8. Trayectorias de los derivadores y dirección del viento; a) derivador con draga trayectoria 1 (07:08 - 13:42) y trayectoria 2 (14:07-16:41); b) derivador sin draga trayectoria 1 (07:08 - 13:42) y trayectoria 2 (14:07-16:41).

En las trayectorias 1 y 2 de la anterior figura, hay una clara diferencia en el tiempo empleado durante el recorrido, principalmente porque los derivadores en la trayectoria 1 (cerca de la costa) recorrieron una distancia de 1347 m y 2993 m para el derivador con y sin draga, respectivamente, en un período de 6.34 horas. Mientras que para la trayectoria 2 (off-shore), ambos derivadores recorrieron 1005 m y 2724 m para el derivador con y sin draga, respectivamente, durante un período de 2.34 horas. Al comparar las dos trayectorias medidas por los dos derivadores, podemos ver claramente que, en menos tiempo, la segunda trayectoria recorre casi la misma distancia.

Con los datos de posición medidos, se realizó el cálculo de las velocidades promedio, máximas y mínimas de los dos derivadores y del viento, medido por la estación Ciencias del Mar (**Tabla 3 y 4**). Esto con el objetivo de evaluar si la magnitud y la dirección de los

vientos más fuertes se relacionaba directamente con mayores velocidades en los derivadores alejados de la costa, en comparación con los cercanos a la costa.

Tabla 3. *Velocidades máximas, mínimas y promedio de los derivadores y del viento durante la trayectoria 1.*

Velocidad (m/s)	Derivador sin draga	Derivador con draga	Viento
Máxima	0.22	0.22	10.00
Promedio	0.13	0.06	2.24
Mínima	0.02	0.01	1.00

Este análisis se realizó con el fin de determinar la influencia del viento sobre los derivadores, ya que en cercanía a la línea de costa su modulación podría verse disminuida. De igual manera para comparar el desempeño con/sin draga.

Tabla 4. *Velocidades máximas, mínimas y promedio de los derivadores y del viento durante la trayectoria 2.*

Velocidad (m/s)	Derivador sin draga	Derivador con draga	Viento
Máxima	0.37	0.26	16.00
Promedio	0.29	0.12	3.25
Mínima	0.25	0.06	1.00

Otro forzador de influencia a considerar al analizar las trayectorias de los derivadores es la marea astronómica. A partir de los datos obtenidos de las tablas de mareas de 2021 se grafica la serie de mareas para la primera campaña de medición. Se calculó el desfase de la onda de marea entre el mareógrafo de Sapzurro (Chocó) y la posición de medición (sector Punta Las Vacas) con una distancia (d) de aproximadamente 94 km. Este desfase (r) se aproximó considerando la celeridad (c) de una onda en aguas someras, la cual depende de la gravedad (g) y la profundidad (h) (**Ecuación 3 y 4**). Es de notar que en este

cálculo no se tuvo en cuenta la fricción del fondo, el caudal del río ni la geometría del contorno (**Tabla 5**).

Tabla 5. *Parámetros utilizados para calcular la celeridad y desfase de la onda de marea.*

h (km)	g (km/h²)	c (km/h)	d (km)	r (h)
0.04	127137.6	71.31	94.00	1.32

Se obtuvo un valor de celeridad aproximado de 71,31 km/h, y un desfase de aproximadamente 1.32 horas. Al examinar el cambio en el nivel de marea en el tiempo (**Figura 9, panel inferior**) se puede apreciar que la marea se encuentra en la transición de bajamar a pleamar entre las 7:00-8:00 horas (recuadro azul). Sin embargo, esta primera etapa del recorrido, donde los derivadores se están dirigiendo hacia el Nor-Este (NE) (**Figura 9, panel superior, recuadro azul**), parece estar modulada por el viento y no por la marea. Lo contrario sucede en la segunda y tercera etapa (recuadros negro y verde, respectivamente) donde al presentarse la pleamar el derivador tiene una tendencia a dirigirse hacia al Sur (S) y en bajamar hacia el Norte (N). Para el caso de la segunda trayectoria (recuadro rojo) la marea se encuentra en fase de bajamar, por lo cual el derivador se dirige hacia el N, además lo hace con mayor velocidad debido a que el viento está soplando en esa misma dirección. Lo mencionado anteriormente se evidencia de una manera más clara al considerar la corrección realizada a la serie de nivel del mar, por el desfase existente entre el punto de medición del mareógrafo y el área de estudio (**línea negra en la Figura 9 y 10**).

