

PATRONES DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN PLAYA LA MARTINA  
DURANTE LA ÉPOCA HÚMEDA

ANNIE KELLY ROBLEDO POSADA

Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de ingeniera  
oceanográfica

Asesor:

Alfredo Jaramillo Vélez

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA OCEANOGRÁFICA  
TURBO, ANTIOQUIA

2019



## **Dedicatorias**

Yo Annie Kelly Robledo Posada dedico este trabajo de grados primeramente a Dios que me ha dado la salud, fortaleza y perseverancia para culminar este trabajo y como segundo Dedico este trabajo de grado a mis padres, abuelos y demás familiares quienes siempre han estado conmigo en los buenos y malos momentos, brindándome su apoyo incondicional, amor y comprensión, en especial a mi abuela Elvia Rosa Zapata por siempre estar preocupada por mi bienestar y por brindarme un gran apoyo y buenas energías en los momentos de desesperación.

## **Agradecimientos**

Quiero agradecerle a mi asesor Alfredo Jaramillo Vélez por la paciencia, el apoyo y el acompañamiento incondicional, por ayudarme a crecer como una buena profesional y buena persona, por enseñarme el valor de la comunicación, del trabajo en equipo y de la responsabilidad.

Agradezco de igual forma al profesor Carlos Gutiérrez por dedicarme tiempo y por su paciencia para el aprendizaje del buen manejo del programa de ArcGIS.

Agradecerle también al equipo del proyecto de erosión costera que estuvo trabajando muy de la mano con mi proyecto, por brindarme apoyo y por transmitirme conocimientos de gran valor durante todo el proceso de mi trabajo de grado, especialmente a las personas que con una gran voluntad se prestaron para ayudar en las mediciones en campo.

Igualmente agradezco a Simona del Mar por brindarme la confianza como futura ingeniera oceanográfica de trabajar en los estudios del lugar, y brindarnos un apoyo constante en cada una de las actividades del proyecto.

También agradezco a mi compañero Estiben Ramírez y Wilmar Mosquera por el arduo acompañamiento en campo y Andres Felipe Cartagena por las asesorías prestadas.

# CONTENIDO

Lista de Figuras .....	1
Lista de tablas .....	1
Resumen.....	3
Abstract .....	5
1. Introducción.....	6
2. Objetivos.....	8
2.1    Objetivo general .....	8
2.2    Objetivos específicos .....	8
3. Marco teórico .....	9
3.1    Zona costera .....	9
3.1.1    Línea de costa .....	10
3.1.2    Erosión.....	10
3.1.3    Acreción.....	10
3.2    Clasificación de las playas .....	11
3.2.1    Playas reflejantes .....	11
3.2.2    Playas disipativas .....	12
3.2.3    Playas con barra longitudinal y seno.....	13
3.2.4    Playas con barras rítmicas .....	14
3.2.5    Playas con barras transversales y corrientes de retorno .....	14
3.2.6    Playa con terraza de bajamar .....	15
3.3    Levantamientos batimétricos.....	16
3.3.1    Orden Especial .....	16
3.3.2    Orden 1a.....	16
3.3.3    Orden 1b.....	17
3.4    Clasificación de los sedimentos para las playas .....	17
3.5    Transporte de sedimentos y corrientes .....	19
3.5.1    Tipos de transporte de sedimento.....	19
3.5.2    Parámetros granulométricos.....	20
3.5.3    Corrientes.....	21
3.6    Vientos .....	22

3.6.1	Alisios .....	22
4.	Metodología.....	23
4.1	Área de estudio .....	23
4.2	Derivadores.....	26
4.3	Trampas de sedimento .....	27
4.4	Granulometría .....	30
4.5	Batimetría .....	32
5	Resultados y análisis.....	33
5.2	Corrientes y vientos playa La Martina .....	33
5.3	Batimetría playa La Martina.....	45
5.4	Sedimentos.....	46
5.4.1	Trampas de sedimentos .....	46
5.4.2	Fotografías aéreas.....	54
6.	Conclusiones .....	58
7.	Recomendaciones .....	59
8.	Referencias Bibliográficas.....	60
9.	<b>Anexos</b> .....	63

## Lista de Figuras

<i>Figura 1: Playa reflejante.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 2: Estado de una playa disipativas.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 3: Playa con barra longitudinal.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 4: Playas con barras rítmicas.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 5: Playa con barras transversales y corrientes de retorno.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 6: Playa con terraza de bajamar.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 7: Modos de transporte de los sedimentos.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 8: Ubicación geográfica de Área de estudio.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 9: Derivador utilizado en campo durante la época húmeda en playa La Martina.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 10: Ubicación del lanzamiento de los derivadores por los sectores definidos.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 11: Trampa de sedimentos utilizada en campo.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 12: Ubicación por sectores de las trampas de sedimentos a lo largo de playa La Martina.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 14: Pasos para la granulometría.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 16: Cuarteo de los sedimentos.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 15: Distribución de los puntos de datos del levantamiento batimétrico.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 16: Dirección y trayectoria de corrientes superficiales en playa La Martina, obtenidas a partir de derivadores en agosto de 2018.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 17: Sobreposición del tiempo de los lanzamientos en la curva de marea en Turbo del 14 de agosto de 2018.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 18: Sobreposición del tiempo de los lanzamientos en la curva de marea de Turbo del 15 de agosto del 2018.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 19: Rosa de los vientos de agosto 2018 con direcciones hacia donde va.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 20: Dirección y trayectoria de corrientes superficiales en playa La Martina, obtenidas a partir de derivadores en noviembre de 2018.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 21: Sobreposición del tiempo de los lanzamientos en la curva de marea en Turbo del 4 de noviembre de 2018.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 22: Sobreposición del tiempo de los lanzamientos en la curva de marea en Turbo del 5 de noviembre de 2018.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 23: Rosa de los vientos de noviembre del 2018 en dirección hacia donde van.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 24: Dirección y trayectoria de corrientes superficiales en playa La Martina.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 25: Sobreposición del tiempo de los lanzamientos en la curva de marea en Turbo del 29 de noviembre de 2018.....</i>	<i>42</i>

<i>Figura 26: Sobreposición del tiempo de los lanzamientos en la curva de marea en Turbo del 5 de noviembre de 2018.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 27: Rosa de los vientos de diciembre del 2018 en dirección hacia donde van.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 28: Batimetría con nube de puntos de datos de profundidad y posición tomados en campo en época húmeda de la playa La Martina. ....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 29: Esquema gráfico de la tasa de sedimentos por trampa de la primera medición (17 de agosto del 2018). ....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 30: Esquema gráfico de la tasa de sedimentos por trampa de la segunda medición 8 de diciembre de 2018.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 31: Fotografía aérea zona norte-norte julio y diciembre de 2018. ....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 32: Fotografías aéreas zona centro – Simona del Mar– Martina.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 33: Fotografías aéreas zona sur.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 34: Fotografías aéreas zona sur – desembocadura del rio Cope.....</i>	<i>57</i>

## Lista de tablas

<i>Tabla 1: Clasificación según el tamaño de los sedimentos. ....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 2: Información de las corrientes de agosto de 2018. ....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 3: Información tabulada de rosa de vientos del 14 y 15 de agosto del 2018. ....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 4: Información de las corrientes de 4 y 5 noviembre de 2018. ....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 5: Información de la corriente correspondiente al Track 05_nov_2018. ....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 6: Información tabulada de rosa de vientos del 4,5 y 29 de noviembre del 2018.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 7: Tabla de información de las corrientes del 29 de noviembre y 6 de diciembre.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 8: Información tabulada de rosa de vientos del 29 de noviembre y 6 de diciembre del 2018. ....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 9: Tasa de sedimentos de la primera campaña de medición (17 de agosto de 2018). ....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 10: Tasa de sedimentos de la segunda campaña de medición (8 de diciembre de 2018).....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 11: Comparación por campaña de medición de la granulometría de las trampas de sedimento instaladas en playa La Martina. ....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 12: Resultados de parámetros granulométricos. ....</i>	<i>52</i>



## Resumen

La zona costera de playa La Martina, es un lugar donde se ha visto la necesidad de realizar estudios oceanográficos y costeros, debido a la poca información sobre su hidrodinámica y por los constantes reclamos de la comunidad a causa de la erosión que allí se presenta. En este sentido se inició con la toma de una serie de datos en el tiempo, comenzando con la época húmeda del año 2018, las variables tenidas en cuenta en el presente trabajo fueron corrientes superficiales mediante derivadores lagrangianos, transporte de sedimentos en suspensión mediante trampas de sedimento en la zona de surf y cambio en la línea de costa analizado cualitativamente a partir de fotografías aéreas obtenidas a través de vuelos de drones. Las mediciones se realizaron al menos 2 veces durante la época húmeda mostrando como es mayor la velocidad y la trayectoria de las corrientes hacia el sur, con velocidades máximas de hasta 27,5 cm/s y con trayectorias de hasta 1006 m en 2 horas, también se observó que la dirección predominante de las corrientes es hacia el sur, en donde se presentan también las máximas velocidades pero con una menor retención de sedimentos comparados con una cantidad considerable de captación de sedimentos en la sección centro de playa La Martina, indicando una mayor dinámica en la parte sur, lo cual coincide con las observaciones hechas a partir de las fotografías aéreas realizadas en inicios y finales de la época húmeda. Por otro lado, se caracterizó el material transportado en suspensión, siendo este constituido principalmente por arenas muy finas, con un pequeño porcentaje de arenas medias.

**Palabras claves:** Playa, línea de costa, transporte de sedimentos, dinámica, corrientes, época húmeda.

## Abstract

The coastal zone of playa La Martina, is a place where the need for oceanographic and coastal studies has been seen, due to the little information about its hydrodynamics and the constant claims of the community because of the erosion that occurs there. In this sense it began with the taking of a series of data in time, beginning with the wet season of 2018, the variables taken into account in the present work were surface currents measured by lagrangian drifters, transport of sediments in suspension measured by traps of sediment in the surf zone and coastline change analyzed qualitatively by photographs areas obtained through drone flights. Measurements were made at least 2 times during the wet season showing how the speed and trajectory of the currents are greater to the south, with maximum speeds of up to 27.5 cm/s and with trajectories of up to 1006 m in 2 hours, it was also observed that the predominant direction of the currents is towards the south, where the maximum speeds are also presented but with lower sediment retention compared to a considerable amount of sediment uptake in the center section of playa La Martina, indicating a greater dynamics in the southern part, which coincides with the observations made from the aerial photographs taked at the beginning and end of the wet season. On the other hand, the material transported in suspension was characterized, being this mainly constituted by very fine sands, with a small percentage of medium sands.

**Keywords:** Beach, waterfront, sediment transport, dynamics, currents, wet season.

## 1. Introducción

Se tiene entendido que los territorios costeros favorecen la concentración de la población, debido a las facilidades del medio marino para ciertas actividades como la pesca, la industria, el turismo o el transporte. Esta elevada concentración de la población mundial provoca en los ecosistemas costero marinos dinámicos y frágiles, graves deterioros. Que suelen evolucionar hasta convertirse en importantes problemas costeros y conflictos sociales porque se traducen en la pérdida o cambios no favorables de importantes servicios eco sistémicos y el deterioro significativo de un ecosistema funcional al medio ambiente. (De Andrés y Barragán, 2016).

Dentro de estos territorios costeros se encuentra la zona de Urabá la cual es un polo de desarrollo indiscutible, dada su posición geoestratégica, que le permitiría ser un pilar fundamental en el papel que juega Colombia en la globalización de mercados. De acuerdo con estas posibilidades, la navegabilidad, el diseño de infraestructura marina, la dinámica del litoral y el ecosistema marino del golfo son temas que se tornan relevantes y urgentes ante la magnitud de las inversiones previstas en el corto y mediano plazo (Bird, 2007).

Este sector es visto también como un sector de gran importancia para comprender los ecosistemas, gestionar el territorio y poner en marcha iniciativas en pro del sistema costero. Todo parte, de que cuenta con una riqueza considerable de playas de gran diversidad, dinamismo y algunos otros atractivos como su fauna y flora alrededor de toda su línea de costa, formando así un potencial turístico desde las costas de Turbo, pasando por Necoclí, siguiendo por San Juan y llegando hasta Arboletes, sin embargo, se observa que la erosión costera representa el principal problema que aqueja el litoral antioqueño

Particularmente, en el caso de la erosión, encontramos que es ocasionada por varios factores, entre ellos los asentamientos inadecuados, la extracción de material de playa, la desviación de los ríos, la tala de mangles y otras especies de tipo estuarino que ayudan al afianzamiento del sedimento. (Montoya, 2010).

Por otro lado, opuesto a la erosión esta la acreción que se puede dar como resultados de procesos naturales o antrópicos, como el posicionamiento de una obra de protección que interrumpa el equilibrio de la costa, generando acumulación de sedimentos en ciertas partes, pero incrementando en otras, dándose también gracias a las corrientes superficiales, que conducen los sedimentos a determinados puntos, generando una acumulación de sedimentos en el mismo.

Sin embargo, bajo una mirada desde la gestión de riesgo litoral, el principal problema que afecta a los pobladores y comerciantes de la playa es el proceso de erosión constante en las playas del golfo, particularmente en la playa “La Martina”, que es el objeto de interés de la presente investigación.

Algunos propietarios de casas y negocios lindantes a la playa La Martina y que viven del turismo, consideran construir alguna estructura o arreglo de diferentes materiales, pretendiendo recuperar de alguna manera el sedimento que han perdido en el caso de tener problemas de erosión.

Estas obras de protección costera, conllevan a que hayan inconvenientes entre los mismos residentes de la zona, ya que estas pueden generar una alteración en la dinámica de transporte de sedimentos, en otras palabras, al retener sedimentos en un punto, se deja de aportar sedimentos a otro, lo cual puede generar problemas de erosión, corriente abajo de cada estructura, sin embargo hay diseños de obras más perjudiciales que otros, como es el caso de aquellos que se proyectan en dirección transversal a la línea de costa, o la de material rígido, ya que interfieren más en la dinámica sedimentaria al compararlas con aquellas paralelas o porosas que permiten un poco más el transporte longitudinal de sedimentos.

A esta problemática de erosión se le suma la poca información de estudios oceanográficos e ingenieriles que respalden y den claridad sobre la hidrodinámica a lo largo de la línea de costa, por lo cual, estudiar la hidrodinámica local de una playa turística como La Martina, cobra importancia para la solución de conflictos asociados a los usos y acciones llevadas a cabo en la playa y para el aporte investigativo y científico de datos oceanográficos del lugar.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Determinar los patrones de transporte de sedimentos de playa La Martina durante la época húmeda.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Determinar los posibles patrones de transporte de sedimentos en suspensión a lo largo de playa La Martina.
- Identificar y analizar el comportamiento de las corrientes superficiales de playa La Martina
- Caracterizar los sedimentos en suspensión de playa La Martina.

### 3. Marco teórico

Las zonas costeras son una pequeña parte territorial del planeta y en lo que concierne a las áreas litorales de América Latina y Caribe (ALC) trata de una franja que supone entre el 4% (Small y Nicholls, 2003) y el 15% (UNEP, 2006) de la superficie terrestre. Además, en ALC alberga ecosistemas costero marinos de gran importancia como manglares y arrecifes de coral. Por ello, la ocupación del suelo y el cambio de usos por la continua urbanización del litoral, constituye un tema de especial trascendencia (Barragán y De Andrés, 2016).

Pero las costas en general son zonas con gran dinámica, donde las variaciones del nivel del mar, del nivel de los terrenos, acción dinámica del oleaje y los procesos de sedimentación juegan un papel muy importante en su naturaleza cambiante, ocasionando generalmente transporte de sedimentos, a consecuencia del cual se producen tantos retrocesos (erosión) así como como avances (acreción) de la línea de costa y de la plataforma costera (Gómez, 2016).

Dentro de los agentes dinamizadores que se mencionaban anteriormente, que influyen en variación de la línea de costa vale la pena destacar el oleaje, las mareas, las corrientes, el viento y por supuesto, la acción del hombre, quien, a través de construcciones, dragados, vertidos, entre otros, acelera muchas veces el proceso natural de la dinámica de la playa.

Debido a que estos agentes hidrodinámicos que intervienen en la línea de costas y cambian sensiblemente de acuerdo a procesos de distintas escalas espaciales y temporales, como las épocas climáticas, se hace entonces así necesario caracterizarlos para así poder determinar con mayor certeza el comportamiento temporal de una playa, a través de diferentes metodologías de trabajo costeros como los que se utilizaron en este proyecto.

A continuación, se desarrollarán algunos conceptos bases necesarios para la comprensión del presente trabajo.

#### 3.1 Zona costera

Se considera como zona costera a la amplia eco región con intensas interacciones físicas, biológicas y socioeconómicas, dónde ocurre un dinámico intercambio de energía y materiales entre el continente, las aguas dulces, la atmósfera y el mar adyacente (Yáñez-Arancibia y Day, 2010).

### 3.1.1 Línea de costa

Según (Guzmán et al., 2008). La línea de costa es la zona de contacto entre el mar y la tierra seca (arena) y se caracteriza por representar la interacción de la rompiente de las olas, el aumento o descenso de las mareas, la descarga de sedimentos de los ríos, las corrientes lejanas y cercanas, procesos biológicos, el lento cambio del nivel del mar, el ascenso o descenso de los continentes y la actividad del ser humano.

La posición de la línea de costa refleja el balance de sedimentos en la costa, y sus variaciones pueden indicar efectos naturales o inducidos por el hombre a lo largo de la misma o en las cuencas fluviales cercanas. La evolución del litoral costero está dada por la interacción de las formaciones rocosas o sedimentarias que lo conforman, las estructuras que lo afectan, los agentes hidrodinámicos y los factores antrópicos (Posada y Henao, 2008).

Estas variaciones de la línea de costa son un fenómeno natural que ha ocurrido durante toda la historia de la tierra, y parte de su evolución se refleja como erosión o como acreción (Erosión, 2004).

### 3.1.2 Erosión

Es entendida como el retroceso de la línea de costa ocasionando la destrucción de cientos de kilómetros de playa o como la pérdida de terrenos que albergan ecosistemas costeros o que son aptos para las actividades.

La erosión es también el resultado de un exceso de remoción de sedimentos respecto al aporte suministrado al área en un determinado período, Aunque la erosión de las zonas costeras es un proceso que siempre se ha dado, parece haberse acelerado a partir de los años 70's y 80's (Posada y Henao, 2008).

### 3.1.3 Acreción

La acreción costera es definida como la acumulación de sedimentos (sedimentación) y la consolidación de terrenos por encima del nivel de las mareas, estos procesos de acreción son propios de las costas bajas y dan lugar al desarrollo y crecimiento de las playas y otras formas de acumulación costera (Carter, 1988).

Hoy en día los procesos de acreción son escasos, la regulación de los cursos fluviales generalizada en las últimas décadas, ha supuesto una merma importante en los sedimentos aportados por los ríos al mar, la fuente principal de alimentación de las playas procede precisamente de dichos aportes. Las arenas son distribuidas a lo largo de la costa por el transporte longitudinal que efectúan las corrientes de deriva inducidas por el oleaje. La proliferación de estructuras costeras de diverso tipo, causa una interceptación de los sedimentos implicados en dicho transporte, teniendo como resultado, que la mayoría de las playas posee un subsistema de Áreas Marinas Protegidas – SAMP.