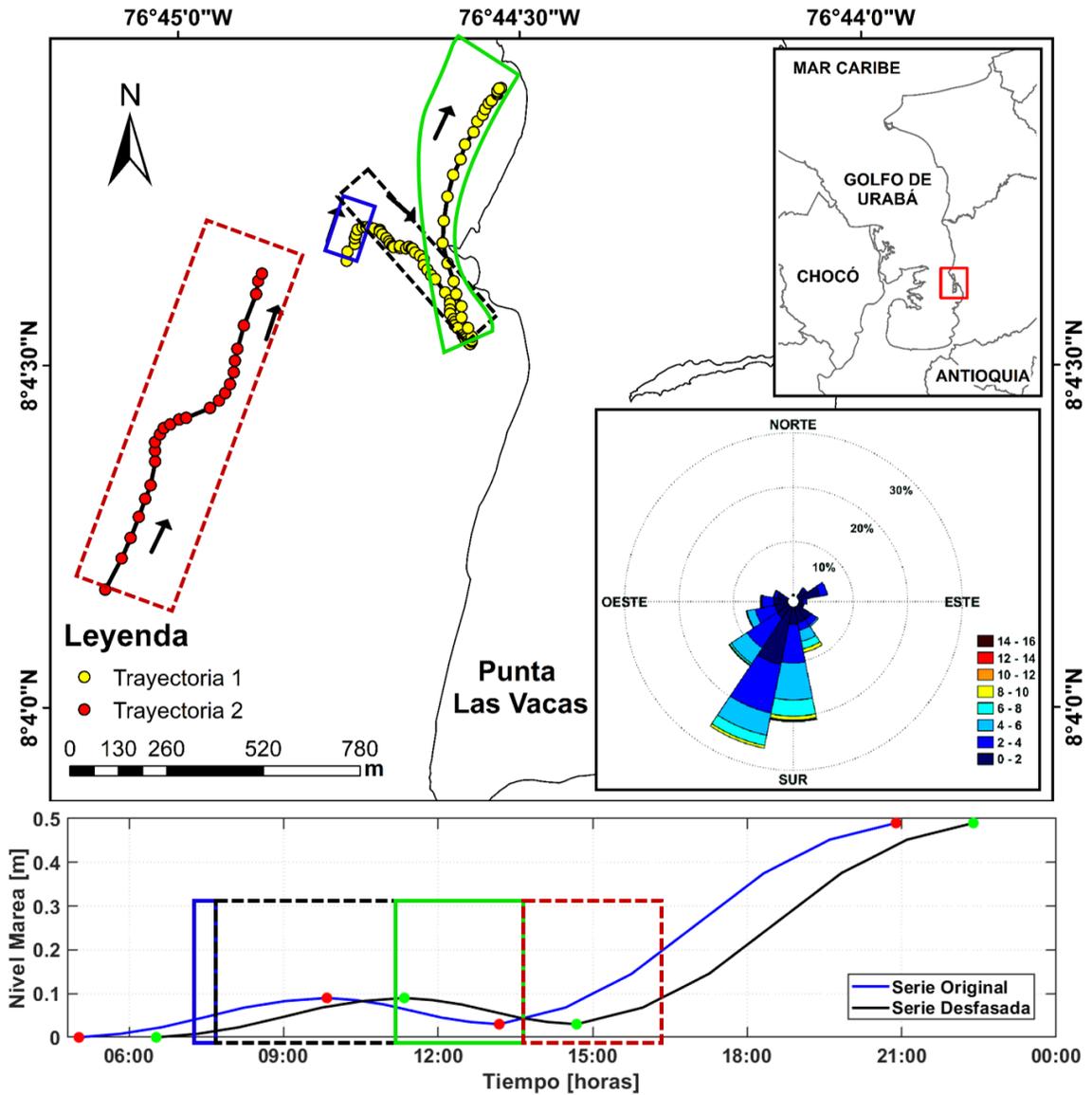


Figura 9. Trayectorias del derivador con draga, dirección del viento y curva de marea meteorológica original y desfasada; trayectoria 1 (07:08 - 13:42) y trayectoria 2 (14:07-16:41)).

Para el caso del derivador sin draga (**Figura 10**), los resultados sugieren que la marea tiene baja influencia sobre los movimientos del derivador a lo largo del experimento. La trayectoria del derivador, corresponde a la misma dirección hacia donde se dirige el viento (N).

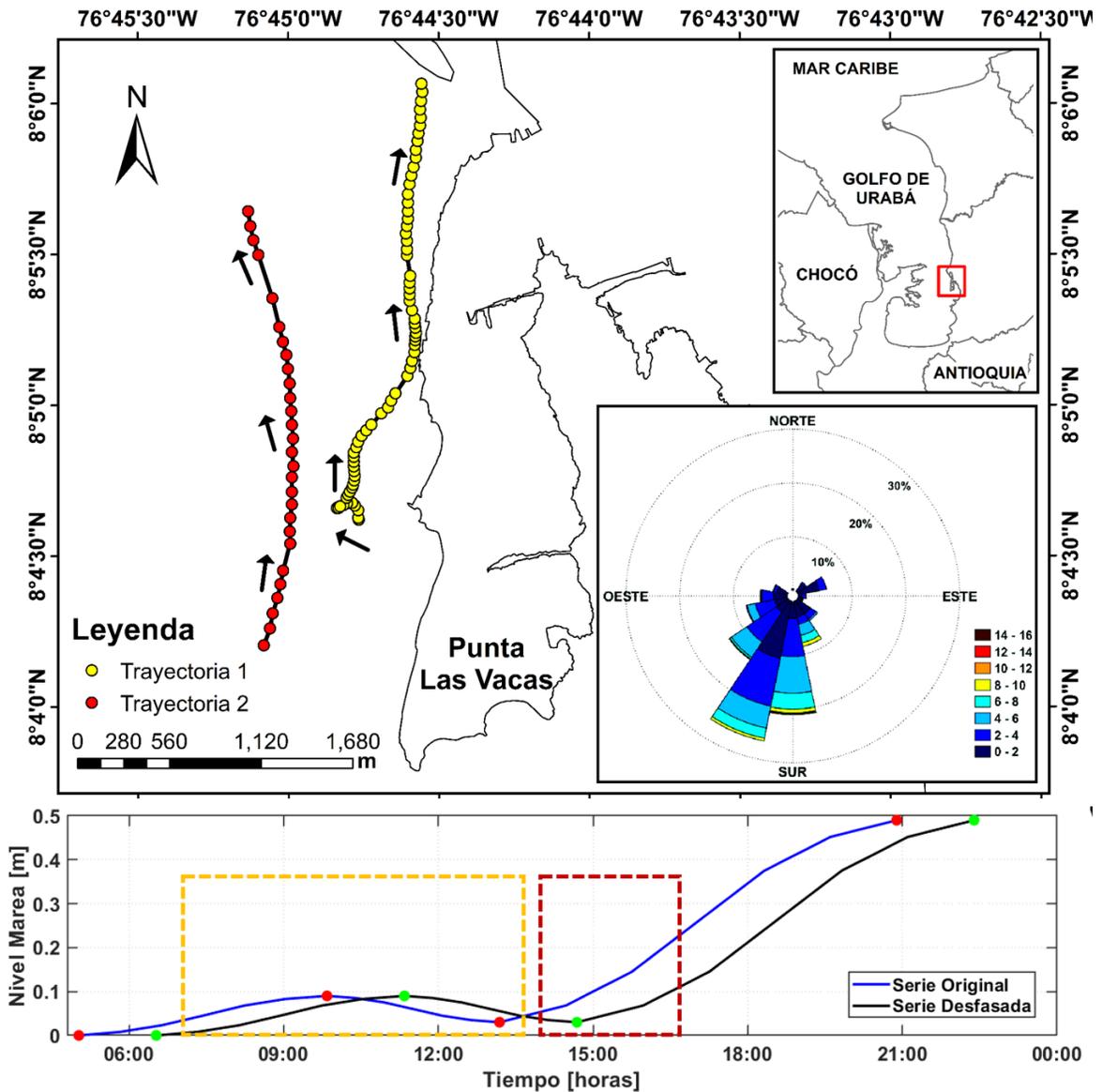


Figura 10. Trayectorias del derivador sin draga, dirección del viento y curva de marea meteorológica original y desfasada; trayectoria 1 (07:08 - 13:42) y trayectoria 2 (14:07-16:41)).

Los resultados sugieren que la marea parece no tener gran incidencia sobre las trayectorias de los derivadores, pero en el caso del derivador con draga, se puede notar que su recorrido podría estar modulado por la marea. Y en el caso del derivador sin draga, es de notar que las direcciones del viento y del derivador son similares.

5.2.2 Campaña 2: Sector Punta Yarumal

El día 10 de noviembre del 2021 se realizó la segunda campaña de medición en el sector Punta Yarumal en donde se usaron los derivadores (con draga y sin draga). Al igual que en la primera campaña se obtuvieron las trayectorias de las corrientes superficiales, velocidades máximas, promedio y mínimas. De igual manera se analizó la influencia de algunos forzadores como la marea y el viento en la modulación del comportamiento de las corrientes.

En esta campaña para el derivador sin draga solo se realizó un lanzamiento, mientras que para el derivador con draga se realizaron dos lanzamientos, ya que luego del primero este llegó a línea de costa (**Figura 11**).

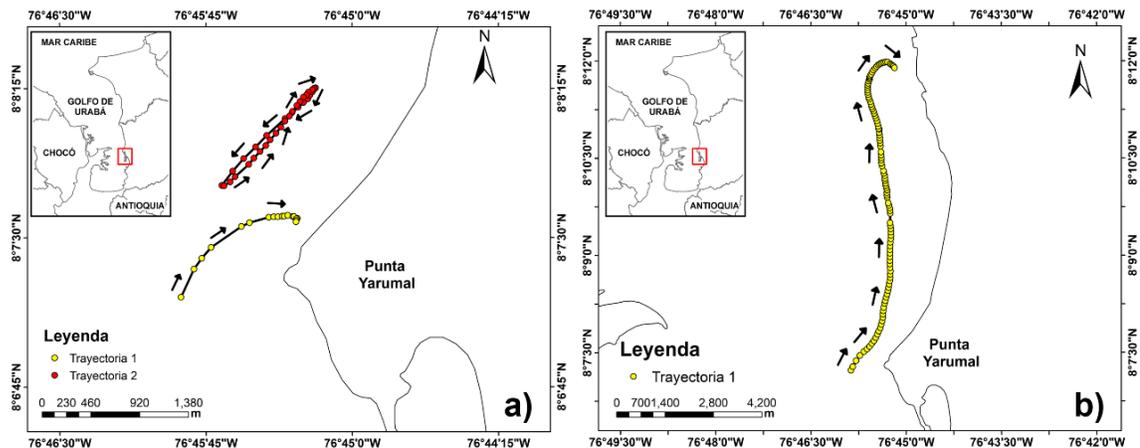


Figura 11. Trayectorias de los derivadores; a) derivador con draga trayectoria 1 (07:11 – 09:16) y trayectoria 2 (09:17-12:27); b) derivador sin draga trayectoria 1 (07:11 - 17:15).

De acuerdo con los resultados obtenidos, el movimiento del derivador con draga en la trayectoria 1 fue en dirección NE, modulado principalmente por el viento (**Figura 12a**). A diferencia del viento, al parecer la marea tiene poca incidencia en el rumbo tomado por el derivador, pues durante este período el nivel de la marea no muestra un cambio significativo en su altura (**Figura 13, recuadro amarillo en panel inferior**).