## 3.2 Clasificación de las playas

Esta clasificación se puede dar a partir del tamaño o distribución del sedimento, magnitud de su pendiente, dinámica del oleaje y morfología de la misma.

### 3.2.1 Playas reflejantes

Según (Vidal, Losada y Medina,1995) las playas reflejantes se forman bajo condiciones de oleaje, poco energético en zonas protegidas y constituidas por sedimentos gruesos, es usualmente uniforme, de pendiente pronunciada y las rompientes son en colapso o en oscilación, sobre el frente de playa.

El frente de playa es estrecho y de gran pendiente, terminado generalmente en un escalón de playa compuesto por los materiales más gruesos.



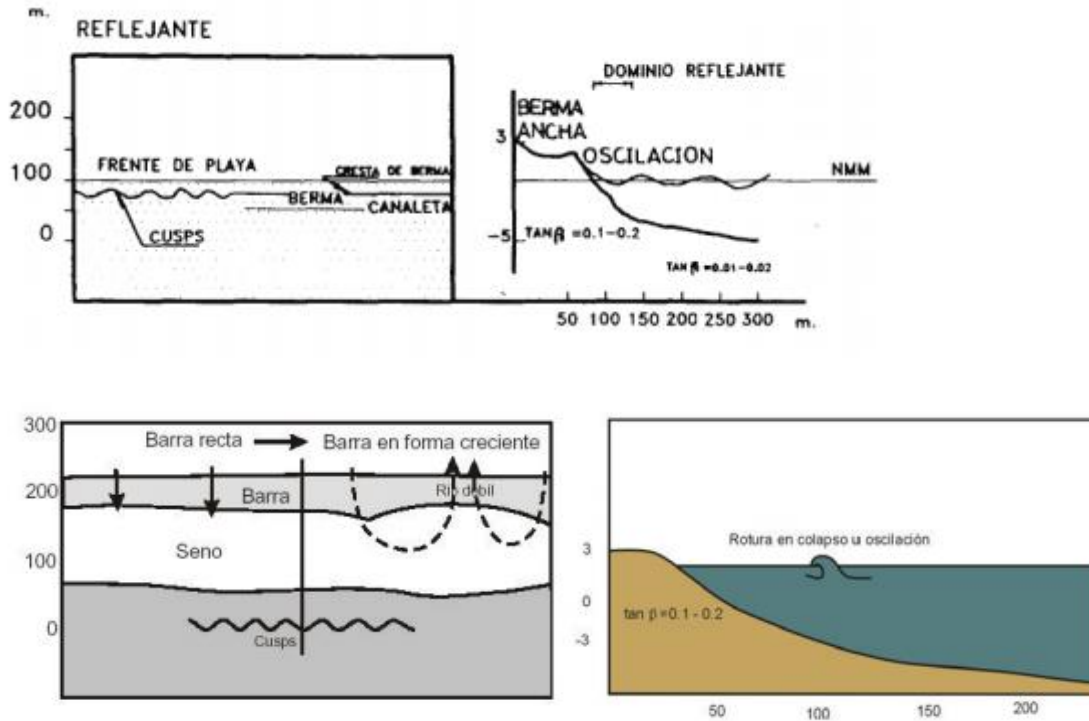


Figura 1: Playa reflejante.

Tomado y modificado de (Gutiérrez, 2011).

### 3.2.2 Playas disipativas

Las playas disipativas son caracterizadas por ser aplanadas, por tener una pendiente suave, arenas finas o medias, pueden poseer varias barras longitudinales paralelas a la línea de costa y separadas y dada la geometría bidimensional del sistema, las corrientes de retorno son prácticamente inexistentes por senos poco marcados que contribuyen a la disipación del oleaje. Los pequeños gradientes batimétricos favorecen la rotura en descrestamiento, lo que provoca una disipación progresiva de la energía del oleaje y da lugar a una ancha zona de rompientes, esta zona se evidencia por el rastro blanco de espuma que deja este tipo de rotura a su paso. La playa disipativas suele tener una zona de swash muy ancha y una altura de ola en el frente de playa muy pequeña, debida a la eficiente disipación sufrida por el oleaje en su avance. (Gutiérrez, 2011) y (Vidal, Losada y Medina;1995)

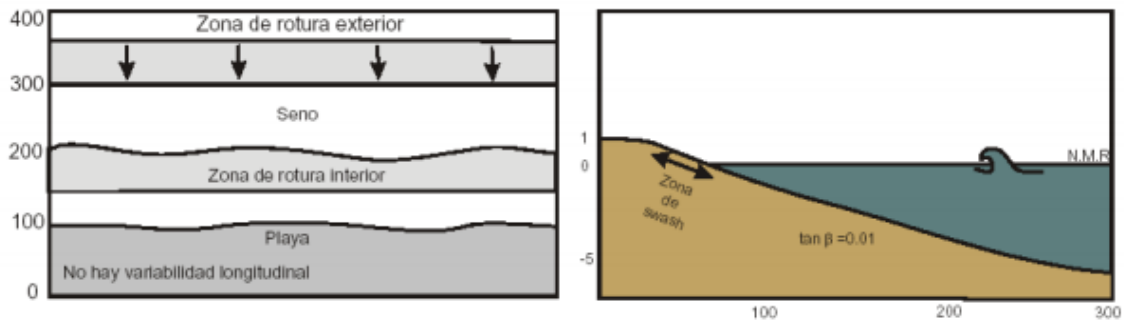


Figura 2: Estado de una playa disipativas.

Tomado de (Gutiérrez, 2011).

### 3.2.3 Playas con barra longitudinal y seno

Este tipo de playa se caracteriza por la presencia de al menos una barra longitudinal acusada y de perfil asimétrico, con el lado de tierra con mayor pendiente. En esta barra ocurre la rotura del oleaje. El incremento de la profundidad en el seno provoca que el oleaje se recomponga y vuelva a romper sobre el frente de playa; De este modo, aparecen dos zonas de rompientes paralelas y estrechas. La ruptura del oleaje suele ser tipo surging o colapso.

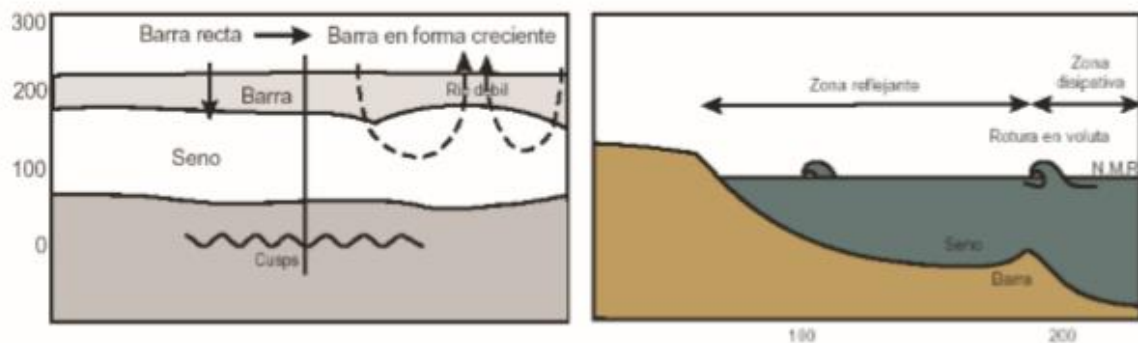


Figura 3: Playa con barra longitudinal.

Tomado de (Gutierrez,2011).

### 3.2.4 Playas con barras rítmicas

El estado de playa y barra rítmicas se caracteriza por la presencia de ondulaciones más o menos periódicas en el espacio. De este modo, aparecen unas formas aconchadas con sus lados cóncavos opuestos entre si tanto en la cara interior de la barra como en el frente de playa, como muestra la Figura 5. En el caso de las corrientes, se presentan corrientes de retorno generando sistemas circulatorios rítmicos a lo largo de la playa.

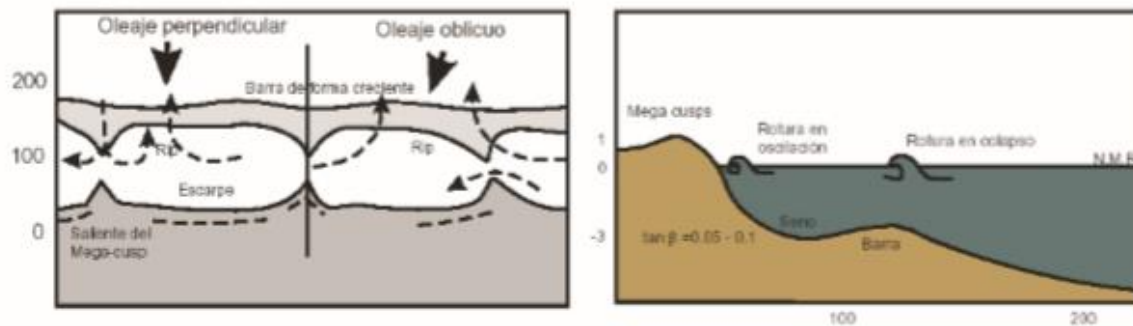


Figura 4: Playas con barras rítmicas.

Tomado de (Gutierrez,2011).

### 3.2.5 Playas con barras transversales y corrientes de retorno

Este estado aparece, en la secuencia de acreción, cuando el desarrollo transversal de las barras y el frente de playa llegan al extremo de que los salientes opuestos llegan a unirse formando una especie de puente entre el frente de playa y la barra, este esquema produce unas “barras transversales” de perfil disipativo alternando con zonas más profundas y de perfil más reflejante por donde se canalizan intensas corrientes de retorno, que constituyen el elemento más característico de este estado de playa por su intensidad y su persistencia (Gutiérrez, 2011).

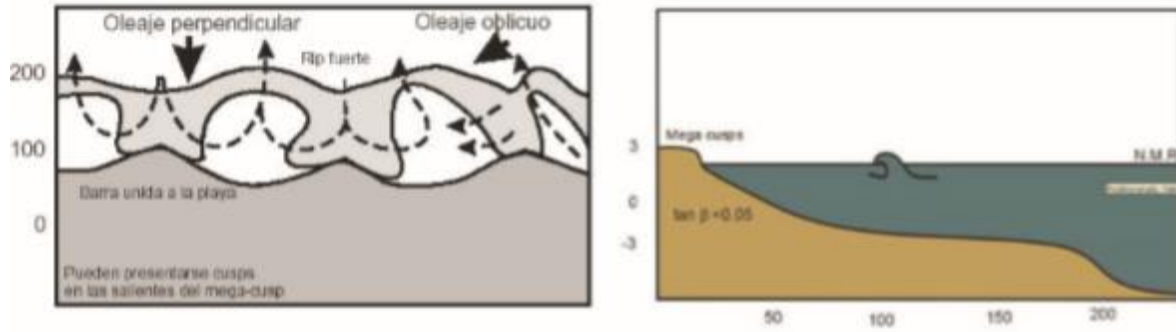


Figura 5: Playa con barras transversales y corrientes de retorno.

Tomada de (Gutiérrez, 2011).

### 3.2.6 Playa con terraza de bajamar

En este caso la barra migra hacia tierra fundiéndose con el propio frente de playa y dejando un pequeño socavón a lo largo de ellos. En las playas con terraza de bajamar se aprecia la presencia de débiles corrientes de retorno en puntos determinados, La playa con terraza de bajamar es reflejante en pleamar y ligeramente disipativas en bajamar y caracterizada por ser uno de los estados de playa menos energéticos.

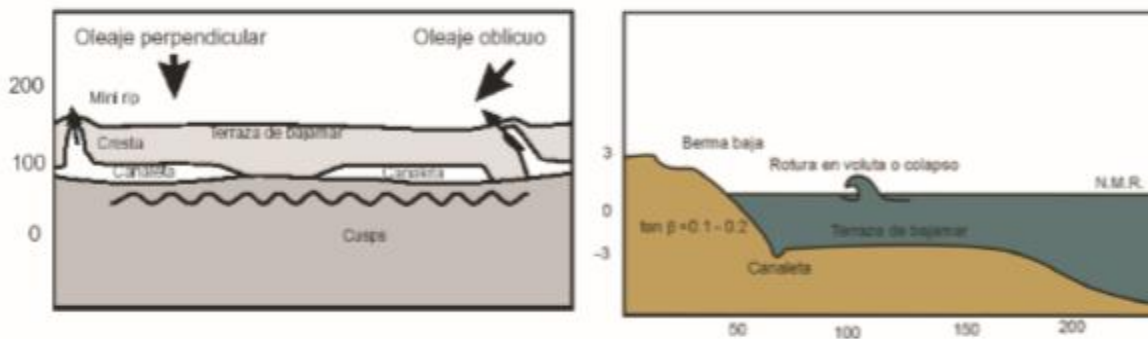


Figura 6: Playa con terraza de bajamar.

Tomada de (Gutiérrez, 2011).

### 3.3 Levantamientos batimétricos

La finalidad de las batimetrías como en cualquier levantamiento, es la obtención de las coordenadas X, Y, Z de los puntos sumergidos. La determinación de la profundidad recibe el nombre de sondeo y consiste en medir la distancia vertical entre el nivel del agua y la superficie del fondo.

Antiguamente, para la realización de este tipo de trabajo las técnicas que usaban era descolgar por el lateral del barco un cable o una cuerda pesada de longitud conocida definiendo la profundidad toda la parte que quedaba sumergida. La mayor limitación que tiene esta operación es que mide la profundidad de un solo punto cada vez y también resulta imprecisa porque está sujeta a los movimientos del barco, las mareas y las corrientes que afectan al cable o cuerda.

Hoy en día se utilizan métodos en el que el barco se posiciona con la ayuda del GPS y se obtienen datos de profundidad mediante técnicas sónicas utilizando ecosondas multihaz (Ballester y Gracia, 2010)

Hay definidos cuatro órdenes de levantamiento que varían con respecto a la profundidad del agua y por los tipos de embarcaciones que se espera que naveguen en el área con la finalidad de realizar una navegación segura, estos levantamientos son:

#### 3.3.1 Orden Especial

Este es el más riguroso de los órdenes y su uso se destina solamente para aquellas áreas donde es crítica la separación entre la quilla de las embarcaciones y el fondo marino ya que la separación quilla-fondo es crítica, se considera inverosímil que los levantamientos de orden especial sean conducidos en aguas más profundas a 40 metros. Los ejemplos de las áreas que pueden justificar levantamientos de orden especial son: áreas de atraque, puertos y áreas críticas de los canales de navegación.

#### 3.3.2 Orden 1a

Este orden se destina para aquellas áreas donde el mar es suficientemente poco profundo como para permitir que rasgos naturales o artificiales en el fondo marino constituyan una preocupación para el manejo de la embarcación.

### 3.3.3 Orden 1b

Este Orden es apropiado para áreas menos profundas que 100 metros, donde una descripción general del fondo marino es adecuada para el tipo de embarcaciones que se espera transiten por el área. (NOHI, 2018).

## 3.4 Clasificación de los sedimentos para las playas

Los sedimentos son partículas movidas por agentes físicos como el viento, las olas, las corrientes y la gravedad. Según su origen, pueden ser aquellos que se generan por la degradación de rocas locales o que consisten en granos derivados de partes del cuerpo de organismos que habitan en las zonas costeras, o aquellos que se derivan de la meteorización física y química de rocas continentales que forman granos compuestos por un mineral o una mezcla de minerales, como, por ejemplo, el cuarzo y la arcilla en las zonas costeras y en algunos lugares hay arena que contiene hierro, feldespato o, incluso, yeso.

Las propiedades que definen a los sedimentos son el tamaño de las partículas, su densidad y forma. Todas estas, determinan en gran medida la respuesta de los granos ante las fuerzas que tienden a moverlos ya sea por causa del viento o del agua y, a su vez, se relacionan de manera directa con variables como la velocidad de caída vertical, la porosidad y la dureza.

En geología se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0,063 y 2 mm. Una roca consolidada y compuesta por estas partículas se denomina arenisca. Las partículas por debajo de los 0,063 mm y hasta 0,004 mm se denominan limo, y por arriba de los 2 mm y hasta los 64 mm se denominan grava (Velásquez, 2013).

Tabla 1: Clasificación según el tamaño de los sedimentos.

Tomada de (Velásquez, 2013).

Nombre	Rango de tamaños	
	(mm) (D)	( $\mu$ m)
Cantos rodados grandes	256-128	
Cantos rodados pequeños	128-64	
Grava muy gruesa	64-32	
Grava gruesa	32-16	
Grava media	16-8	
Grava fina	8-4	
Grava muy fina	4-2	
Arena muy gruesa	2-1	2000-1000
Arena gruesa	1-0,5	1000-500
Arena media	0,5-0,25	500-250
Arena fina	0,25-0,125	250-125
Arena muy fina	0,125-0,062	125-62
Limo grueso	0,062-0,031	62-31
Limo medio	0,031-0,016	31-16
Limo fino	0,016-0,008	16-8
Limo muy fino	0,008-0,004	8-4
Arcilla gruesa	0,004-0,002	4-2
Arcilla media	0,002-0,001	2-1
Arcilla fina	0,001-0,0005	1-0,5
Arcilla muy fina	0,0005-0,00024	0,5-0,24

El sedimento de la zona litoral presenta habitualmente una disminución del tamaño de grano desde la línea de costa hacia la plataforma continental. Esta gradación del tamaño de grano del sedimento se debe a la disminución de la energía de los flujos de transporte hacia la plataforma, aunque la presencia de corrientes mareales de elevada intensidad puede interrumpir la gradación en algunas playas.

## 3.5 Transporte de sedimentos y corrientes

### 3.5.1 Tipos de transporte de sedimento.

Una vez los sedimentos inician el movimiento, pueden ser transportados por el flujo por medio de los siguientes modos de transporte:

**(1) Rodamiento o deslizamiento en el lecho**, permaneciendo en contacto con el fondo.

**(2) Saltación**, saltando entre el flujo y el lecho.

**(3) Suspensión**, soportados por el fluido circundante durante todo el movimiento. Los sedimentos que al moverse experimentan algún contacto con el lecho se conocen como carga de fondo, mientras que los que permanecen soportados por el fluido hacen referencia a la carga en suspensión

El transporte en suspensión ocurre cuando los sedimentos están a una altura sobre el lecho en la que las fuerzas turbulentas superan su peso. Durante este modo de transporte la velocidad de las partículas es casi igual a la velocidad del fluido. Generalmente los sedimentos en suspensión se describen en términos de concentración (masa de los sedimentos con respecto al volumen del fluido) (Velásquez, 2013).



*Figura 7: Modos de transporte de los sedimentos.*

Tomada de (Velásquez, 2013).



### 3.5.2 Parámetros granulométricos

Existen cuatro parámetros que sirven para caracterizar una curva de distribución granulométrica que son:

- **Media**

El tamaño medio de una muestra la clasifica dentro de una escala de tamaños y la relaciona con la energía cinética media a la que está sometido el ambiente sedimentario.

El tamaño medio de grano o variables directamente dependientes como por ejemplo la velocidad de caída, es el parámetro habitualmente empleado en los modelos de transporte de sedimentos, igualmente es el parámetro utilizado para calcular la velocidad umbral de movimiento, en el cálculo de perfiles de equilibrio e incluso en la caracterización morfo dinámica de las playas.

- **Grado de selección (*Sorting*)**

Este indica si el rango de tamaños existentes en la muestra es amplio o no, pero además refleja las oscilaciones de la energía cinética del ambiente muestreado.

- **La asimetría (*skewness*)**

Analiza la posición de la media respecto a la mediana, entonces cuando la asimetría es negativa (-) el valor de la media corresponde a un tamaño de grano más grueso que la mediana y por tanto las variaciones de la energía cinética media se desplazarán hacia valores más altos de lo normal y por el contrario si la media está desplazada hacia tamaños más finos que la mediana, se obtiene un valor de asimetría positivo (+), lo cual indica que la energía cinética media ha oscilado hacia valores más bajos de lo normal.

- **Angulosidad (*Kurtosis*)**

Analiza la forma achatada o puntiaguda de la curva respecto a una curva normal o gaussiana, por ende, las muestras con curvas angulosas indican que las oscilaciones de la energía cinética media se restringen al 50% central durante un tiempo superior al normal, mientras que curvas achatadas indican que las oscilaciones de la energía cinética media se salen del 50% central durante un tiempo superior al normal (Corrales et al.,1977).

### 3.5.3 Corrientes

Las corrientes superficiales, son el resultado del esfuerzo de corte que ejercen los vientos sobre la superficie del océano, produciendo un arrastre y perturbación de la superficie del agua. Los vientos generan una circulación que tiene lugar en la capa más superficial del océano, la cual está bien mezclada debido a la turbulencia ocasionada, dando origen a lo que se denomina capa superficial de mezcla, por lo tanto, la circulación en esta capa está directamente relacionada con las características del campo de viento. (Liste, 2009).

Cerca de la costa y playas, la circulación a parte de estar dominada por los vientos, el cual modula la magnitud y dirección de las corrientes superficiales, también están dominadas principalmente por factores como el oleaje y la marea.

En el caso de las olas, al acercarse a una línea de costa, y dependiendo del ángulo de incidencia, pueden formar corrientes paralelas a la línea de costa, denominadas **corrientes de deriva** (Toscano, 2012). Estas corrientes litorales generan un transporte a lo largo de la costa entre la zona de rotura del oleaje y la playa. Esto distribuye los sedimentos en la playa, lo que se conoce como deriva de playa y puede producir sedimentación en forma de flechas, tómbolos o espigas (Gómez et al., 2018). Bajo ciertas condiciones se crean **corrientes de retorno**, como respuesta a la pendiente del fondo y a la dirección de incidencia del oleaje. En la medida que el oleaje incide en una dirección más cercana a la normal respecto a la costa, será más probable la presencia de dichas corrientes.

La marea juega también un papel importante en la circulación costera, de manera clara en momentos de pleamar y/o bajamar, las corrientes generadas son consideradas como cero y en los momentos llenante y vaciante se encuentran las corrientes más fuertes. En muchas regiones, la circulación a escalas diurnas o semi-diurnas está dominada solo por la marea.

Cerca de la costa también se pueden generar **corrientes debido al transporte de Ekman**, producido como una respuesta del océano a la fuerza de arrastre del viento que sopla de manera paralela a la línea de costa. La respuesta del océano a la acción del viento depende en gran medida de la estratificación vertical del agua, pero en general se observa una corriente a 90 grados respecto a la dirección del viento, en sentido horario en el hemisferio norte y en sentido anti-horario en el hemisferio sur. Esta desviación es el resultado de la fuerza de Coriolis, generada por la rotación de la Tierra (Ekman, 1905).

Debido a la gran importancia que tienen las corrientes cerca de la línea de costa y las respuestas que generan allí, han surgido diversas maneras para estudiar la circulación en zonas cercanas a la costa. La información básica son las mediciones de campo, en tanto que proporcionan información precisa y real de lo que ocurre, permitiendo validar posteriormente algunos modelos que entonces pueden servir para estudios adicionales.

## 3.6 Vientos

La posición estratégica de Colombia en la zona tropical, hace que este Territorio sea partícipe de las mayores proporciones de energía que el sol le transfiere a la Tierra. Justamente en los trópicos se absorbe la mayor parte de la energía solar que luego se transfiere a la atmósfera, configurándose de esa forma el motor que determina el desplazamiento del aire entre las latitudes ecuatoriales y polares, mediante una circulación meridional. Cerca de superficie, en la zona tropical se desarrollan vientos provenientes del noreste y del sureste, denominados Alisios, como consecuencia del efecto Coriolis generado por la rotación terrestre en torno al eje que pasa por sus polos.

### 3.6.1 Alisios

Estos vientos pueden variar de dirección por efectos locales de topografía y rozamiento; sin embargo, son conocidos por su persistencia y regularidad. Sobre los océanos, se caracterizan por la presencia de nubes cúmulos cuya base está alrededor de un kilómetro y su cima hacia los dos kilómetros de altura. El limitado desarrollo de las nubes y el tiempo generalmente bueno que está asociado con los Alisios, dependen de la inversión de los Alisios. El descenso de aire, subsidencia, en los cinturones de altas presiones subtropicales provoca la formación de una inversión de temperatura que persiste en una parte del trayecto del aire hacia el Ecuador, la cual separa el aire húmedo de los Alisios, situado abajo, del cálido y muy seco situado arriba. Esta inversión actúa como una especie de tapa que limita el desarrollo de las nubes, especialmente sobre los océanos.

Estos se presenta un incremento paulatino los primeros días de la época seca, debido a dos sistemas de alta presión que se posicionan, el primero sobre aguas del atlántico Norte (Azores), y el segundo sobre el norte del Caribe colombiano, posteriormente, como es común para la época seca, el flujo sinóptico de los vientos alisios del noreste, dominan toda el área del Mar Caribe colombiano y presentan las mayores intensidades sobre el norte y centro del Mar Caribe con valores máximos de 35 nudos, durante los últimos días de la época seca (CIOH, 2009).

## **4. Metodología**

### **4.1 Área de estudio**

La playa objeto de estudio se encuentra al interior del golfo de Urabá, a 13 km al norte del casco urbano del municipio de Turbo en su costado oriental; este golfo se considera un sistema semi cerrado y alargado en dirección norte - sur, localizado en el extremo occidental de la costa caribe colombiana; con profundidades promedio de 34 m y máximas de 80 m, presentando fondos limo arenosos producto de la fuerte sedimentación de los ríos (Vélez y Aguirre, 2016).

Ahora bien, la playa La Martina cuenta con una extensión aproximada de playa de 2 km y ha sido un punto turístico reconocido a nivel local y regional, contando con una amplia oferta de servicios de restaurantes locales para el disfrute de los turistas. Sin embargo, que actualmente presenta problemas de erosión generando pérdida de espacio de ocio y recreación, conllevando a la disminución de flujo de turistas en la playa y por ende una afectación a la economía del lugar.

El sector de playa La Martina se encuentra limitada al sur por el río Cope y al norte por la punta caimán cuenta con un área significativa de vegetación entre la playa y la vía que queda aproximadamente 1km atrás con presencia importante de manglares en inmediaciones de las 5 desembocaduras de río o quebradas que llegan a la playa.

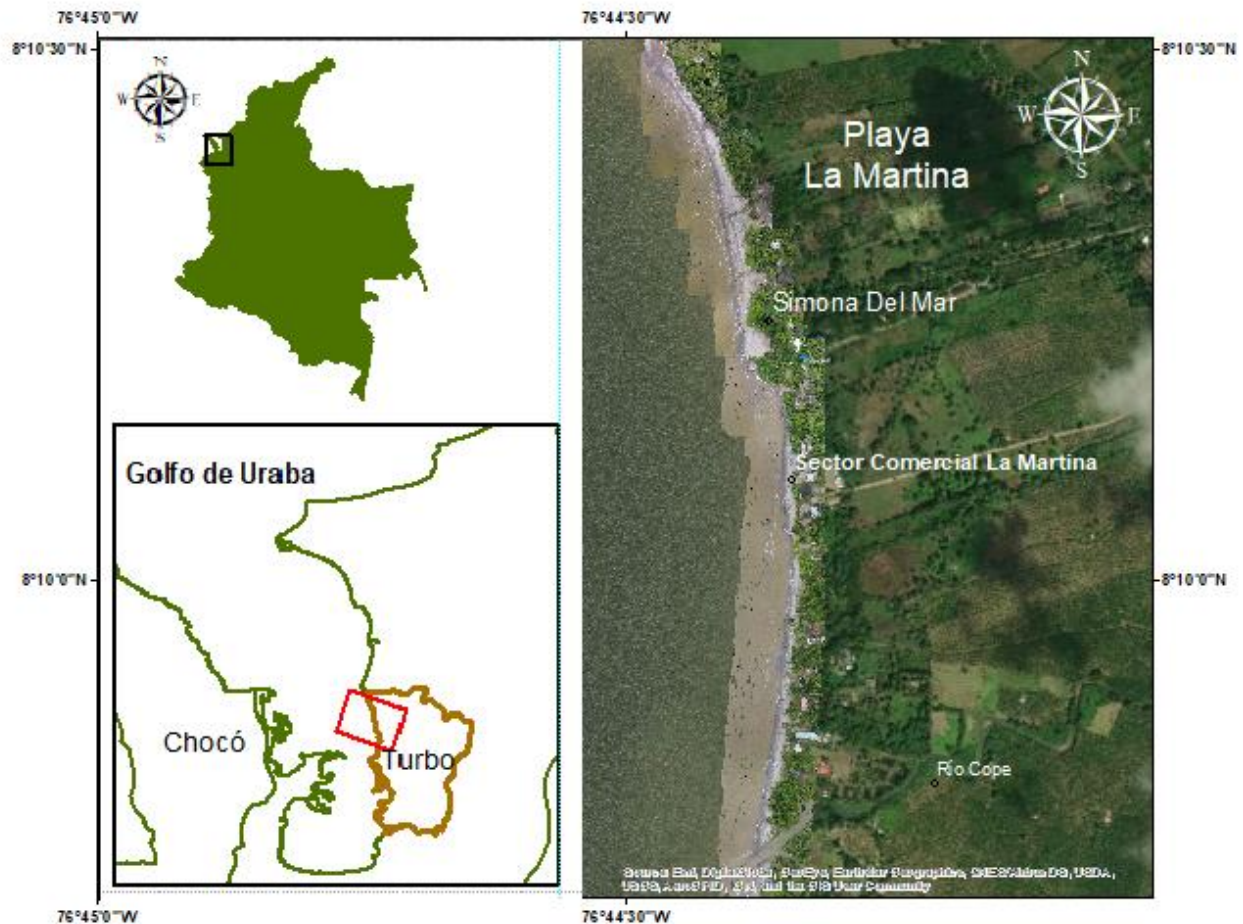


Figura 8: Ubicación geográfica de Área de estudio.

Por parte del clima, los valores medios anuales de temperatura del aire, humedad relativa, precipitación y cobertura de nubes son 27,2 °C, 85%, 2500 mm/año y 69,8% respectivamente (García, 2007; Roldán, 2008; Montoya, 2010). Sin embargo, según Restrepo y López, 2008, el clima de la región lo rige el desplazamiento latitudinal de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), el cual genera dos épocas climáticas diferenciadas entre sí por cambios considerables en los patrones de las lluvias y los vientos, estas épocas se explican a continuación:

La época seca abarca el periodo comprendido entre los meses de diciembre y abril en los cuales los vientos del norte y noreste pueden alcanzar velocidades máximas de 15 nudos, y respecto al oleaje, se alcanzan alturas aproximadas de 1,5 metros, donde se pueden crear fuertes mareadas.

La época húmeda se da en los meses de mayo a noviembre, donde se debilita los vientos alisios del norte, son típicos el incremento en las lluvias y vientos débiles de dirección variable pero predominantemente del sur y suroeste.

Al inicio de la época húmeda sobre el Mar Caribe, comienza a percibirse el ascenso paulatino de la ZCIT sobre los 08°N de latitud, así como la reactivación de la baja

presión anclada de Panamá, con lo cual se presentan las primeras precipitaciones, Para el litoral Caribe sur (Golfo de Urabá), estas precipitaciones se registran de forma moderada y fuerte durante el transcurso de la primera época húmeda. (CIOH, 2009).

Durante los meses de junio y julio se registra un incremento de los vientos alisios, lo que genera el veranillo de San Juan, el cual registra condiciones atípicas para una época húmeda, esta condición atípica es considerada también como una época de transición, donde genera un aumento considerable de la altura del oleaje, debido al gradiente de presión que se presenta al descender la alta presión de las Bermudas con ZCIT (CIOH, 2009).

En el golfo y en la zona costera de estudio se presenta un régimen micro-mareal de tipo mixto semidiurno, con amplitudes que no superan los 40 cm El oleaje en la zona norte del golfo depende de las condiciones marinas del mar Caribe y al sur de las condiciones climáticas locales (Osorio et al., 2010). Según los resultados del modelo WAVEWATCH III ® presentado por Vernet et al., (2002), en la época seca se presentan, alturas significativas de olas de 1,6 m mientras en la húmeda el valor corresponde a 0,8 m.

La circulación de las aguas en el golfo sigue el patrón de circulación estuarina como consecuencia de la interacción de las corrientes marinas y las fluviales provenientes del río Atrato (Montoya, 2010). Dicho patrón es más marcado durante la época húmeda donde el chorro de salida del Atrato viaja superficialmente recostado sobre el costado este.

El fondo del golfo de Urabá está compuesto en su mayoría por limos de origen terrígeno (Chevillot et al., 1993), en especial en las zonas más profundas donde representan el 100% de los sedimentos. Las arenas abundan en las aguas someras del costado noroeste del golfo donde llegan a representar más del 70% de los sedimentos de fondo (García, 2007).

## 4.2 Derivadores

Durante la época húmeda del 2018 se realizaron 3 mediciones de corrientes a partir de una boya lagrangiana o derivador el cual estaba conformado en su interior con un GPS Garmin que marcó la trayectoria de las corrientes y en su exterior con una draga esférica que permite ser direccionada por las corrientes, como se muestra en la *Figura 9*.



Figura 9: Derivador utilizado en campo durante la época húmeda en playa La Martina.

Dichas mediciones consistían en obtener datos de la velocidad y dirección de las corrientes superficiales (primeros 1,5 m de profundidad), las cuales se midieron a partir de 3 puntos de importancia (norte-norte, norte y sur) como se muestra en la *Figura 10*, durante 2 horas en la parte sur y 1 hora en la parte norte-norte y norte, teniendo en cuenta la tabla de mareas para realizar la medición en los momentos de bajamar y pleamar máximo.



Figura 10: Ubicación del lanzamiento de los derivadores por los sectores definidos.

### 4.3 Trampas de sedimento

La principal característica por la cual son utilizadas las trampas de sedimentos es porque nos permiten realizar mediciones a través del tiempo, con lo que es posible obtener una tasa de transporte de sedimentos y así poder determinar cómo es el desplazamiento, acumulación o arrastre de los sedimentos en la zona de estudio; hay una amplia gama de trampas de sedimentos según las necesidades que se requiera, incluso varían ampliamente en la escala temporal de análisis, siendo desde minutos hasta años. En este caso la trampa de sedimento fue una modificación de las trampas tipo Kraus, esta trampa modificada está compuesta por tres tolvas ubicadas de forma vertical (superior, media e inferior) obteniendo datos a 115cm, 65cm y 30 cm respectivamente desde la parte inferior de la trampa, las tolvas contaban con diámetro de entrada de 17cm y por tanto el área de captación fue de 907,92 cm<sup>2</sup> y con una altura de 1,45 m, empotradas en un armazón de tubo de PVC tal como se muestra en la *Figura 11*.





*Figura 11: Trampa de sedimentos utilizada en campo.*

Las mediciones fueron realizadas en tres puntos representativos de cada zona, tal como se indica en la *Figura 12*, ubicándolas de cara a la dirección de la corriente de deriva, durante un tiempo de medición de 20 minutos, pasado este tiempo se cierran las tolvas con una membrana impermeable, tal que permita la recuperación de cada tolva sin alterar el contenido almacenado durante ese tiempo posteriormente son transportadas hacia un laboratorio para su respectivo análisis granulométrico, estas mediciones con la trampa de sedimentos nos permitió inferir la tasa de transporte de sedimentos en suspensión a lo largo del perfil de profundidad de la zona de swash según la ubicación de la tolva.

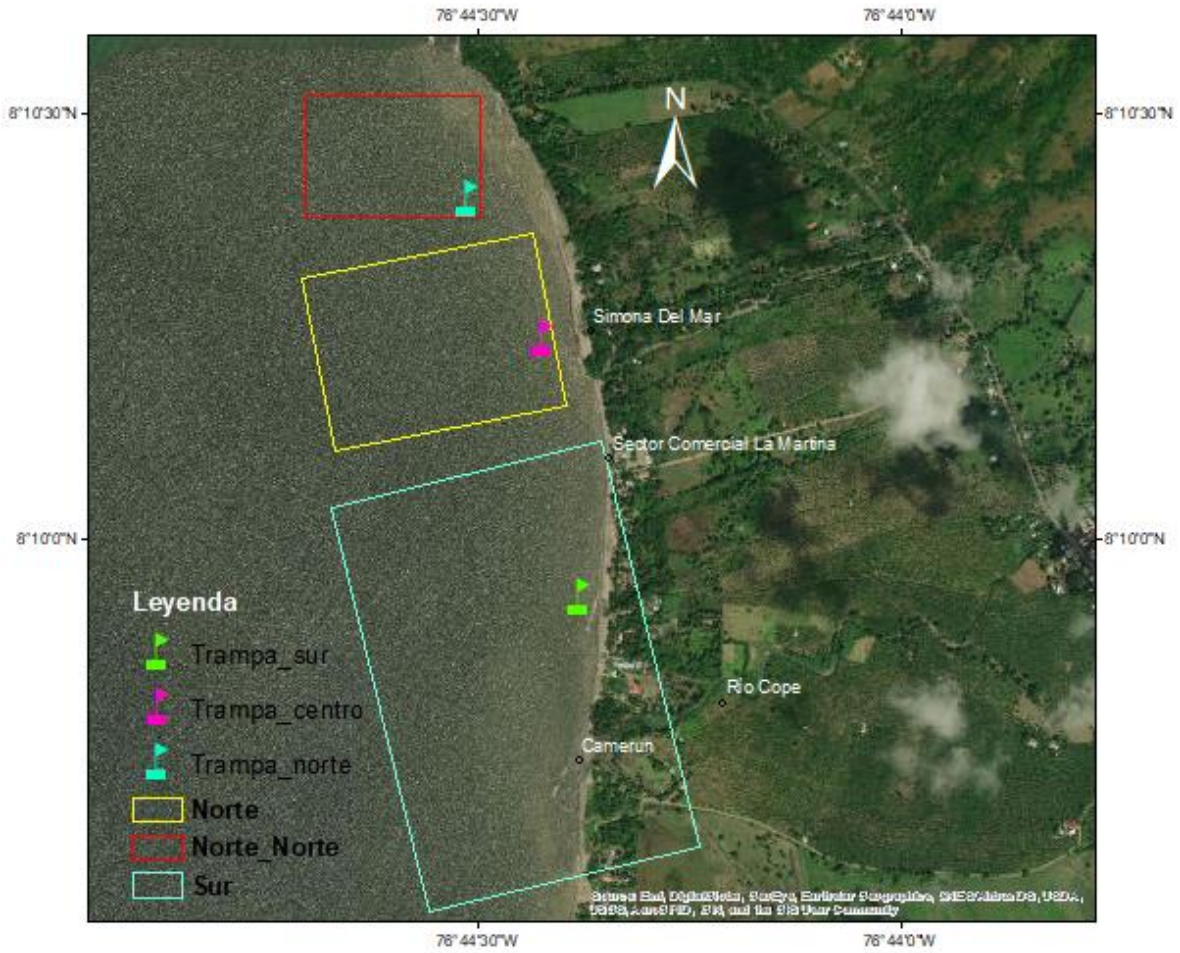


Figura 12: Ubicación por sectores de las trampas de sedimentos a lo largo de playa La Martina.