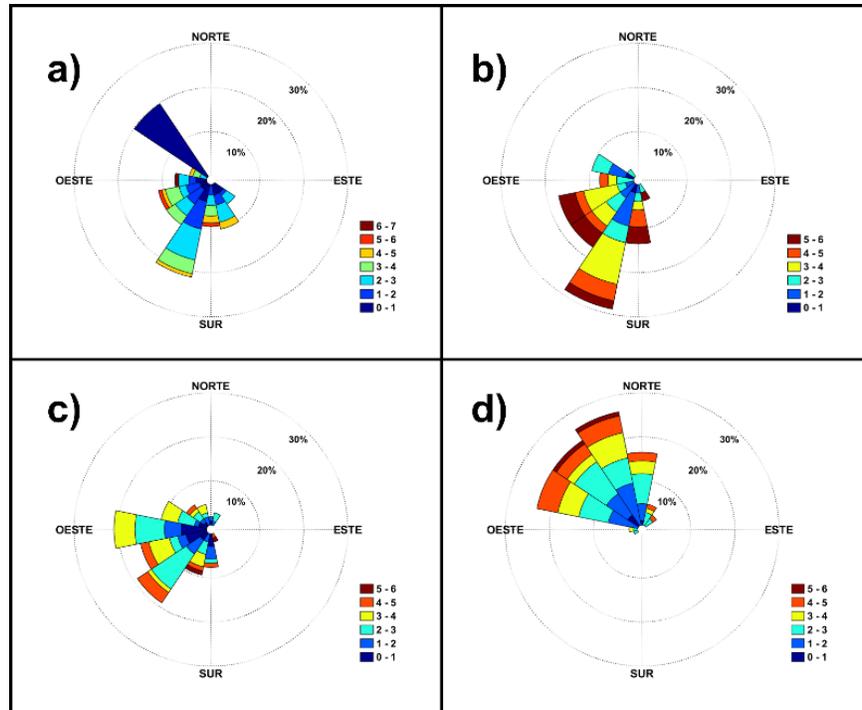


Figura 12. Dirección del viento por intervalos durante el tiempo de medición; a) de 07:11 – 09:16, b) 09:16 – 10:36; c) de 10:36 – 15:32 y d) de 15:32 – 17:15.

Al inicio de la trayectoria 2, entre las 9:16 am y las 10:36 am, el derivador continuó en la misma dirección de la trayectoria 1 (NE), movimiento que siguió siendo modulado principalmente por el viento con magnitudes entre 3 y 6 m/s (**Figura 12b**). Por su parte, la marea continuó sin ningún cambio significativo de altura, por lo que al parecer no cambió el curso de la corriente. Sin embargo, entre las 10:37 am y las 12:27 pm, la dirección del derivador presentó un cambio de 180 grados en su dirección, hacia el SO. En este caso, la magnitud del viento en la dirección NE disminuyó (**Figura 12c**) y la onda de marea empezó a entrar al golfo (**Figura 13, recuadro rojo en panel inferior**). Esos resultados sugieren que en la segunda dirección que toma el derivador, la marea modula dicho movimiento.

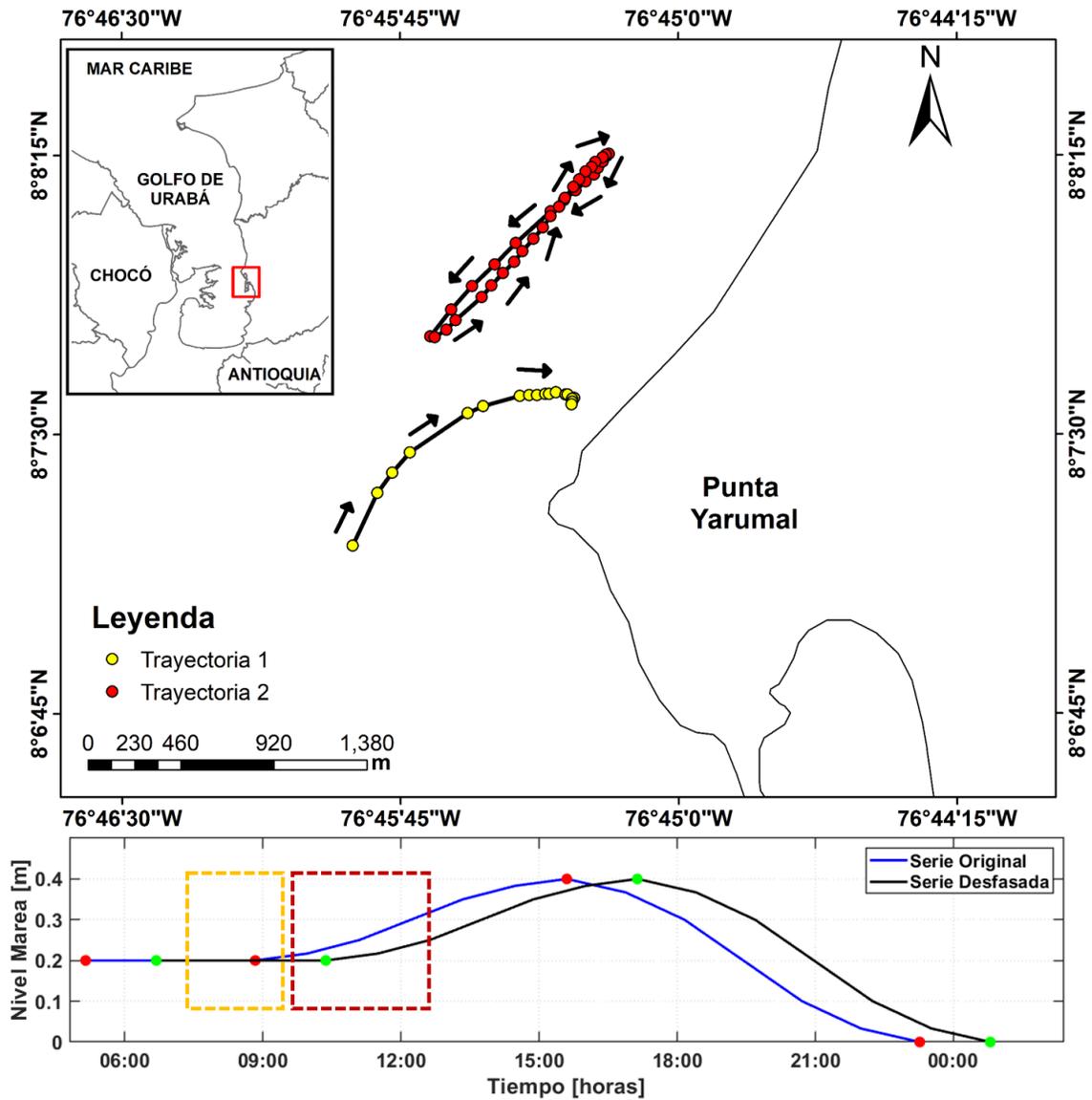


Figura 13. Trayectorias del derivador con draga y curva de marea meteorológica original y desfasada; trayectoria 1 (07:11 – 09:16) y trayectoria 2 (09:17-12:27).