## 4.4 Granulometría

### a) Almacenamiento

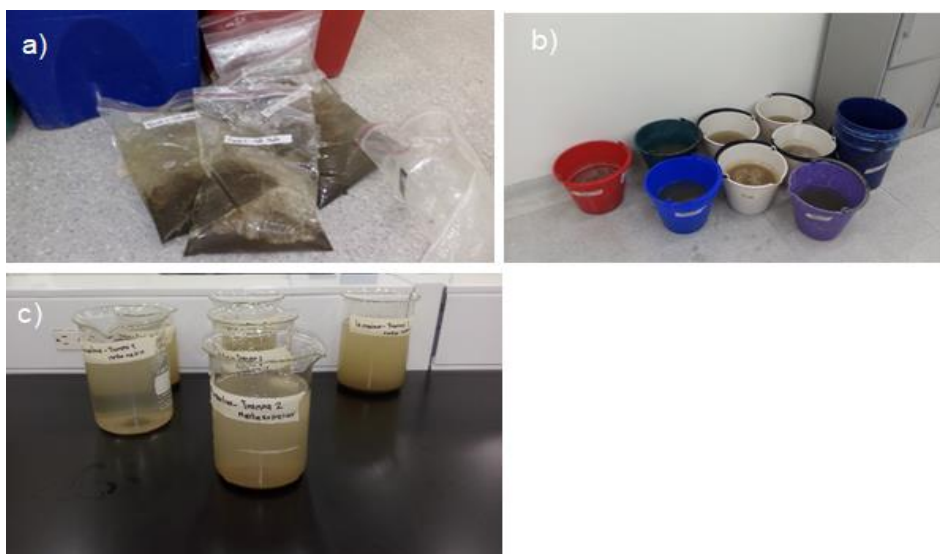
Luego de tomadas las muestras de las trampas de sedimentos, estas fueron depositadas en bolsas ziplock como se muestra en *Figura 13*, llevadas a un laboratorio para hacerle los respectivos procedimientos y análisis.

### b) lavado.

Se realizó un lavado a las muestras ya que estas poseen cierto contenido de sal, por lo que es necesario que tenga un previo lavado, el cual se realizó depositando la muestra en un recipiente con agua (baldes) como se muestra en *Figura 13*, luego con una espátula se realizan movimientos para despegar las sales del material sedimentario, posteriormente se dejaron en condiciones de reposo dos días para que se asentara el material y finalmente se extrajo parte del agua con una manguera para no afectar en la muestra.

### c) Secado.

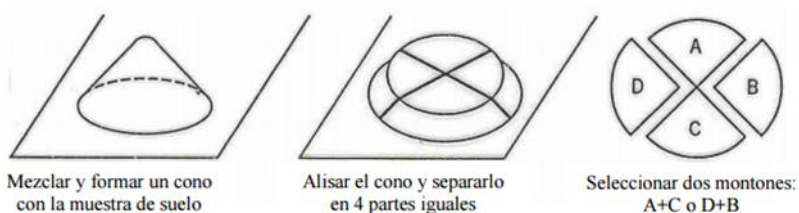
Al finalizar el proceso de lavado las muestras fueron depositadas en beakers de vidrio de 250 ml tal como lo muestra la *Figura 13*, las cuales fueron secadas a partir de un horno de laboratorio durante 24 horas a una temperatura de 95°C, todo esto para que la humedad no distorsionara los resultados.



*Figura 13: Pasos para la granulometría .*

d) Cuarteo.

Luego del proceso de secado de las muestras, se procedió con un cuarteo para dividir la muestra en cuatro partes tal y como lo muestra *Figura 14*, de las cuatro partes divididas se eligieron las dos muestras opuestas entre sí por cuadrantes para obtener las fracciones representativas para el análisis granulométrico.



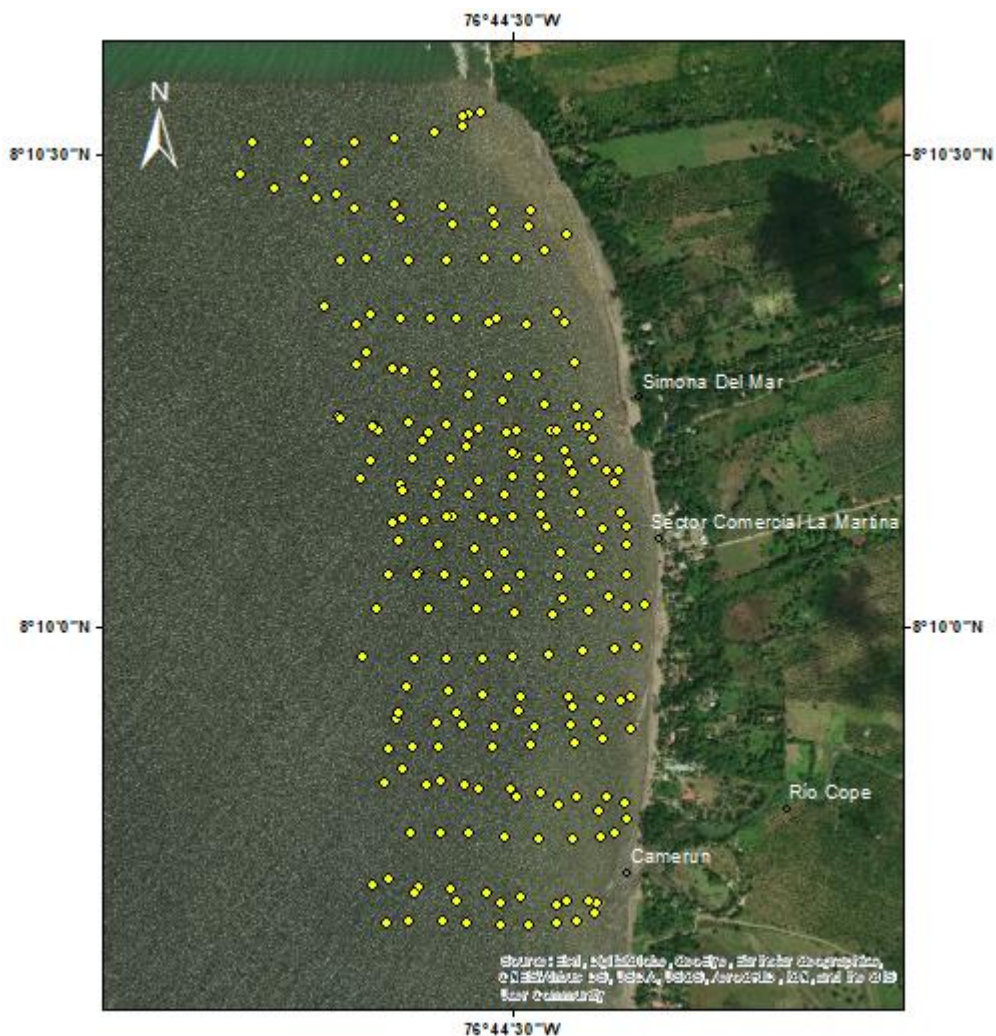
*Figura 14: Cuarteo de los sedimentos.*

Luego de que se tuvo preparada y seleccionada la muestra, se pesó la masa en total, para finalmente dejarla caer sobre los tamices comprendidos entre 2mm y 63 micras, dejándolos en la base vibradora a una frecuencia de 60 Hz por 20 minutos por cada muestra.

Pasado este tiempo, se removió el material retenido en cada tamiz y se pesó para determinar la cantidad de sedimentos en suspensión de cierto tipo de tamaños que se encontraron en cada medición.

## 4.5 Batimetría

El levantamiento batimétrico de playa La Martina fue realizada de forma manual por medio de un ecosonda manual, un GPS diferencial y una lancha en la cual se recorrió la zona descrita como playa La Martina recolectando datos en forma de zigzag como se muestra en *Figura 15* durante 8 horas aproximadamente desde una profundidad de 0,7m hasta los 4,5 m de profundidad, tabulando punto por punto la información arrojada por el GPS Garmin y la ecosonda manual, datos que fueron corregidos por marea según la hora en la que se realizó el levantamiento, tal como lo muestra el *anexo 4*.



*Figura 15: Distribución de los puntos de datos del levantamiento batimétrico.*

## 5 Resultados y análisis

### 5.2 Corrientes y vientos en playa La Martina

A continuación, se analizarán los resultados obtenidos para las corrientes durante la primera campaña realizada durante el 14 y 15 de agosto de 2018.



Figura 16: Dirección y trayectoria de corrientes superficiales en playa La Martina, obtenidas a partir de derivadores en agosto de 2018.

Tabla 2: Información de las corrientes de agosto de 2018.

Nombre	Distancia (m)	Tiempo (h y min)	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)
Track 15 Ago 18 norte norte	171,1131	1 h 7 min	4020	0,0425
Track 15 Ago 18 norte	182,675	1 h 6 min	3960	0,04613
Track 15 Ago 18 sur	637,4815	1 h 35 min	5700	0,1118
Track 14 Ago 18 norte norte	93,6980	1h 5min	3900	0,0240
Track 14 Ago 18 norte	157,7349	1 h 4 min	3840	0,0410
Track 14 Ago 18 sur	580,2036	2 h 7min	4020	0,1443

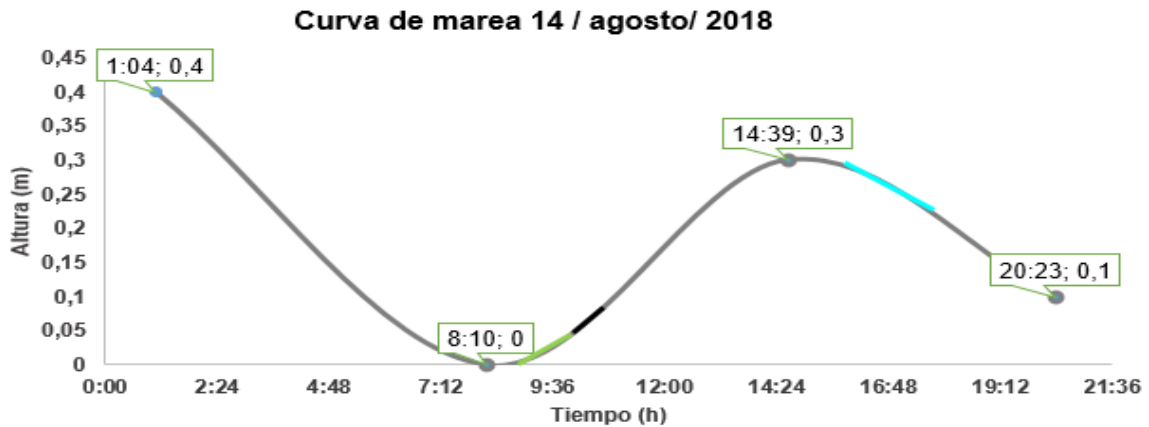


Figura 17: Sobreposición del tiempo de los lanzamientos en la curva de marea en Turbo del 14 de agosto de 2018.

Representación de la ubicación en el tiempo de las corrientes observadas en la Figura 16, donde — corresponde al track 14 Ago 18 sur, — corresponde al track 14 Ago norte y — corresponde al track 14 Ago norte norte. Datos extraídos de (Tabla de mareas) <https://tablademareas.com/co/antioquia/turbo>

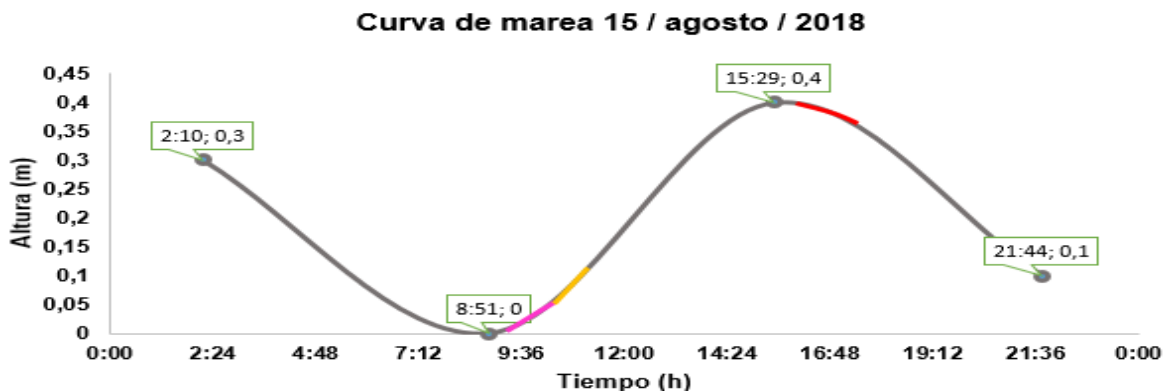


Figura 18: Sobreposición del tiempo de los lanzamientos en la curva de marea de Turbo del 15 de agosto del 2018.

Representación de la ubicación en el tiempo de las corrientes observadas en la Figura 16, donde — corresponde al track 15 Ago 18 norte\_norte, — corresponde al track 15 Ago norte y — al track 15 Ago 18 sur. Datos extraídos de (Tabla de mareas) <https://tablademareas.com/co/antioquia/turbo>.

La *Figura 16* muestra la dirección de las corrientes que fueron tomadas por el derivador durante dos días, en los cuales se realizó un lanzamiento en las horas de la mañana y un lanzamiento en las horas de la tarde por cada sector en cada día, tal que las mediciones correspondieran poco después de los picos de pleamar y bajamar como se muestran en la *Figura 16* ya que para la zona en particular hay un desfase en la curva de la marea pronosticada por el CIOH y la observada en campo, y de esta manera, minimizar la influencia de la marea en las mediciones de corriente superficial dicho desfase en la curva de la marea se ha reportado en diferentes trabajos de grados, pero hasta el momento no se ha medido con rigurosidad, se estima que es del orden de 1 hora entre los pronosticado y lo observado debido a que la estación que toma los datos de marea, se encuentra ubicada a una distancia considerablemente lejos al área de estudio en cuestión.

En un principio el área de estudio se había dividido en zona norte y zona sur, sin embargo, la zona norte tuvo que ser subdividida en zona norte y zona norte-norte dado que el derivador presentaba un comportamiento casi estático o de muy poca trayectoria, tal como se muestra *Figura 16*. En las dos zonas del norte de la playa se decidió realizar un lanzamiento de una hora aproximadamente por cada una, mientras que en la zona sur la duración de cada lanzamiento fue aproximadamente 2 horas.

Continuando con la *Figura 16* y con base a la *Tabla 2* se puede observar que las corrientes que mayor velocidad adquieren son las del sector sur, con dirección sur y las corrientes con menores velocidades son las del sector norte con dirección norte, notando que entre el sector norte y sur hay una divergencia entre las corrientes, por lo que nos muestran las *Figura 17*, *Figura 18* y *Figura 19* estas corrientes no tienen influencia por parte de la marea, por lo cual su comportamiento podría estar basado en los vientos y en la superficie del fondo, teniendo así trayectorias de corrientes de deriva.



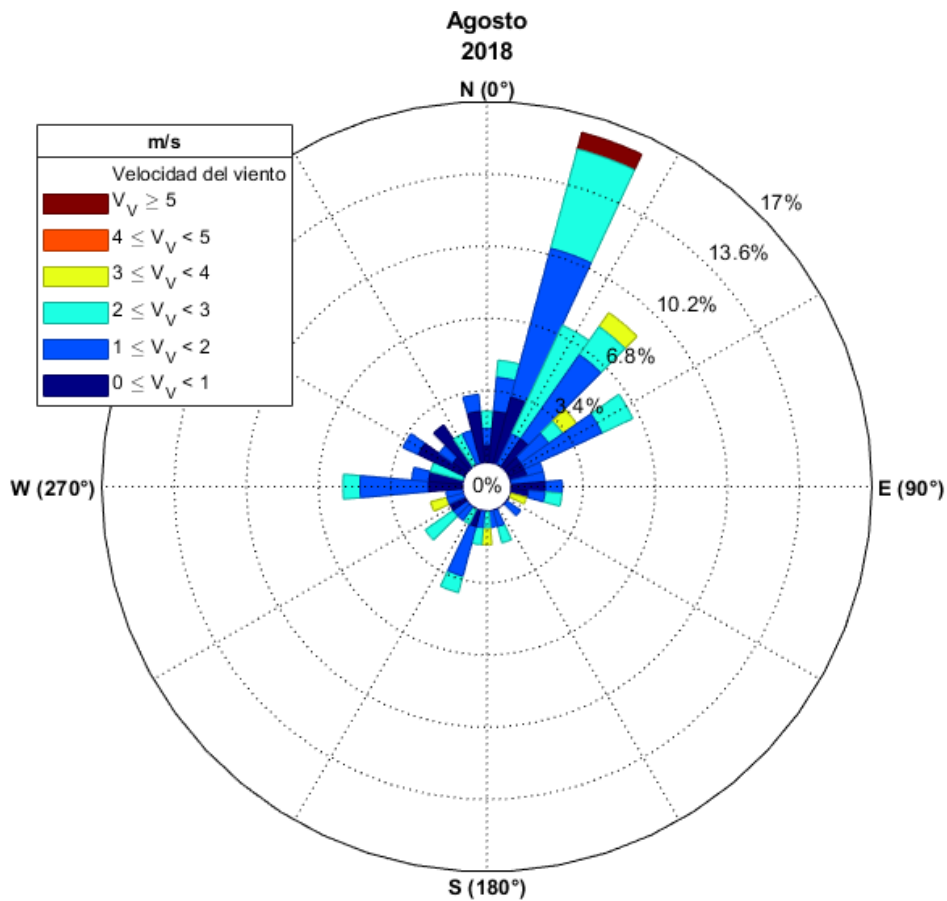


Figura 19: Rosa de los vientos de agosto 2018 con direcciones hacia donde va.

Los datos de la Figura 19 fueron extraídos de ECMWF - ERA-Interim de la estación oceanográfica más cercana al área de estudio según anexo 3. Datos gráficos realizados en el software MATLAB.

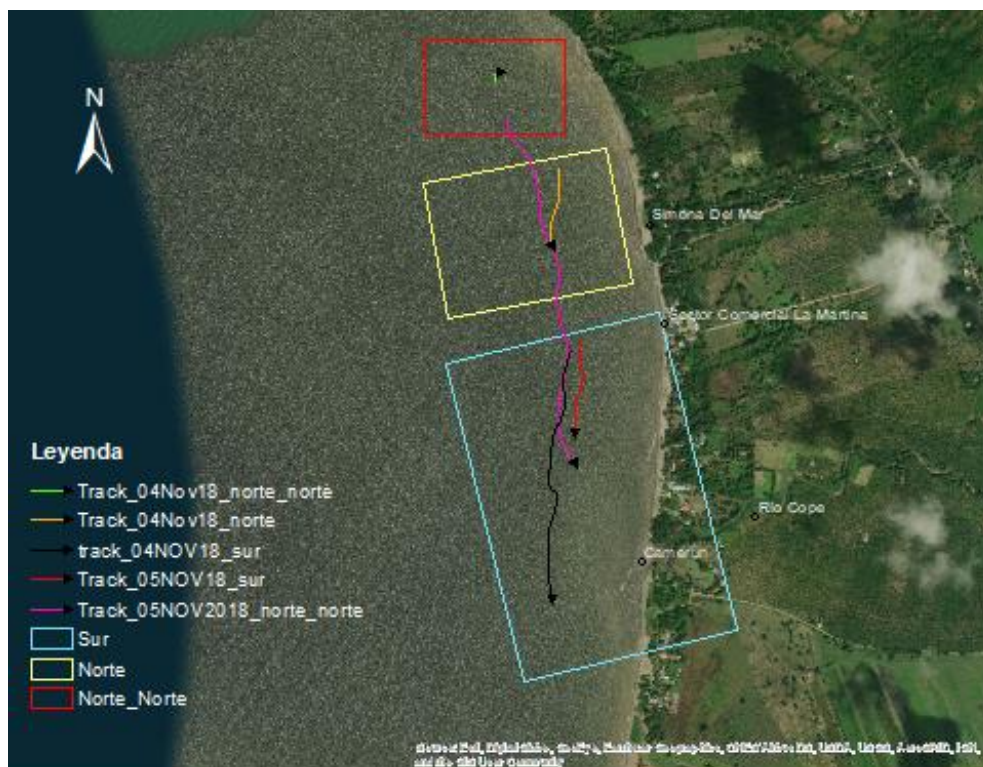
Tabla 3: Información tabulada de rosa de vientos del 14 y 15 de agosto del 2018.

Extraído del anexo 2.

Año	Mes	Día	Hora	u	v	Magnitud (m/s)	Dirección Hacia donde va
2018	8	14	0	0,8790	0,5775	1,0518	56,69644 (N)
2018	8	14	6	1,8928	1,0338	2,1568	61,35778 (NE)
2018	8	14	12	2,0672	4,8582	5,2797	23,05069 (N)
2018	8	14	18	1,6002	1,6705	2,3132	43,76842(N)
2018	8	15	0	0,7515	1,7294	1,8857	23,48723(N)
2018	8	15	6	1,2057	1,6305	2,0279	36,48022 (N)
2018	8	15	12	0,3630	0,8499	0,9242	23,12581 (N)
2018	8	15	18	-0,2451	0,0425	0,2488	279,8395 (NW)

Con base en la *Figura 19* se puede observar que para el mes de agosto la dirección predominante del viento fue hacia el norte, sin embargo como se muestra en la *Tabla 3* el día 15 del mes en las horas de la tarde la dirección predominó hacia el Noroeste (NW) y el día 14 del mes en las horas de la mañana hacia el Noreste (NE), con una mayor velocidad hacia el norte en las horas del mediodía.

Ahora bien, durante el mes de noviembre se realizó nuevamente mediciones de corrientes, cuyos resultados se analizan a continuación.



*Figura 20: Dirección y trayectoria de corrientes superficiales en playa La Martina, obtenidas a partir de derivadores en noviembre de 2018.*

*Tabla 4: Información de las corrientes de 4 y 5 noviembre de 2018.*

Nombre	Distancia (m)	Tiempo (h y min)	Tiempo (s)	Velocidad m/s
Track 04 Nov 18 norte norte	56,4772	1h 5min	3900	0,0144
Track 04 Nov 18 norte	230,8066	1 h 5 min	3900	0,0591
Track 04 Nov 18 sur	667,5829	1 h 9min	4140	0,1612
Track 05 Nov 18 sur	274,1665	1 h 36 min	5760	0,0475
Track 05 Nov 18 norte	1006,7500	2 h 1min	3660	0,2750

Tabla 5: Información de la corriente correspondiente al Track 05\_nov\_2018.

Nombre	Sector	Distancia (m)	Tiempo (min)	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)
Track 05_nov 2018	norte_norte	96,33	15	900	0,1070
	norte	348,65	38	2280	0,1529
	sur	561,76	65	3900	0,1440

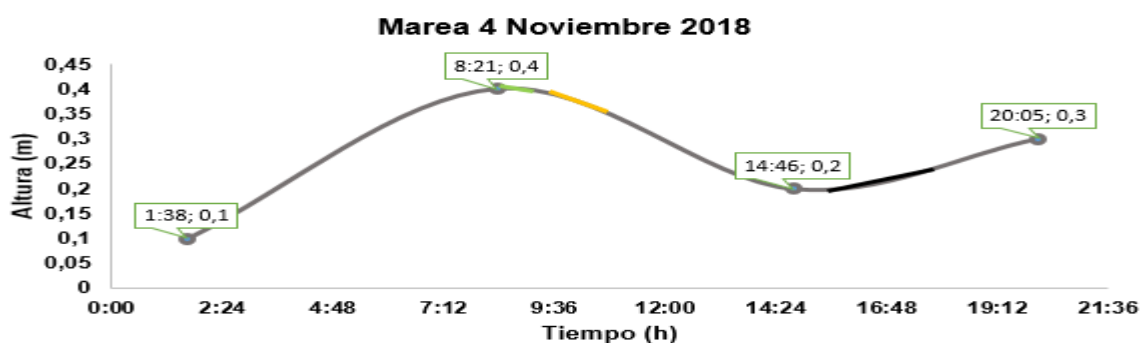


Figura 21: Sobreposición del tiempo de los lanzamientos en la curva de marea en Turbo del 4 de noviembre de 2018.

Representación de la ubicación en el tiempo de las corrientes observadas en la Figura 20 — corresponde al track 04 Nov 18\_norte\_norte, — corresponde al track 04 Nov 18\_norte y — al track 04 Nov 18\_sur. Datos extraídos de (Tabla de mareas) <https://tablademareas.com/co/antioquia/turbo>

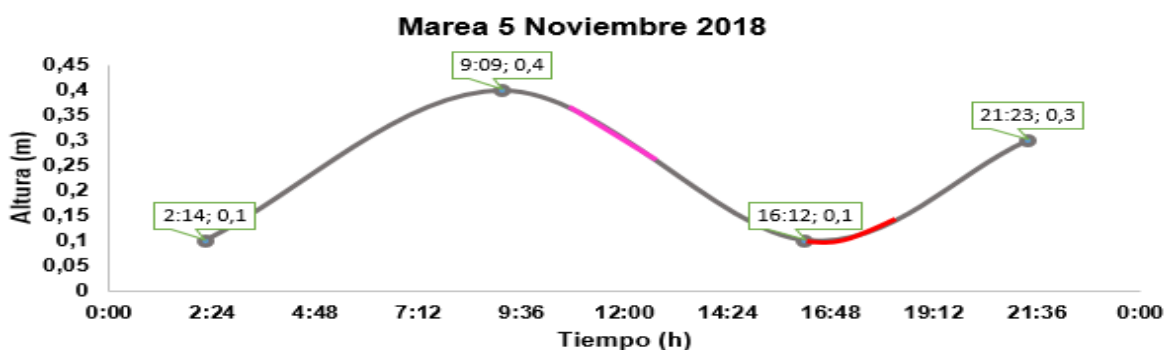


Figura 22: Sobreposición del tiempo de los lanzamientos en la curva de marea en Turbo del 5 de noviembre de 2018.

Representación de la ubicación en el tiempo de las corrientes observadas en Figura 20. — corresponde al track 05 Nov 18\_norte y — al track 05 Nov 18\_sur. Datos extraídos de (Tabla de mareas) <https://tablademareas.com/co/antioquia/turbo>.

La Figura 20 muestra el resultado de los derivadores lanzados en campo los días 4 y 5 noviembre del año 2018, siendo en este último día cuando se reportó el mayor tiempo de deriva ( $\pm 2$  h) desde la zona norte obteniendo una velocidad promedio de 0,275 m/s hacia el sur, los resultados de estas mediciones de corrientes se presentan en la

Tabla 4, e incluso esta velocidad es superior a las corrientes de la campaña del 14 y 15 de agosto del 2018. Debido a la notoria diferencia se decidió analizar las velocidades de del track del 05 noviembre del 2018 por sector (norte-norte, norte y sur) para observar si su velocidad era correspondiente al sector, como en las anteriores tomas y como lo muestra la *Tabla 5* en el sector norte-norte su velocidad es menor en comparación con las velocidades del norte y del sur, esta última sigue caracterizándose por tener una mayor velocidad, lo que concuerda con las similitudes entre sectores, por campaña realizada.

En la Figura 20 también se puede observar un cambio en las direcciones de las corrientes, en donde solo la corriente del norte-norte tiene dirección norte y una menor velocidad y el resto de corrientes van en dirección sur y con mayor velocidad, lo que analizándolo con la *Figura 23* se debe al comportamiento del viento en esas fechas 4 y 5 de noviembre específicas ya que, en las horas de la tarde, específicamente de las 12:00 y 18:00 horas Presenta mayores magnitudes de viento de y en las horas de la mañana una magnitud menor Como lo muestra la *Tabla 6*.

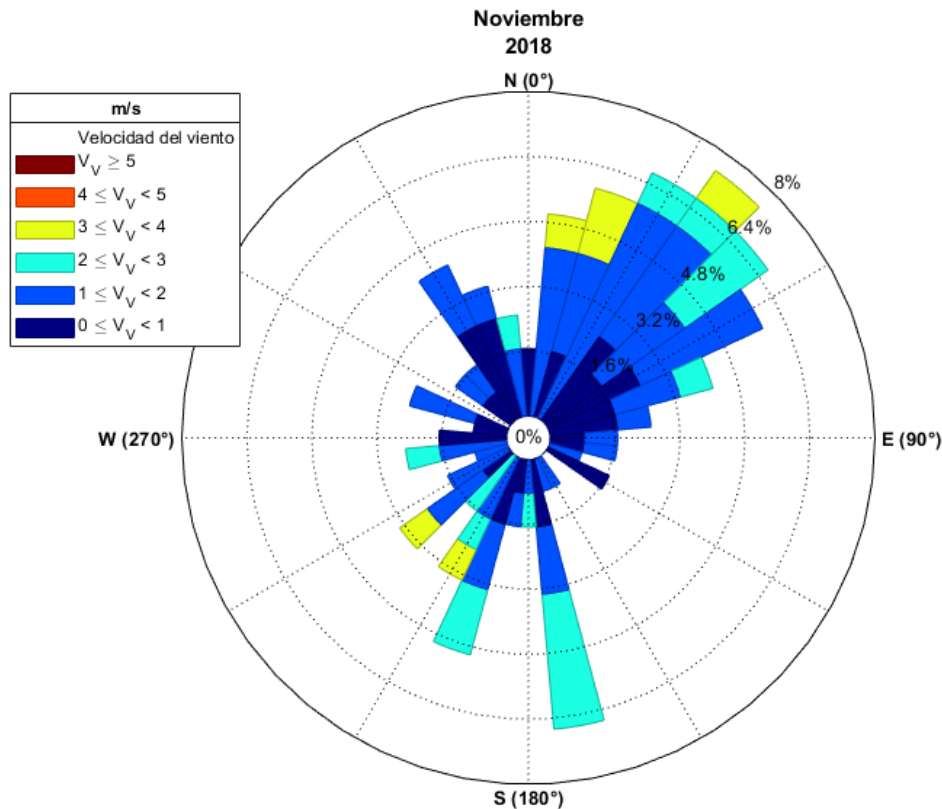


Figura 23: Rosa de los vientos de noviembre del 2018 en dirección hacia donde van.

Datos extraídos de ECMWF - ERA-Interim. Datos gráficos realizados en el software MATLAB.

Tabla 6: Información tabulada de rosa de vientos del 4,5 y 29 de noviembre del 2018.

Datos extraídos del anexo 2.

Año	Mes	Día	Hora	u	v	Magnitud ( m/s)	Dirección Hacia donde van
2018	11	4	0	1,3054	0,0377	1,3059	88,3454 (NE)
2018	11	4	6	0,7834	1,0548	1,3139	36,5991 (N)
2018	11	4	12	0,4864	1,4944	1,5716	18,0302 (N)
2018	11	4	18	0,6203	0,2735	0,6779	66,2111 (NE)
2018	11	5	0	0,9253	0,5234	1,0631	60,5077 (NE)
2018	11	5	6	0,6931	1,0733	1,2776	32,8521 (N)
2018	11	5	12	0,8740	1,2253	1,5051	35,5007 (N)
2018	11	5	18	1,1704	0,4184	1,2429	70,3282 (NE)
2018	11	29	0	-0,6197	-0,9963	1,1733	211,882 (SW)
2018	11	29	6	0,5632	0,9106	1,0707	31,7368 (N)

2018	11	29	12	0,0336	0,8337	0,8344	2,31196 (N)
2018	11	29	18	0,0861	-1,4392	1,4418	176,575 (SE)

En la *Figura 23* se observa que la dirección del viento predomina hacia el noreste, con mayores velocidades hacia el sur, sin embargo en la *Tabla 6* se observa como el día 29 del mes en las horas de la mañana tiene una dirección predominante hacia el sur con una velocidad medianamente alta y los días 4 y 5 del mes en las horas de la mañana presentan una dirección predominante hacia el NE con velocidades medias, y en las horas del mediodía hacia el norte con velocidades mayores.

Por último, a finales de noviembre y principios de diciembre se realizó la última campaña de corrientes, encontrando los resultados que se analizan a continuación.



Figura 24: Dirección y trayectoria de corrientes superficiales en playa La Martina.

Datos obtenidos a partir de derivadores en final de noviembre y principio de diciembre de 2018. Datos gráficos realizados en el software ArcGIS versión 10.3. Fuente: Propia

Tabla 7: Tabla de información de las corrientes del 29 de noviembre y 6 de diciembre..

Nombre	Distancia (m)	Tiempo (h y min)	Tiempo (s)	Velocidad m/s
Track 06 dic 18 norte norte	104,576068	1 h 7 min	4020	0,026013947
Track 06 dic 18 norte	135,738301	1 h 7 min	4020	0,033765747
Track 29 nov 18 sur	605,322183	1 h 19 min	4740	0,127705102

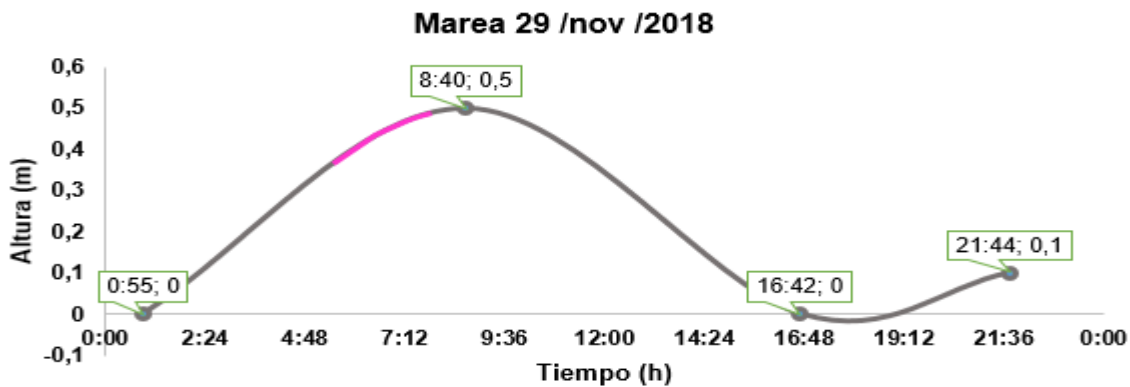


Figura 25: Sobreposición del tiempo de los lanzamientos en la curva de marea en Turbo del 29 de noviembre de 2018.

Representación de la ubicación en el tiempo de las corrientes observadas en la Figura 24, donde — corresponde al track 29 Nov 18 sur. Datos extraídos de (Tabla de mareas) <https://tablademareas.com/co/antioquia/turbo>.

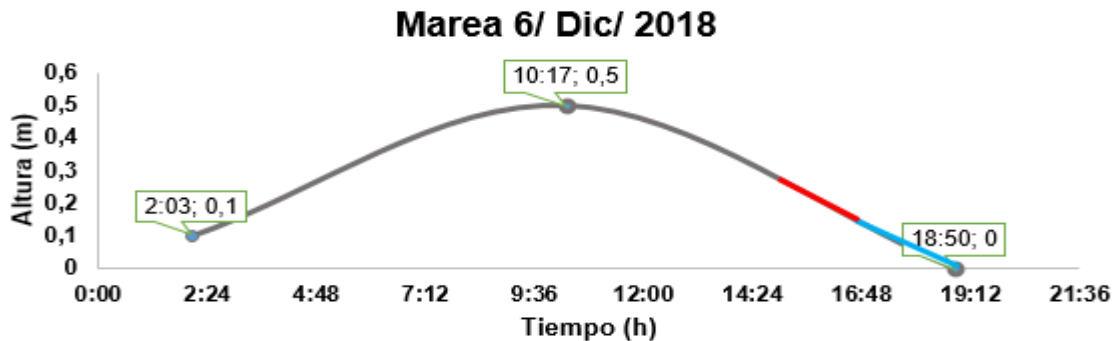


Figura 26: Sobreposición del tiempo de los lanzamientos en la curva de marea en Turbo del 5 de noviembre de 2018.

Representación de la ubicación en el tiempo de las corrientes observadas en la Figura 24, donde — corresponde al track 06 Dic 18\_ norte\_note y al — track 06 Dic

18\_norte. Datos extraídos de (Tabla de mareas)  
<https://tablademareas.com/co/antioquia/turbo>

En la *Figura 24* se pueden observar solo 3 representaciones de corrientes correspondientes a los días 29 de noviembre y 6 de diciembre, debido a que en la pasada campaña se perdió una boya, esta vez solo se pudo hacer una medición por sector para poder tener últimos registros en la finalización de la época húmeda del año 2018.

Como se muestra en la *Figura 24* las corrientes de cada sector van en dirección sur, lo que tiene sentido al observar la *Figura 27* ya que nos muestra que las direcciones de los vientos en el mes de diciembre predominan hacia el sur teniendo mayor frecuencia y velocidad allí, como se ve en las corrientes del norte que pertenecen al 6 de diciembre del 2018 y la corriente del sur corresponde al 29 de noviembre del 2018, meses en los cuales la magnitud del viento en las horas de la tarde son mayores y en la mañana son menores como lo muestra la Tabla 8 y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, lo que puede estar explicando la magnitud y dirección de las corrientes superficiales de esa fecha.