En el caso del derivador sin draga, su dirección se realizó en dirección NE, permaneciendo cercano a la costa. En este caso, los resultados sugieren que el viento fue el principal modulador de su movimiento durante casi todo el tiempo de la medición (**Figura 12a, 12b y 12c**). Sin embargo, al final de la medición, entre las 15:32 pm - 17:15 pm, se puede notar que la dirección del viento cambió, esta vez en dirección SE (**Figura 12d**), y esto se relaciona con el comportamiento presentado por el derivador, donde se observa que este se dirige hacia la costa (**Figura 14**). La marea, que puede tener valores de hasta 0,4 m

(Figura 14 panel inferior), al parecer no muestra ningún efecto apreciable en la trayectoria del derivador sin draga.

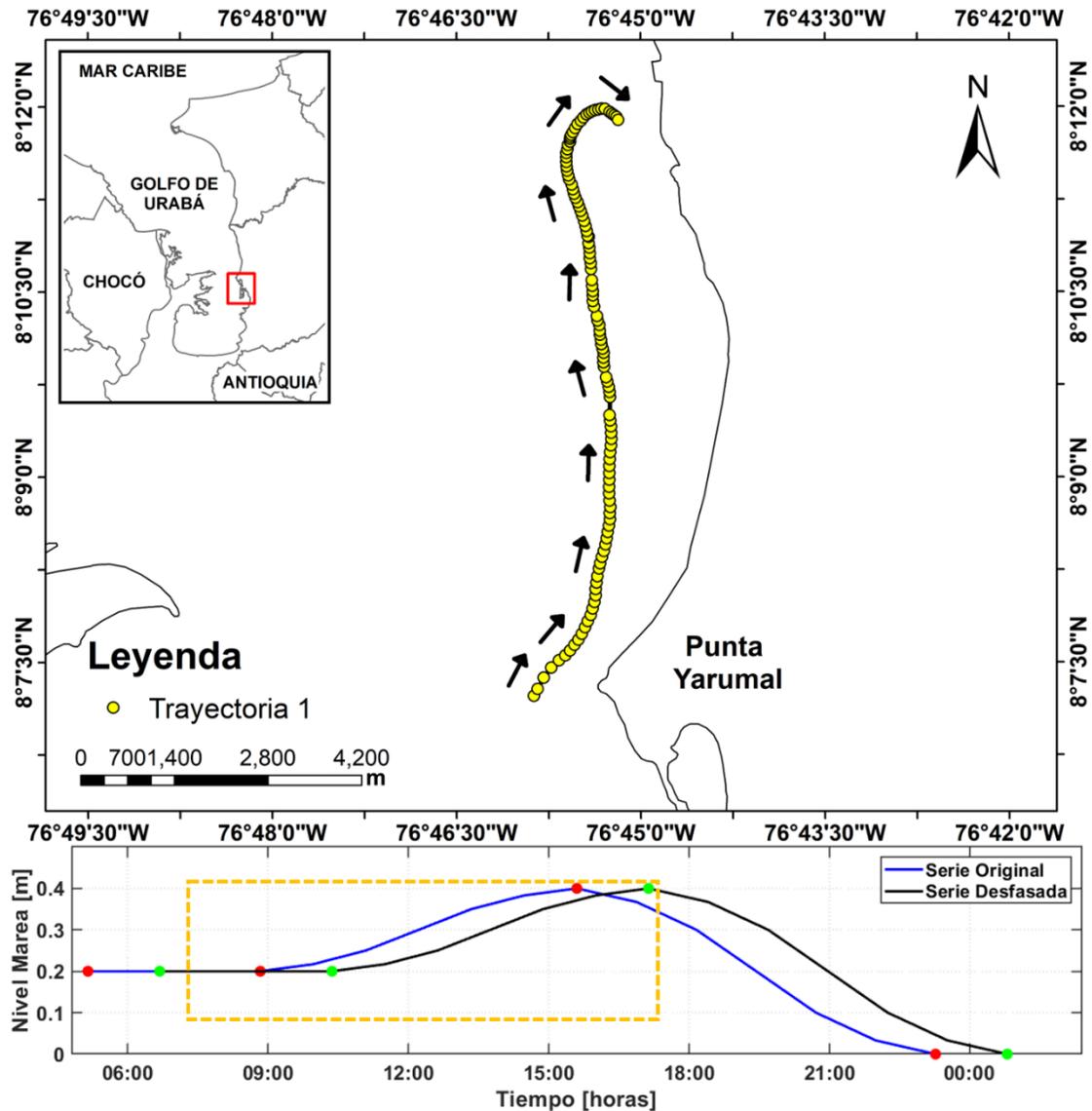


Figura 14. Trayectorias del derivador sin draga y curva de marea meteorológica original y desfasada; trayectoria 1 (07:11 – 17:15).

5.3 Taller del riesgo costero

El día 27 de octubre del 2021 se dio inicio al taller del riesgo costero el cual fue dirigido a las personas que integran los consejos municipales de gestión del riesgo y a personal del DAGRAN. Se inició con una bienvenida donde participaron todos los

docentes, el director del DAGRAN, el coordinador principal del proyecto PIMECLA y el personal encargado de apoyar en la logística.

Luego se procedió a dar inicio con el primer módulo a cargo del profesor Iván Darío Correa titulado *Geología y generalidades sobre procesos de superficie*, donde se presentaron conceptos básicos geológicos, composición de las rocas (mineralogía), formación, ciclo y deterioro. Por otro lado, también se presentaron los conceptos de fallas geológicas, diapirismo de lodos, movimientos en masa, entre otros. Estos temas se abordaron durante los días 27, 28 y 29 de octubre, posterior a las sesiones el profesor asignó una actividad donde los participantes debían leer un documento y presentar un resumen.

En la semana siguiente (3, 4 y 5 de noviembre) se realizó el módulo a cargo de la profesora Alba Cecilia Bustamante titulado *Geomorfología, procesos de superficie y suelos*, donde se complementaron los conceptos mencionados en el módulo 1. Además, se mencionaron conceptos como meteorización de las rocas, movimientos en masa y sus tipos, cuencas hidrográficas, tipos de sedimentos, aumento del nivel del mar, procesos de erosión, entre otros. Posterior a las sesiones, la profesora asignó una actividad donde los participantes debían resolver una serie de preguntas.

Siguiendo con lo establecido, en la semana siguiente (10, 11 y 12 de noviembre) se dio inicio al módulo tres a cargo del profesor Carlos Eduardo Gutiérrez titulado *Evolución de la línea de costa*, donde se desarrollaron los conceptos de métodos de medición de perfiles de playa, mediante el uso de bases de datos y equipos de bajo costo que permiten realizar las mediciones *in situ* entre otros.

Al finalizar el módulo tres, se realizó una salida de campo en los municipios de Turbo y Arboletes, los días 13 y 14 de noviembre, respectivamente. En este espacio cada docente realizó actividades prácticas relacionadas con los temas teóricos expuestos. El primer día de salida asistieron las personas pertenecientes a los consejos municipales de gestión del riesgo de los municipios de Apartadó, Turbo y Necoclí. Durante este espacio se trataron temas prácticos de las zonas costeras, su geomorfología entre otras cosas. Además, se analizó el retroceso de la línea de costa en el distrito de Turbo, apoyado por mapas físicos que ayudaron a ejemplificar su cambio histórico. Se realizaron actividades donde se observaba e identificaba la granulometría presente en Playa Dulce por medio del uso de lupas. En el tema contaminación la docente encargada realizó una pequeña charla donde

mencionó algunas fuentes de contaminación marina y lo que puede generar el alto contenido de nutrientes en el agua. Posterior a la charla se procedió con los asistentes a medir un perfil de playa usando un método de medición de bajo costo denominado *Puleo*. Finalmente, la última actividad desarrollada fue la medición de las corrientes superficiales, el cual consistió en arrojar una serie de cocos y medir el tiempo que tardaba en recorrer una distancia conocida, de esta manera se calculó la velocidad siendo esta una aproximación a la velocidad de la corriente superficial (**Figura 15**).



Figura 15. Salida de campo en el municipio de Turbo. Taller de gestión del riesgo.

En el segundo día de campo en el municipio de Arboletes se desarrollaron las mismas actividades que en Turbo, pero esta vez con las personas de los consejos municipales de gestión del riesgo de San Juan de Urabá, Arboletes y personal del DAGRAN quienes viajaron desde Medellín para la actividad. **(Figura 16)**



Figura 16. Salida de campo en el municipio de Arboletes. Taller de gestión del riesgo.

Durante ambas salidas se evidenció un gran interés por parte de los asistentes sobre los temas costeros, ya que al momento que iba avanzando la jornada y los docentes

combinaron los conceptos teóricos y prácticos en el marco de las condiciones de cada uno en sus municipios.

A la semana siguiente se dio inicio al módulo 4 (17, 18 y 19 de noviembre) a cargo de la profesora Mónica María Zambrano titulado *Contaminación en la zona costera*, en el cual se desarrollaron los temas relacionados con la contaminación provocada por accidentes, por actividades industriales y residuos urbanos, medio marino y calidad del agua. Posterior a las sesiones la docente dejó una actividad para que los asistentes la desarrollaran la cual consistía en identificar los contaminantes considerados de interés en el municipio en el que habita y las actividades que desde gestión del riesgo deben realizarse para mitigar la presencia de dicho contaminante.

Siguiendo con el módulo 5 (23, 25 y 26 de noviembre) a cargo del profesor Vladimir G. Toro titulado *Procesos costeros y oceánicos*, se introdujeron conceptos como lo son los procesos oceanográficos (oleaje, corrientes, ascenso del nivel del mar, gradientes de temperatura y salinidad), procesos costeros (corriente litoral, transporte de sedimentos, erosión) y movimientos lagrangianos y euleriano (concepto de velocidad, cálculo de distancia) entre otros. Posterior a las sesiones el docente asignó una actividad donde los asistentes debían descargar una aplicación en sus dispositivos móviles con el objetivo de obtener las coordenadas de una trayectoria aleatoria en un tiempo determinado.

Por último, en el módulo 6 (1, 2 y 3 de diciembre) a cargo de Marleny García titulado *Estimación del riesgo costero a partir de variable intrínsecas y su incorporación en el ordenamiento ambiental y territorial costero*, se desarrollaron conceptos como amenaza, vulnerabilidad y riesgo. Además, también se evidenciaron casos aplicados de vulnerabilidad en la costa de Arboletes y Turbo. Por otro lado, también se expusieron los principales elementos de: La política nacional ambiental para el desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia; el Plan de Ordenamiento y Manejo Integrado de la Unidad Ambiental Costera; el Plan de Ordenamiento Territorial y el Plan Maestro de Erosión Costera. Al finalizar la sesión la docente asignó una serie de artículos para que los asistentes las leyeran y fueran discutidos en una de las sesiones.