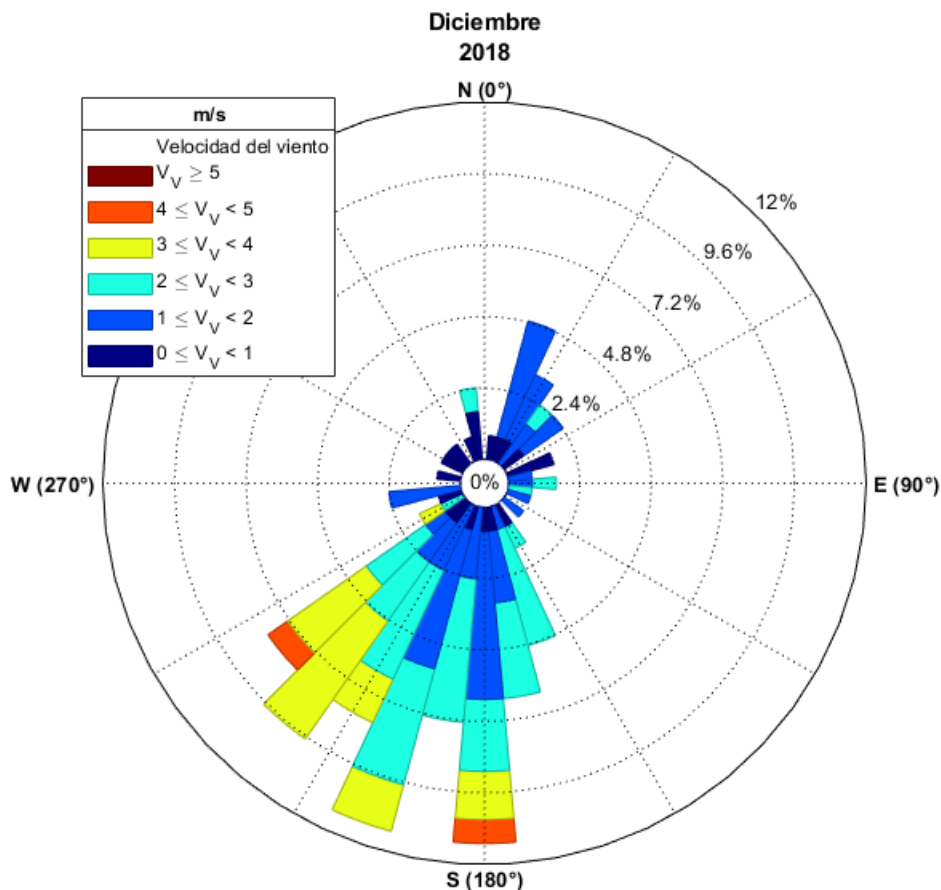


Figura 27: Rosa de los vientos de diciembre del 2018 en dirección hacia donde van.



Los datos de la Figura 27 fueron extraídos de ECMWF - ERA-Interim. Datos gráficos realizados en el software MATLAB.

Tabla 8: Información tabulada de rosa de vientos del 29 de noviembre y 6 de diciembre del 2018.

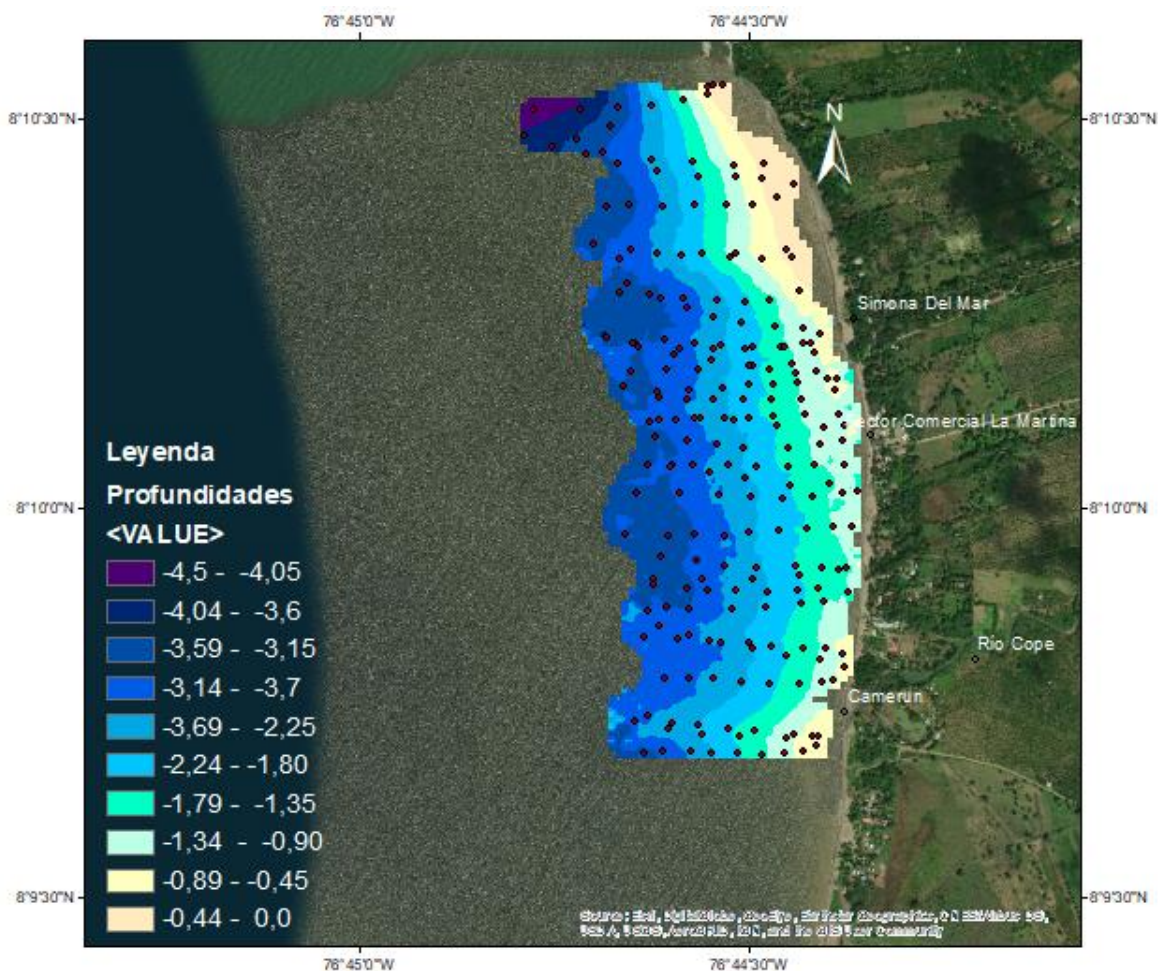
Datos extraídos del anexo 2.

Año	Mes	Día	Hora	u	v	Magnitud (m/s)	Dirección Hacia donde van
2018	11	29	0	-0,6197	-0,9963	1,1733	211,882 (S)
2018	11	29	6	0,5632	0,9106	1,0707	31,7368 (N)
2018	11	29	12	0,0336	0,8337	0,8344	2,31196 (N)
2018	11	29	18	0,0861	-1,4392	1,4418	176,575 (S)
2018	12	6	0	0,8867	-0,7765	1,1787	131,2087 (SE)
2018	12	6	6	0,4387	0,72142	0,8440	31,30926 (N)
2018	12	6	12	0,4665	1,19924	1,2868	21,25884 (N)
2018	12	6	18	-1,850	-0,4520	1,9051	256,2757 (S)

En la *Figura 27* se observa una clara predominancia del viento en dirección sur, con velocidades y magnitudes mayores en la misma dirección, teniendo un comportamiento cercano a los vientos alisios, el día 6 del mes de diciembre en las horas de la mañana presenta cambios de dirección del viento del sureste al norte y en las tardes solo hacia el sur con la mayor velocidad, como lo indica la Tabla 8.

### 5.3 Batimetría playa La Martina

La batimetría fue realizada a finales de la época húmeda en el mes de diciembre, la cual nos muestra los lugares más someros y los más profundos a un límite de 4,5 metros de profundidad en playa La Martina, como lo muestra la *Figura 28*,



*Figura 28: Batimetría con nube de puntos de datos de profundidad y posición tomados en campo en época húmeda de la playa La Martina.*

Estos resultados del levantamiento batimétrico muestran en la Figura 28 que en el lado norte se encuentran la mayor profundidad en la parte cerca a la punta norte (punta cangrejo, al igual que se puede observar que la parte norte tiene mayores áreas someras y que van disminuyendo hacia el sur; en este sector sur se pudo identificar pequeñas barras y menores profundidades a los lados de la desembocadura del río Cope. Por otro lado, como se observa un aumento de pendiente un poco más pronunciado frente a Simona del Mar lo cual puede influir

también en la divergencia de las corrientes superficiales discutidas anteriormente entre las zonas norte y sur.

Para la realización de esta batimetría fue necesario hacer varios análisis dentro de un mismo método de interpolación luego de haberlo seleccionado como el que mejor describe el relieve de la superficie de playa La Martina entre otros métodos de interpolación en el software Surfer 13, como se muestra en el anexo 1.

## 5.4 Sedimentos

### 5.4.1 Trampas de sedimentos

*Tabla 9: Tasa de sedimentos de la primera campaña de medición (17 de agosto de 2018).*

<b>Ubicación de la trampa / posición de la tolva</b>	<b>Tiempo de medición (min)</b>	<b>Peso muestra (g)</b>	<b>Tasa de sedimentos g/min/m<sup>2</sup></b>
Norte/superior	20	6,31	0,03
Norte/media	20	21,42	0,12
Norte/inferior	20	163,92	0,90
Cent/superior	20	57,10	0,31
Cent/media	20	45,58	0,25
Cent/inferior	20	206,86	1,14
Sur/superior	20	30,41	0,17
Sur/media	20	34,31	0,19
Sur/inferior	20	210,8988	1,16

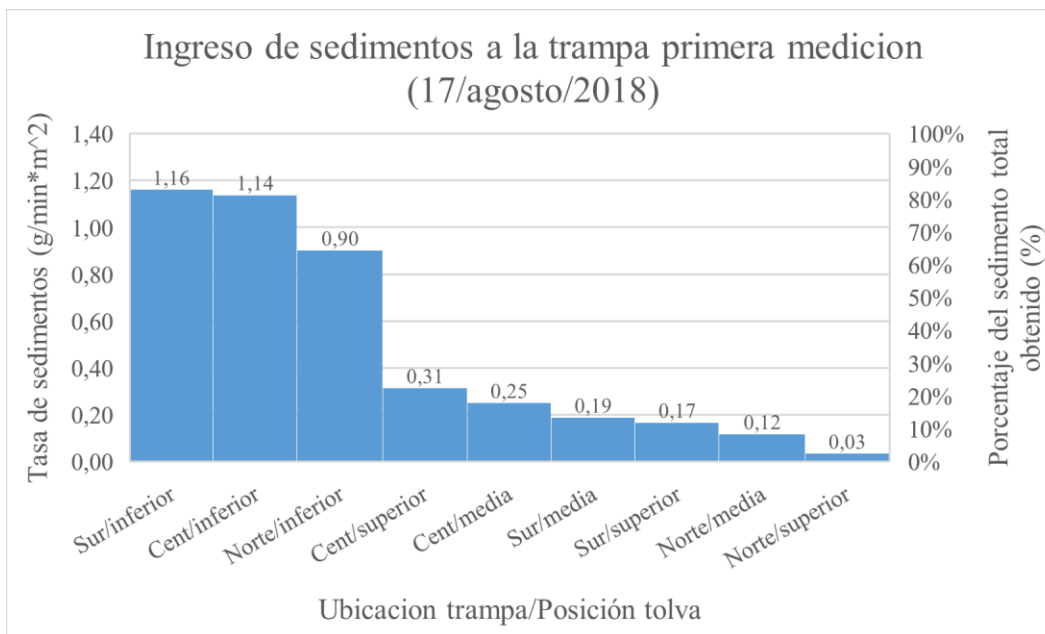
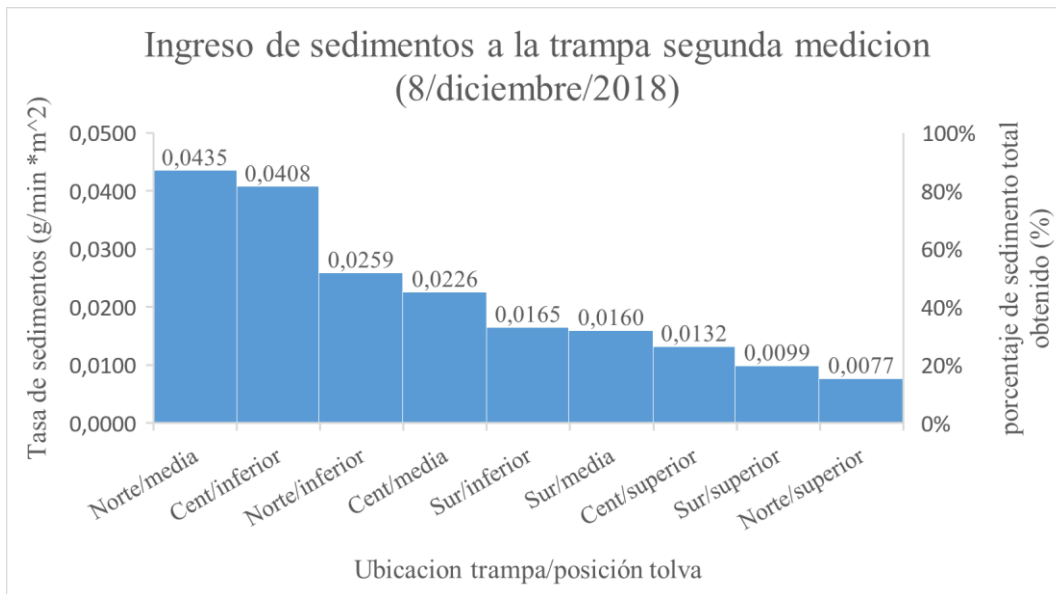


Figura 29: Esquema grafico de la tasa de sedimentos por trampa de la primera medición (17 de agosto del 2018).

Tabla 10: Tasa de sedimentos de la segunda campaña de medición (8 de diciembre de 2018).

ubicación de la trampa / posición de la tolva	Tiempo de medición (min)	peso muestra (g)	Tasa de sedimentos g/min/m <sup>2</sup>
Norte/superior	20	1,40	0,0077
Norte/media	20	7,90	0,0435
Norte/inferior	20	4,70	0,0259
Cent/superior	20	2,4	0,0132
Cent/media	20	4,1	0,0226
Cent/inferior	20	7,4	0,0408
Sur/superior	20	1,8	0,0099
Sur/media	20	2,9	0,0160
Sur/inferior	20	3	0,0165

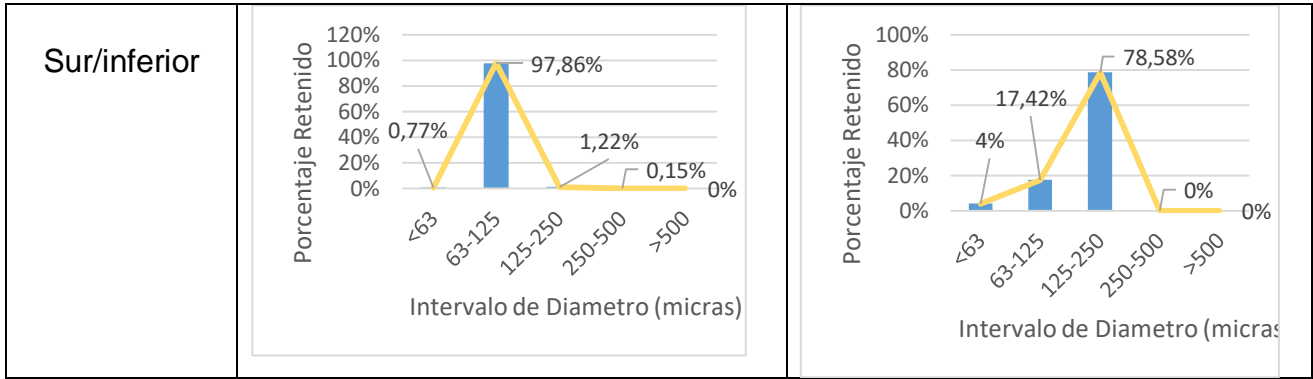


*Figura 30: Esquema grafico de la tasa de sedimentos por trampa de la segunda medición 8 de diciembre de 2018.*

Tabla 11: Comparación por campaña de medición de la granulometría de las trampas de sedimento instaladas en playa La Martina.

ubicación de la trampa / posición de la tolva	Primera medición (17/agosto/2018)	Segunda medición (08/diciembre/2018)																								
Norte/superior	<table border="1"> <caption>Primera medición (17/agosto/2018) - Norte/superior</caption> <thead> <tr> <th>Intervalo de diámetros (micras)</th> <th>Porcentaje Retenido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;63</td> <td>1,68%</td> </tr> <tr> <td>63-125</td> <td>90,48%</td> </tr> <tr> <td>125-250</td> <td>7,54%</td> </tr> <tr> <td>250-500</td> <td>0,30%</td> </tr> <tr> <td>&gt;500</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Intervalo de diámetros (micras)	Porcentaje Retenido	<63	1,68%	63-125	90,48%	125-250	7,54%	250-500	0,30%	>500	0%	<table border="1"> <caption>Segunda medición (08/diciembre/2018) - Norte/superior</caption> <thead> <tr> <th>Intervalo de Diámetro (micras)</th> <th>Porcentaje Retenido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;63</td> <td>4,98%</td> </tr> <tr> <td>63-125</td> <td>37,50%</td> </tr> <tr> <td>125-250</td> <td>57,52%</td> </tr> <tr> <td>250-500</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>&gt;500</td> <td>0,00%</td> </tr> </tbody> </table>	Intervalo de Diámetro (micras)	Porcentaje Retenido	<63	4,98%	63-125	37,50%	125-250	57,52%	250-500	0,00%	>500	0,00%
Intervalo de diámetros (micras)	Porcentaje Retenido																									
<63	1,68%																									
63-125	90,48%																									
125-250	7,54%																									
250-500	0,30%																									
>500	0%																									
Intervalo de Diámetro (micras)	Porcentaje Retenido																									
<63	4,98%																									
63-125	37,50%																									
125-250	57,52%																									
250-500	0,00%																									
>500	0,00%																									
Norte/media	<table border="1"> <caption>Primera medición (17/agosto/2018) - Norte/media</caption> <thead> <tr> <th>Intervalo de Diámetro (micras)</th> <th>Porcentaje Retenido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;63</td> <td>0,78%</td> </tr> <tr> <td>63-125</td> <td>94,77%</td> </tr> <tr> <td>125-250</td> <td>4,33%</td> </tr> <tr> <td>250-500</td> <td>0,12%</td> </tr> <tr> <td>&gt;500</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Intervalo de Diámetro (micras)	Porcentaje Retenido	<63	0,78%	63-125	94,77%	125-250	4,33%	250-500	0,12%	>500	0%	<table border="1"> <caption>Segunda medición (08/diciembre/2018) - Norte/media</caption> <thead> <tr> <th>Intervalo de diámetro (micras)</th> <th>Porcentaje Retenido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;63</td> <td>1,24%</td> </tr> <tr> <td>63-125</td> <td>18,08%</td> </tr> <tr> <td>125-250</td> <td>80,68%</td> </tr> <tr> <td>250-500</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>&gt;500</td> <td>0,00%</td> </tr> </tbody> </table>	Intervalo de diámetro (micras)	Porcentaje Retenido	<63	1,24%	63-125	18,08%	125-250	80,68%	250-500	0,00%	>500	0,00%
Intervalo de Diámetro (micras)	Porcentaje Retenido																									
<63	0,78%																									
63-125	94,77%																									
125-250	4,33%																									
250-500	0,12%																									
>500	0%																									
Intervalo de diámetro (micras)	Porcentaje Retenido																									
<63	1,24%																									
63-125	18,08%																									
125-250	80,68%																									
250-500	0,00%																									
>500	0,00%																									
Norte/inferior	<table border="1"> <caption>Primera medición (17/agosto/2018) - Norte/inferior</caption> <thead> <tr> <th>Intervalo de Diámetro (micras)</th> <th>Porcentaje Rerenido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;63</td> <td>0,76%</td> </tr> <tr> <td>63-125</td> <td>96,91%</td> </tr> <tr> <td>125-250</td> <td>2,27%</td> </tr> <tr> <td>250-500</td> <td>0,07%</td> </tr> <tr> <td>&gt;500</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Intervalo de Diámetro (micras)	Porcentaje Rerenido	<63	0,76%	63-125	96,91%	125-250	2,27%	250-500	0,07%	>500	0%	<table border="1"> <caption>Segunda medición (08/diciembre/2018) - Norte/inferior</caption> <thead> <tr> <th>Intervalo de Diámetro (micras)</th> <th>Porcentaje Retenido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;63</td> <td>3,16%</td> </tr> <tr> <td>63-125</td> <td>20,06%</td> </tr> <tr> <td>125-250</td> <td>76,77%</td> </tr> <tr> <td>250-500</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>&gt;500</td> <td>0,00%</td> </tr> </tbody> </table>	Intervalo de Diámetro (micras)	Porcentaje Retenido	<63	3,16%	63-125	20,06%	125-250	76,77%	250-500	0,00%	>500	0,00%
Intervalo de Diámetro (micras)	Porcentaje Rerenido																									
<63	0,76%																									
63-125	96,91%																									
125-250	2,27%																									
250-500	0,07%																									
>500	0%																									
Intervalo de Diámetro (micras)	Porcentaje Retenido																									
<63	3,16%																									
63-125	20,06%																									
125-250	76,77%																									
250-500	0,00%																									
>500	0,00%																									
Cent/superior	<table border="1"> <caption>Primera medición (17/agosto/2018) - Cent/superior</caption> <thead> <tr> <th>Intervalo de Diámetro (micras)</th> <th>Porcentaje Retenido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;63</td> <td>0,65%</td> </tr> <tr> <td>63-125</td> <td>96,06%</td> </tr> <tr> <td>125-250</td> <td>1,69%</td> </tr> <tr> <td>250-500</td> <td>1,60%</td> </tr> <tr> <td>&gt;500</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Intervalo de Diámetro (micras)	Porcentaje Retenido	<63	0,65%	63-125	96,06%	125-250	1,69%	250-500	1,60%	>500	0%	<table border="1"> <caption>Segunda medición (08/diciembre/2018) - Cent/superior</caption> <thead> <tr> <th>Intervalo de Diámetro (micras)</th> <th>Porcentaje Retenido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;63</td> <td>1,63%</td> </tr> <tr> <td>63-125</td> <td>16,58%</td> </tr> <tr> <td>125-250</td> <td>81,80%</td> </tr> <tr> <td>250-500</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>&gt;500</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Intervalo de Diámetro (micras)	Porcentaje Retenido	<63	1,63%	63-125	16,58%	125-250	81,80%	250-500	0%	>500	0%
Intervalo de Diámetro (micras)	Porcentaje Retenido																									
<63	0,65%																									
63-125	96,06%																									
125-250	1,69%																									
250-500	1,60%																									
>500	0%																									
Intervalo de Diámetro (micras)	Porcentaje Retenido																									
<63	1,63%																									
63-125	16,58%																									
125-250	81,80%																									
250-500	0%																									
>500	0%																									