El día 3 de diciembre a las 6:00 pm se realizó la clausura del taller en riesgo costero donde participaron el director del DAGRAN, todos los docentes, el personal de logística y

los asistentes. Los asistentes dieron reconocimiento a la importancia de seguir desarrollando este tipo talleres, expresando que fue un espacio de mucho aprendizaje. Por otro lado, los docentes agradecieron a los asistentes por su disposición y participación en las clases.

5.3.1 Reporte de asistencia

Durante el desarrollo del taller, se tuvo una asistencia promedio de 10 personas por sesión (**Figura 17**). A pesar del horario laboral y las diferentes actividades programadas en su lugar de trabajo, los asistentes mostraron interés y esfuerzo para asistir a las clases.

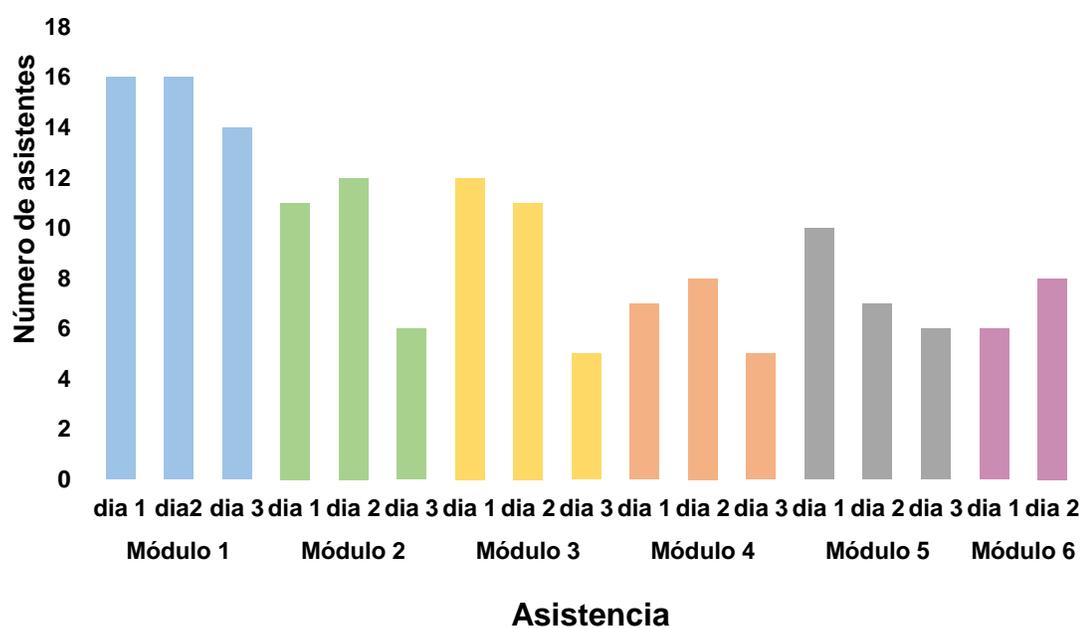


Figura 17. Asistencia a las sesiones en los diferentes módulos.

Luego de verificar el reporte de asistencia y la entrega de los trabajos propuestos se calculó la nota de los asistentes a ser certificados. Entre los aspectos a evaluar estuvo, una asistencia igual o mayor al 80 % y la entrega de los trabajos. De acuerdo con lo anterior, del total de 22 asistentes se certificaron 12 (**Tabla 6**).

Tabla 6. *Asistentes certificados en el taller de riesgo costero.*

NOMBRES Y APELLIDOS DE LOS ESTUDIANTES
ÁNGELA DUQUE RAMÍREZ
ARLEY ESNEIDER RIOS HIDALGO
CARLOS MANUEL MONTES HOYOS
CLAUDIA LILIANA CUARTAS BORJA
EMEVIS CARDOZA BARRIOS
GERALDIN MORELO MUÑOZ
JOSE ERASMO COPETE
LAURA DEL PILAR ECHEVERRI GARCIA
LUIS FELIPE ESPINOSA LOPERA
MARIA ANGELICA ARRIETA VEGA
MARIA CAMILA AGUIRRE PEREZ
NICOLAS PALACIOS CAICEDO

5.4 Actividades administrativas

A continuación, se presenta un resumen de las actividades administrativas con las cuales se apoyó al DAGRAN. Es de notar que las actividades fueron propuestas por la Geóloga Juana Ossa como parte de las funciones de practicante de excelencia (**Tabla 7**)

Tabla 7. *Actividades administrativas desarrolladas en el DAGRAN.*

OFICIOS	SUPERVISIÓN	PROYECTO
Respuesta a atención de observaciones por parte de la Red de Veedurías Urabá Antioquia.	Informe de seguimiento a la contratación estatal 1 (PIMECLA).	Control de erosión costera en la zona sur-oeste del volcán de lodo del municipio de Arboletes, en el departamento de Antioquia.
Respuesta a solicitud para visita al sector Punta Cangrejo (Punta Piedra) debido al problema de erosión costera.	Informe de seguimiento a la contratación estatal 2 (PIMECLA).	
Solicitud concepto ambiental adecuaciones menores lote Volcán de Lodo – municipio de Arboletes.	-----	Redacción de certificados.

6 Conclusiones

La implementación del sistema de medición de corrientes superficiales de bajo costo, usando un sistema de ubicación satelital (Spot Trace), mostró resultados adecuados como una aproximación al comportamiento de las corrientes costeras. El sistema de posicionamiento mostró ser rápido a la hora de enviar su ubicación, permitiendo tener un buen seguimiento del instrumento y una fácil recuperación.