Cent/media	<p>Porcentaje Retenido</p> <p>Intervalo de Diametro (micras)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Intervalo de Diametro (micras)</th> <th>Porcentaje Retenido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;63</td> <td>0,76%</td> </tr> <tr> <td>63-125</td> <td>95,94%</td> </tr> <tr> <td>125-250</td> <td>2,02%</td> </tr> <tr> <td>250-500</td> <td>1,28%</td> </tr> <tr> <td>&gt;500</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Intervalo de Diametro (micras)	Porcentaje Retenido	<63	0,76%	63-125	95,94%	125-250	2,02%	250-500	1,28%	>500	0%	<p>Porcentaje Retenido</p> <p>Intervalo de Diametro (micras)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Intervalo de Diametro (micras)</th> <th>Porcentaje Retenido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;63</td> <td>2,82%</td> </tr> <tr> <td>63-125</td> <td>26,41%</td> </tr> <tr> <td>125-250</td> <td>70,77%</td> </tr> <tr> <td>250-500</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>&gt;500</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Intervalo de Diametro (micras)	Porcentaje Retenido	<63	2,82%	63-125	26,41%	125-250	70,77%	250-500	0%	>500	0%
Intervalo de Diametro (micras)	Porcentaje Retenido																									
<63	0,76%																									
63-125	95,94%																									
125-250	2,02%																									
250-500	1,28%																									
>500	0%																									
Intervalo de Diametro (micras)	Porcentaje Retenido																									
<63	2,82%																									
63-125	26,41%																									
125-250	70,77%																									
250-500	0%																									
>500	0%																									
Cent/inferior	<p>Porcentaje Retenido</p> <p>Intervalo de Diametro (micras)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Intervalo de Diametro (micras)</th> <th>Porcentaje Retenido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;63</td> <td>0,72%</td> </tr> <tr> <td>63-125</td> <td>97,93%</td> </tr> <tr> <td>125-250</td> <td>0,65%</td> </tr> <tr> <td>250-500</td> <td>0,70%</td> </tr> <tr> <td>&gt;500</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Intervalo de Diametro (micras)	Porcentaje Retenido	<63	0,72%	63-125	97,93%	125-250	0,65%	250-500	0,70%	>500	0%	<p>Porcentaje Retenido</p> <p>Intervalo de Diametro (micra)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Intervalo de Diametro (micra)</th> <th>Porcentaje Retenido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;63</td> <td>1,64%</td> </tr> <tr> <td>63-125</td> <td>17,23%</td> </tr> <tr> <td>125-250</td> <td>81,13%</td> </tr> <tr> <td>250-500</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>&gt;500</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Intervalo de Diametro (micra)	Porcentaje Retenido	<63	1,64%	63-125	17,23%	125-250	81,13%	250-500	0%	>500	0%
Intervalo de Diametro (micras)	Porcentaje Retenido																									
<63	0,72%																									
63-125	97,93%																									
125-250	0,65%																									
250-500	0,70%																									
>500	0%																									
Intervalo de Diametro (micra)	Porcentaje Retenido																									
<63	1,64%																									
63-125	17,23%																									
125-250	81,13%																									
250-500	0%																									
>500	0%																									
Sur/superior	<p>Porcentaje Retenido</p> <p>Intervalo de Diametro (micras)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Intervalo de Diametro (micras)</th> <th>Porcentaje Retenido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;63</td> <td>0,36%</td> </tr> <tr> <td>63-125</td> <td>96,92%</td> </tr> <tr> <td>125-250</td> <td>1,84%</td> </tr> <tr> <td>250-500</td> <td>0,88%</td> </tr> <tr> <td>&gt;500</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Intervalo de Diametro (micras)	Porcentaje Retenido	<63	0,36%	63-125	96,92%	125-250	1,84%	250-500	0,88%	>500	0%	<p>Porcentaje Retenido</p> <p>Intervalo de Diametro (micras)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Intervalo de Diametro (micras)</th> <th>Porcentaje Retenido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;63</td> <td>32,45%</td> </tr> <tr> <td>63-125</td> <td>62,87%</td> </tr> <tr> <td>125-250</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>250-500</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>&gt;500</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Intervalo de Diametro (micras)	Porcentaje Retenido	<63	32,45%	63-125	62,87%	125-250	0%	250-500	0%	>500	0%
Intervalo de Diametro (micras)	Porcentaje Retenido																									
<63	0,36%																									
63-125	96,92%																									
125-250	1,84%																									
250-500	0,88%																									
>500	0%																									
Intervalo de Diametro (micras)	Porcentaje Retenido																									
<63	32,45%																									
63-125	62,87%																									
125-250	0%																									
250-500	0%																									
>500	0%																									
Sur/media	<p>Porcentaje Retenido</p> <p>Intervalo de Diametro (micras)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Intervalo de Diametro (micras)</th> <th>Porcentaje Retenido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;63</td> <td>0,42%</td> </tr> <tr> <td>63-125</td> <td>94,49%</td> </tr> <tr> <td>125-250</td> <td>3,12%</td> </tr> <tr> <td>250-500</td> <td>1,97%</td> </tr> <tr> <td>&gt;500</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Intervalo de Diametro (micras)	Porcentaje Retenido	<63	0,42%	63-125	94,49%	125-250	3,12%	250-500	1,97%	>500	0%	<p>Porcentaje Retenido</p> <p>Intervalo de Diametro (micras)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Intervalo de Diametro (micras)</th> <th>Porcentaje Retenido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;63</td> <td>2,91%</td> </tr> <tr> <td>63-125</td> <td>27,03%</td> </tr> <tr> <td>125-250</td> <td>70,06%</td> </tr> <tr> <td>250-500</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>&gt;500</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Intervalo de Diametro (micras)	Porcentaje Retenido	<63	2,91%	63-125	27,03%	125-250	70,06%	250-500	0%	>500	0%
Intervalo de Diametro (micras)	Porcentaje Retenido																									
<63	0,42%																									
63-125	94,49%																									
125-250	3,12%																									
250-500	1,97%																									
>500	0%																									
Intervalo de Diametro (micras)	Porcentaje Retenido																									
<63	2,91%																									
63-125	27,03%																									
125-250	70,06%																									
250-500	0%																									
>500	0%																									



La *Tabla 11* en general muestra que para la campaña de medición del 17 de agosto de 2018 los sedimentos son clasificados como arenas muy finas, al tener una moda predominante entre 63 y 125 micras a diferencia de la campaña del 8 de diciembre de 2018, la cual presenta un desplazamiento de la moda entre las 125 y 250 micras obteniendo un clasificación de arenas finas y disminuyendo el porcentaje de predominancia debido a que hay presencia de porcentajes considerables de otros rangos de tamaños dentro de las muestras, por ende por ende en las muestras del 8 de diciembre de 2018 hay mayor desviación estándar o sorting, con valores cercanos a 1,4, y para el 17 de agosto del 2018 está disminuye a valores del orden de 1,1, tal como se muestra más adelante en la *Tabla 12*.



#### 5.4.1 Resultados de GRADISTAT

Tabla 12: Resultados de parámetros granulométricos.

campañas 1 y 2 de las trampas de sedimento en playa La Martina.

Resultados GRADISTAT		Primera campaña 17 de agosto de 2018 (um)					Segunda campaña 8 de diciembre de 2018 (um)				
		D50	Media	So	Sk	Kt	D50	Media	So	Sk	Kt
Norte	Superior	76,47	76,47	1,20	0,28	1,70	134,1	117,2	1,41	-0,48	0,59
	Centro	75,93	77,72	1,12	0	0,73	137,2	119,3	1,41	-0,51	0,61
	Inferior	75,6	75,62	1,11	0	0,73	131,1	115,4	1,42	-0,44	0,58
Centro	Superior	75,76	75,76	1,12	0	0,73	132,4	116,1	1,42	-0,45	0,59
	Centro	75,76	75,76	1,2	0	0,73	141,5	123,4	1,38	-0,55	1,62
	Inferior	75,48	75,48	1,11	0	0,73	140,8	122,6	1,39	-0,54	0,67
Sur	Superior	75,68	75,68	1,1	0	0,73	137,7	119,7	1,40	-0,51	0,62
	Centro	76,03	76,03	1,18	0,25	1,48	136,7	118,9	1,41	-0,50	0,61
	Inferior	75,49	75,49	1,1	0,0	0,73	141	122,9	1,39	-0,54	0,68

Donde So= Grado de selección (Sorting), Sk= Asimetría (Skewness), Kt= Angulosidad (Kurtosis).

Para este análisis se escogió el método grafico/geométrico ya que este permite representar los pesos acumulados de las diferentes fracciones granulométricas y agrupar los datos mediante una o varias rectas que se tratan de ajustar lo mejor posibles y cada una de estas obtenidas asocia un rango de tamaños a un modo de transporte una mejor interpretación de un ambiente sedimentario según (Folk y Ward, 1957).

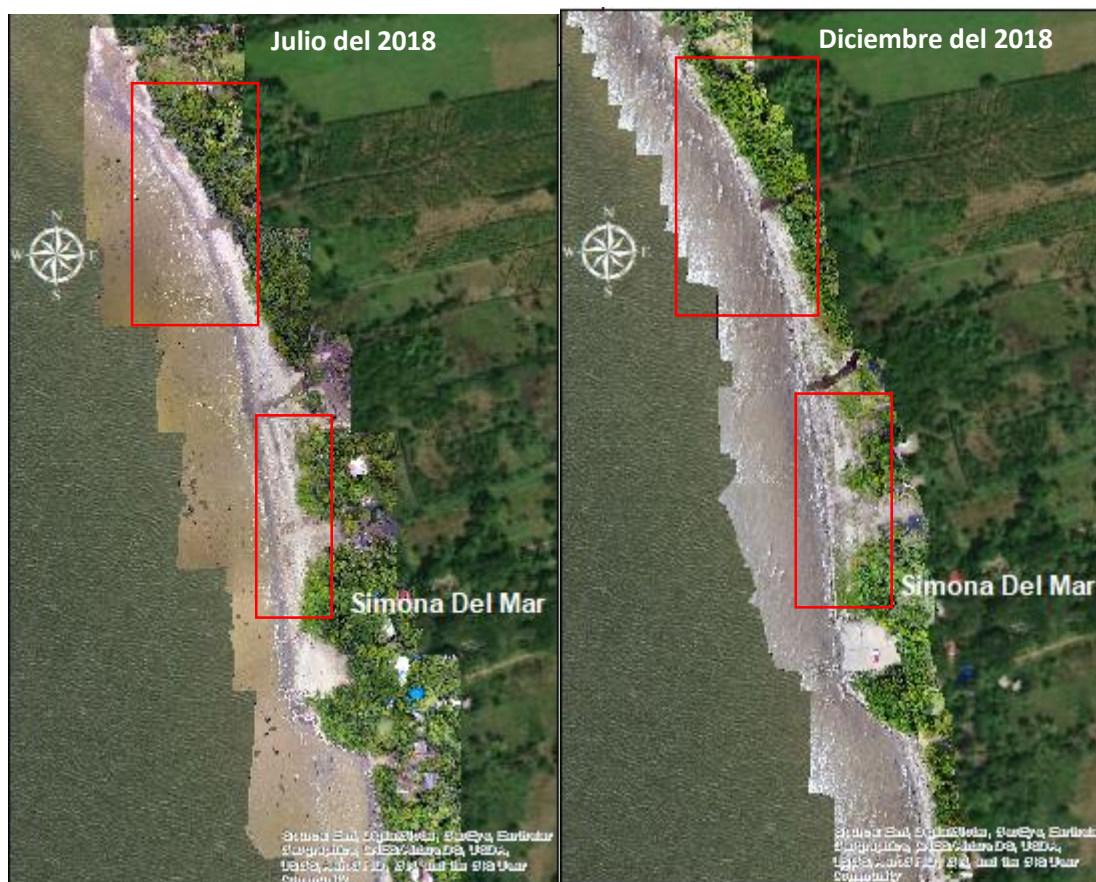
La Tabla 12 nos muestra que en las mediciones del 17 de agosto de 2018 los sedimentos tienen un sorting que no sobre pasa 1,2, lo que nos indica que son sedimentos muy bien seleccionadas, mientras que en la campaña del 8 de diciembre del 2018 muestra un sorting entre 1,38 y 1,42, lo que indica que los sedimentos para esa fecha son bien seleccionados, lo que concuerda con la Tabla 11 al mostrar porcentajes considerables en otros tipos de tamaños de partículas.

Por otro lado, la skewness en la primera campaña del 17 de agosto del 2018 va de 0 a 0,28, lo que nos dice que los sedimentos son muy simétricos por ende la moda de esta muestra debe representar una moda de tamaños muy finos, lo que se confirma con la Tabla 11, interpretando así que para esa fecha la energía es baja, a diferencia de la segunda campaña el 8 de diciembre de 2018 en donde la skewness se desplaza hacia valores negativos que van de -0,44 a -0,54 indicando y por tanto las variaciones de la energía cinética media se desplaza hacia valores más altos de lo normal y que la media corresponde a un tamaño de grano más grueso, lo que se puede corroborar con la *Tabla 11*.

Ahora bien dentro de cada fecha de campaña de medición se observan variaciones del tamaño de grano dependiendo de la ubicación de la trampa y la posición de las tolvas, una de las más significativas es que para el parámetro de la kurtosis en la zona de la trampa norte de las mediciones de la primera campaña muestra una kurtosis  $< 1,70$ , teniendo así sedimentos leptocurticos es decir sedimentos de mayores angulosidades, indicando también que allí se presenta una menor energía cinética y la trampa norte de la segunda campaña muestra una kurtosis  $< 0,61$  siendo menor a la primera campaña y clasificada dentro de la categoría de sedimentos muy platocurticos es decir de angulosidades menores e indicando mayor energía cinética. Y por parte de la zona de la trampa media y sur de la primera y segunda campaña se observa que los sedimentos están clasificados como mesocurticos.

## 5.4.2 Fotografías aéreas

Eventualmente se realizaron vuelos de dron para obtener orto fotos de la playa La Martina iniciando época húmeda (junio de 2018 ) y finalizando la misma (diciembre de 2018), para determinar diferencias entre ellas para cada fecha



*Figura 31: Fotografía aérea zona norte-norte julio y diciembre de 2018.*

Fotografías aéreas comparativas de julio de 2018 y diciembre del 2018 de playa La Martina sector norte - norte. Donde  representa la Perdida de sedimentos o terreno del sector imágenes.

En esta Figura 31 se puede observar un cambio en el área del recuadro representando la perdida de área del sector en el mes de diciembre o cierre de la época húmeda.