Los resultados obtenidos sugieren que en las épocas en que se realizaron las campañas, las corrientes superficiales fueron moduladas principalmente por la acción del viento para los derivadores sin draga, con trayectorias en dirección promedio NE. Los derivadores con draga presentaron recorridos más cortos y su modulación depende del viento y en parte del nivel de la marea.

La marea no tuvo incidencia sobre el derivador sin draga en ninguna de las dos campañas y relativamente poco en el derivador con draga. Sin embargo, cuando se realizó la corrección por desfase, se pudo correlacionar el compartimento del derivador y el nivel de la marea, presentando movimientos en dirección hacia el Norte en bajamar y en dirección hacia el Sur en pleamar. Los talleres de riesgo costeros presentaron una gran acogida por parte del personal de los comités de riesgo municipales. En estos se desarrollaron conceptos básicos teóricos de los procesos costeros. La salida de campo permitió elaborar de manera práctica los conceptos teóricos. La participación de las personas y la evaluación del taller, demostraron la importancia de seguir realizando este tipo de capacitaciones a los habitantes de la zona costera que se encuentra en constante riesgo, ya sea por erosión o contaminación.

La respuesta oportuna a las solicitudes realizadas por parte de las comunidades costeras tiene gran importancia a la hora de enfrentar el riesgo. Por este motivo el DAGRAN y todos sus funcionarios se encuentran en constante contacto con las comunidades potencialmente afectadas por riesgos, y coordinando con las alcaldías y corporaciones ambientales para presentar soluciones que permitan mitigar el riesgo.

La relación constante que existe entre la Gobernación de Antioquia y la Universidad de Antioquia, ha demostrado ser una alianza de gran valor para ambas partes. Esto se debe a que el estudio de las zonas costeras y el constante monitoreo permite tomar decisiones adecuadas sobre la planificación del litoral Antioqueño, como se ha hecho hasta ahora con el programa PIMECLA.

7 Recomendaciones

En la implementación de los derivadores superficiales, se sugiere desarrollar aplicativos que permitan tener en línea de manera simultánea tanto la posición de la persona que esta con el dispositivo móvil rastreando el derivador como la ubicación del equipo. Esto con el objetivo de que sea más sencilla la recuperación del derivador. Por otro lado, una sugerencia es cambiar el sistema de encendido para que este se pueda realizar de manera externa, sin la necesidad de abrir la boya, esto con el objetivo de minimizar tiempo de activación del equipo.

En el desarrollo de los talleres de riesgo costero, se sugiere actualizar el contenido de cada uno de los módulos con información de los municipios, con el fin de garantizar que cada uno de los temas incorporen de manera fácil los conceptos que permitan una buena gestión del riesgo costero. Además, se sugiere mantener una comunicación constante con los comités de riesgo locales con el fin de que en futuros talleres se pueda tener una mayor asistencia.

Referencias

- Tablas de Marea. (2021). Tablas de mareas 2022 de Colombia para la pesca. Tabla de Marea. <https://tablademareas.com/co>.
- Bird, E. (1987). The modern prevalence of beach erosion. *Marine Pollution Bulletin*, 18(4), 151-157.
- Cardenas, L., Carrillo, S., Vergara, E. (2010). La boya de deriva para mediciones de corrientes oceánicas una aplicación tecnológica de bajo costo. Colombia: Escuela naval Almirante Padilla. <https://www.researchgate.net/publication/309480356>
- Colombia. Ministerio de ambiente (2021). Minambiente presentó Plan Maestro de Erosión Costera. Obtenido de: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/3572-minambiente-presento-plan-maestro-de-erosion-costera>.
- Correa, I. D., & Vernet, G. (2004). Introducción Al Problema De La Erosión litoral en Urabá (Sector Arboletes-Turbo) Costa Caribe Colombiana. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*, 33(1), 07-28.
- DAGRAN. (2021). Retrieved December 20, 2021, <https://dagran.antioquia.gov.co/>.
- el Ágora. (2019). El aumento del nivel del mar amenaza al 10% de la población mundial. <https://www.elagoradiario.com/desarrollo-sostenible/cambio-climatico/poblacion-aumento-nivel-mar-ciudades/>.
- Gobernación de Antioquia y Universidad de Antioquia. (2021). Informe del proyecto: generar conocimiento de la erosión costera a través de la implementación de una estrategia de trabajo conjunta y coordinada, con el desarrollo de la segunda fase del programa integral para el monitoreo y mitigación de la erosión costera en el litoral antioqueño (PIMECLA fase II).
- Hernández Morales, D. P., Romaña Torres, Y. (2010). Patrones de circulación superficial entre los sistemas costeros de punta las vacas y la abertura de Bahía el Uno, Turbo, Antioquia.
- Narváez, L., Lavell, A., & Pérez, G. (2009). La gestión del riesgo de desastres. Secretaría General de la Comunidad Andina.
- Ocampo, M., & Santa Catarina, C. (2019). Gestión del Riesgo de Desastres.
- Paniagua Arroyave, J. F. (2013). Migración histórica actualizada y predicción de la posición de la línea de costa en sectores acantilados críticos del litoral antioqueño, considerando escenarios de ascenso del nivel del mar (Doctoral dissertation, Universidad EAFIT).
- RED ATLÁNTICA PARA LA GESTIÓN DE LOS RIESGOS COSTEROS, Riesgos costeros: cómo reconocerlos y enfrentarse a ellos. (2017). pp.4-5.
- Thomas, Y. F., Cesaraccio, M., Garc, C., & Ménanteau, L. (2007). Contribución de la hidrografía histórica al estudio de la cinemática de los fondos marinos: evolución del golfo de Urabá, Colombia. *Boletín Científico CIOH*, (25), 110-119.