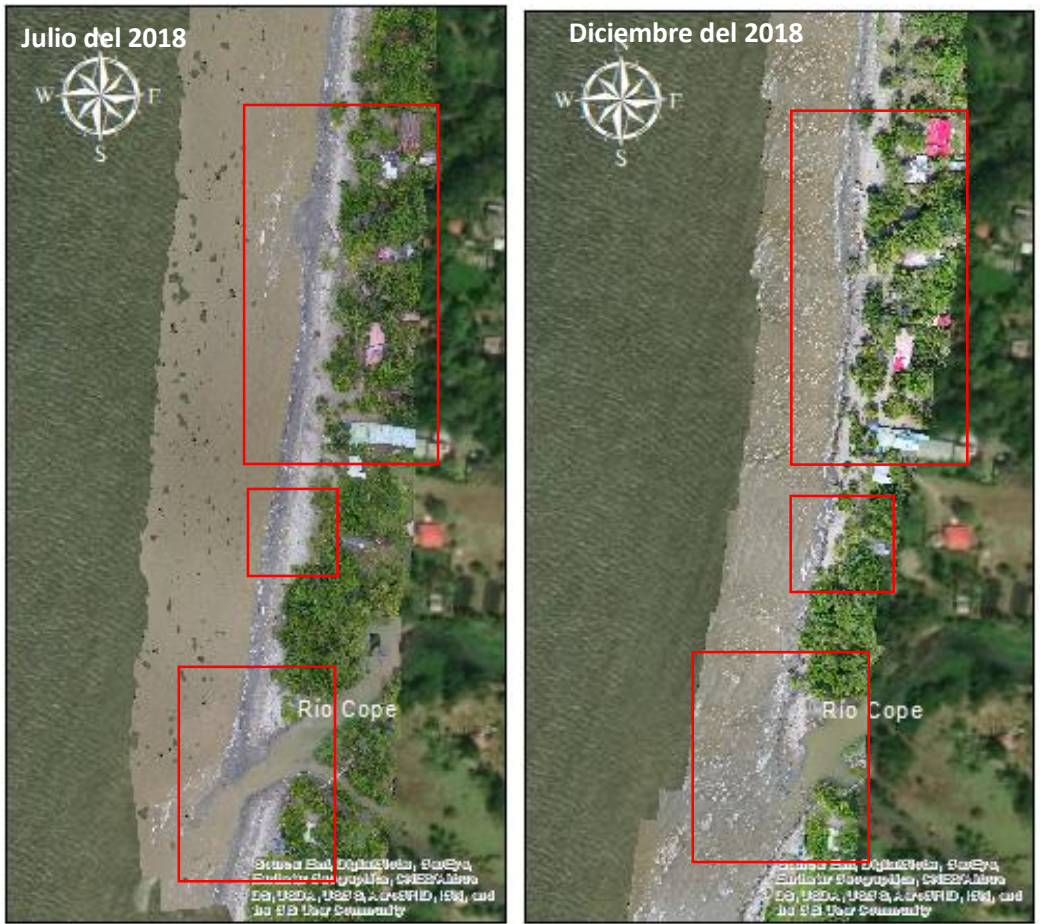


Figura 34: Fotografías aéreas zona sur – desembocadura del río Cope.

Fotografías aéreas comparativas de julio de 2018 y diciembre del 2018 de playa La Martina sector sur – Camerún - río cope donde  representa cambios significativos de pérdida de terreno en la playa.

En la Figura se puede evidenciar un comportamiento bastante erosivo del mes de junio al mes de diciembre.

## 6. Conclusiones

Las corrientes datadas en la época húmeda del año 2018 en playa La Martina tienen una dinámica similar en el transcurso de la época, observando que hacia el sur tiene un comportamiento característico de poseer mayores velocidades en dirección sur, por ende, mayor capacidad de arrastre de sedimentos, sin importar la hora del día en que se haga la medición, estas altas velocidades del lado sur son también debidas a la batimetría específica de la zona, que presenta múltiples barras sumergidas, lo que implica que el oleaje tenga influencia en las corrientes de este sector, lo que se pudo comprobar visualmente en cada una de las mediciones realizadas.

Por parte del sector norte las corrientes presentan una menor velocidad sin importar igualmente el horario del día, estas velocidades se deben a que es una zona con mayores pendientes a las del sector sur.

Las direcciones de cada una de las corrientes tomadas son determinadas principalmente por la dirección predominante del viento en cada mes de la época húmeda y no tienen influencia alguna de la marea.

Estas corrientes influyen en el transporte de los sedimentos, de los cuales se pudo concluir que la tasa de sedimentos de la parte central de la playa, justamente donde se encuentra ubicada una estructura de protección costera, es mayor que en los otros sectores (norte y sur), al menos en la primera campaña pero en la segunda campaña donde parte de la estructura había sido removida esta tasa de sedimentos ocupó el segundo lugar después de la tasa de sedimentos del sector norte, lo que nos indica que la obra de protección podría haber estado aumentando la dinámica y por ende la resuspensión de sedimentos, aumentando así la tasa de erosión en el sector central de la playa, en cercanías a Simona del Mar.

La batimetría también hace énfasis en que la zona norte es una zona con menos pendiente y más somera cerca a la costa y el sur es una zona con mayor pendiente encontrando mayores profundidades en cercanías de la línea de costa en comparación con el norte, lo que indica menor capacidad de retención de sedimento. Y por ende una mayor inestabilidad en la línea de costa

Por otro lado, los sedimentos en suspensión encontrados se identificaron como arenas muy finas con un pequeño porcentaje de arenas medias y su forma de mayor transportarse es en rodamiento o deslizamiento y de forma menor en suspensión.

## 7. Recomendaciones

Sugiero realizar un monitoreo permanente de los patrones de transporte de sedimentos es importante para poder lograr identificar de qué forma y en qué dirección son transportados los sedimentos de la playa en diferentes épocas y como es el comportamiento de las corrientes según la batimetría y las condiciones climáticas del lugar, para así lograr determinar los posibles ciclos de erosión / acreción en determinados sectores, y poder determinar áreas de mayor vulnerabilidad ante la erosión, así mismo esta información pueda ser tenida en cuenta para la planificación de obras y otras alternativas para la protección y la gestión costera.

Para la continuación del estudio de esta zona y poder crear una línea de tiempo considerable de información se recomienda realizar una trampa de sedimentos con mayor estabilidad para evitar errores de cantidad de sedimentos en la parte inferior debido a la interferencia de las extremidades inferiores de las personas encargadas de sujetarla durante el tiempo de medición pueden alterar las mediciones

También se recomienda mejorar el método de medición batimétrica mediante uso de equipos especializados que esta vez durante el trabajo no se pudieron tener en cuenta, así mismo como adaptar a la batimetría la topografía de la playa, es decir realizar una topo batimetría de la zona, para una mejor interpretación y realizarla comenzando la época y terminando la misma.

Igualmente se recomienda tomar datos de nivel de mar mediante un sensor de presión para poder analizar el comportamiento tanto de oleaje como de marea in situ para tener una mayor precisión en la interpretación de resultados de las demás variables costeras.



## 8. Referencias Bibliográficas

Ambientales Marinos y Costeros de Colombia (SIGEN). Primera Fase. Santa Marta, Colombia. 64 p.

Ballesteros y García. 2010. ESTUDIO BATIMÉTRICO CON ECOSONDA MULTIHAZ Y CLASIFICACIÓN DE FONDOS, universidad politécnica Catalunya, Barcelona.

Bird 2007 Proyectos estratégicos de conectividad para el noroccidente de Colombia Banco de iniciativas regionales para el desarrollo de Antioquia, Itagüí, Colombia 88 p.

Carter, R.W.G. 1988. Coastal environments and introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines. London; New York: Academic Press. 617 p.

CIOH. (2009).Extraído de <https://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ClimatologiaCaribe8.php>

Corrales, I., Rosell, J., Sánchez, L. Vera, J.A y Vilas, L. 1977. Estratigrafía. Rueda. Madrid, 718 p.

Costeras (Invemar) y Gobernación de Antioquia. Serie de Publicaciones Especiales de Invemar No 12, 2007, 180 p. ISBN: 978-958-98104-3-9.

Cuevas y Euán. Morfodinámica del perfil de playa con sedimentos carbonatados en la Península de Yucatán. Cienc. mar vol.35 no.3 Ensenada sep. 2009, versión impresa ISSN 0185-3880. Extraído de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-38802009000300006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802009000300006).

De Andrés y Barragán. Expansión urbana en las áreas litorales de América Latina y Caribe. Rev. Geogr. Norte Gd. no.64 Santiago set. 2016. version On-line ISSN 0718-3402. Extraído de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34022016000200009](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022016000200009)

Ekman, V. W. 1905. On the influence of the Earth's rotation on ocean currents. Arkiv for Matematik, 2(11), 1-53.

Erosion, 2004. Tesauro de la Costa. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona. 75p.

Folk, R.L. y Ward, W.C. 1957. Brasos river bar. A study in the significance of grain size parameters. Journal of, sedimentary petrology, 27: 3-26.

García, Carolina. Atlas del golfo de Urabá: Una mirada al Caribe de Antioquia y Chocó. 1a Edición. Santa Marta, Colombia: Instituto de Investigaciones Marinas.

Gómez, C., Alberto, J., & Arce, G. 2018. Geomorfología II: Morfología litoral; Agentes, procesos y formas resultantes. Revista Geográfica Digital. IGUNNE. Recuperado de <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/Geo21/archivos/gomezalbe14.pdf>

Gómez Serrato, José. 2016. Diagnóstico del impacto del plástico - botellas sobre el medio Ambiente: un estado del arte. Facatativá, 81p. Trabajo de grados (Administrador Ambiental y de los Recursos Naturales). Universidad santo Tomás. Facultad de ciencias y tecnologías. Cundinamarca.

Guzmán, W., B.O. Posada, G. Guzmán y D. Morales. 2008. Programa Nacional de Investigación para la Prevención, Mitigación y Control de la Erosión Costera en Colombia – PNIEC – Plan de Acción 2009 – 2019. Invemar, Santa Marta. 72 p.

Invemar. 2003. Hoja metodológica indicador de dinámica de la línea de costa. Proyecto específico: Formulación y diseño del Sistema de Gestión de Indicadores.

Liste, M. 2009. Patrones de circulación oceánica en el Litoral Español. España: Universidad de Cantabria.

Montoya, Luis Javier. Dinámica oceanográfica del golfo de Urabá y su relación con la dispersión de contaminantes y sedimentos. Medellín, 2010, 254 p. Tesis (Doctor en ingeniería). Universidad Nacional de Colombia, Posgrado de Aprovechamiento de recursos hidráulicos.

NORMAS DE LA OHI (NOHI) PARA LOS LEVANTAMIENTOS HIDROGRÁFICOS, 5ta Edición, febrero 2008. Publicación Especial No. 44 Publicado por el Bureau Hidrográfico Internacional.

Osorio, Andrés, Gómez, Andrés, Molina, Luis, Álvarez, Oscar y Osorio, Juan. Bases metodológicas para caracterizar el oleaje local (sea) y de fondo (swell) en el golfo de Urabá. En: XXIV Congreso latinoamericano de hidráulica 2010: Punta del Este, Uruguay. AIH, p. 12.

Posada, B. O y W. Henao. 2008. Diagnóstico de la erosión en la zona costera del Caribe Colombiano. Invemar. Serie Publicaciones Especiales No. 13, Santa Marta. 200 p.

Restrepo, Juan D. y Lopez, Sergio A. Morphodynamics of the Pacific and Caribbean deltas of Colombia, South America. En: Journal of South American Earth Sciences, 2008, Vol. Vol. 25, p. 1-21.

Roldán, Paola Andrea. Modelamiento del patrón de circulación de la bahía Colombia, golfo de Urabá. Implicaciones para el transporte de sedimentos. Medellín,

2008, 97 p. (Maestría en aprovechamiento de recursos hidráulicos). Universidad Nacional de Colombia, Posgrado en aprovechamiento de recursos hidráulicos.

Small, C. & Nicholls, R.J. A global analysis of human settlement in coastal zones. *Journal of Coastal Research*, 2003, Vo. 19, N° 3, p. 584-599.

Tolman, H.L. User manual and system documentation of WAVEWATCH –III version 1.5. NOAA/NWS/NCEP/OMB, 1997, 97 p.

Toscano, K. A. 2012. Estudio histórico de corrientes marinas en bahía naufragio-Isla Galapagos empleando los métodos Euleriano y lagrangiano de medición de corrientes. Escuela superior politécnica del litoral, 20-40

(UNEP) United Nations Environment Programme. Marine and coastal ecosystems and human well-being: A synthesis report based on the findings of the Millennium Ecosystem Assessment. 2006. Extraída de [http://www.unep.org/publications/search/pub\\_details\\_s.asp?ID=3792](http://www.unep.org/publications/search/pub_details_s.asp?ID=3792).

Velasquez, Liliana. Modelación del transporte de sedimentos en el golfo de Urabá, Colombia. Universidad EAFIT Escuela de Ingeniería. Departamento de geología. Medellín. 2013.

Vélez Agudelo, Camilo y AGUIRRE Ramírez, Néstor. (2016). influencia del río Atrato en el golfo de Urabá durante el holoceno tardío, mar caribe colombiano. Santa Marta, Colombia. 25p. Universidad de Antioquia, Grupo de Investigación en Gestión y Modelación Ambiental (GAIA).

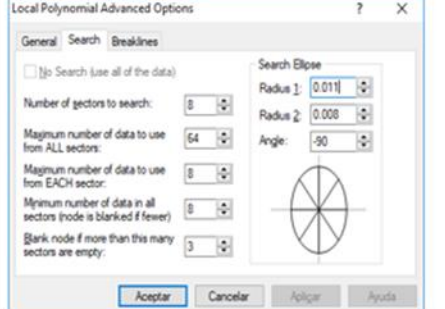
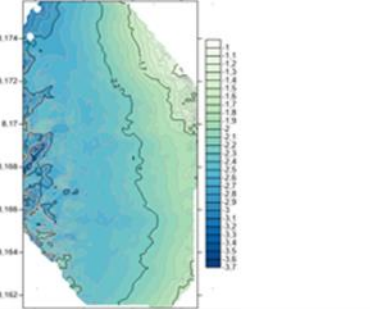
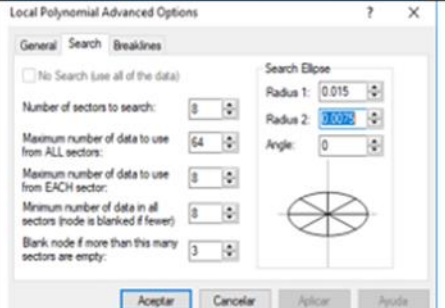
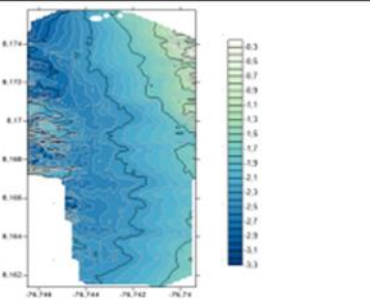
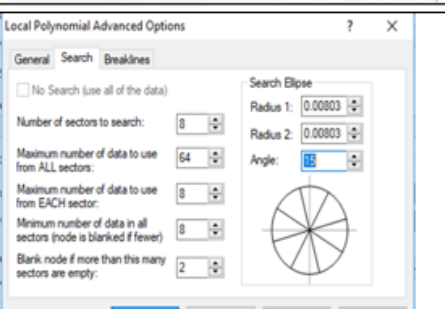
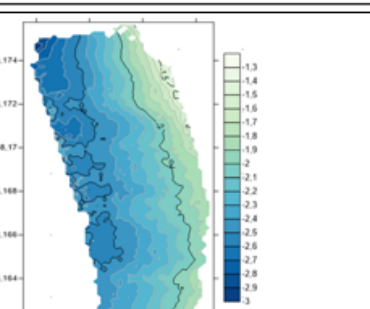
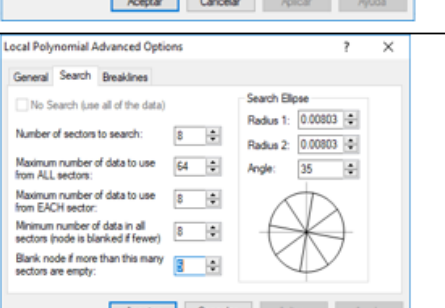
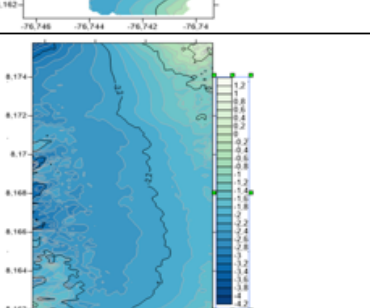
Vernette, Georges, Gayet, Jacques, Echeverri, Carlos, Piedrahita, Ignacio y Correa, Ivan. Introducción a los ambientes deltaicos: Morfología y Sedimentación, En: *Geología y Oceanografía del delta del río San Juan, litoral pacífico colombiano.*, 1ra Edición, Universidad EAFIT, Medellín, Colombia, 2002. 221 p.

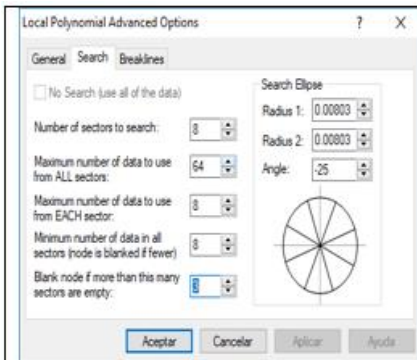
Vidal, César. Losada, Miguel A. Modelo de morfo dinámica de playas. Grupo de ingeniería Oceanográfica y de Costas. Universidad de Cantabria. Dto. de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente. Ingeniería del Agua. Vol. 2 Num. Extraordinario (abril 1995) p. 55

Yañez-Arancibia, A. y J, Day. 2010. La zona costera frente al cambio climático – Vulnerabilidad de un sistema biocomplejo e implicaciones en manejo costero. (p: 12 – 35). En: Yañez-Arancibia, A. (Ed). *Impactos del cambio climático sobre la zona costera*. Instituto de Ecología A.C. (INECOL), Texas Sea Grant Program, Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México D. F. 200 p. 15.

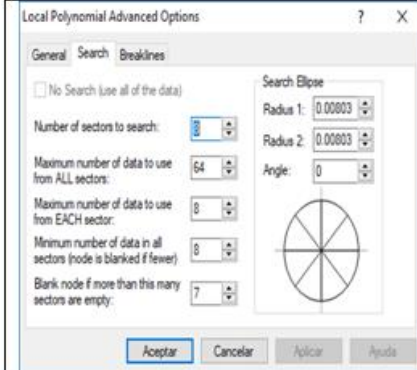
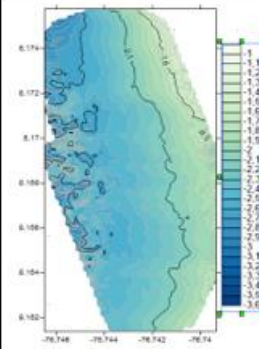
## 9. Anexos

### Anexo 1. Métodos de interpolación analizados para la batimetría de playa La Martina

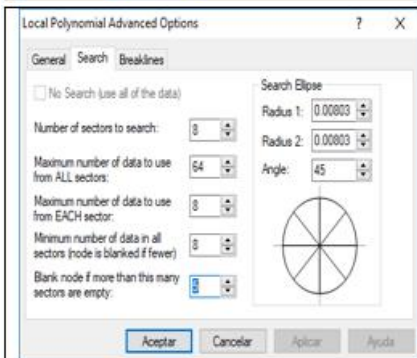
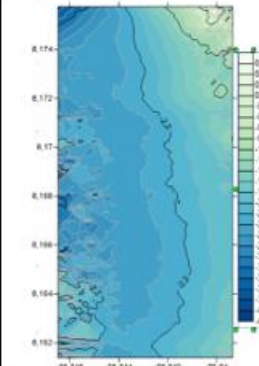
Variaciones en el método local polynomial	Especificación	Resultado
	<p>Configuración:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• # de sectores de búsqueda= 8</li> <li>• # de nodos en blanco = 3</li> <li>• Radio 1= 0.011</li> <li>• Radio 2=0.008</li> <li>• Angulo=-90°</li> </ul> <p>Probando dirección paralela a la costa en forma elíptica.</p>	
	<p>Configuración:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• # de sectores de búsqueda =8</li> <li>• # de nodos en blanco = 3</li> <li>• Radio 1= 0,015</li> <li>• Radio 2=0,0075</li> <li>• Angulo=0°</li> </ul> <p>Probando dirección perpendicular a la costa en forma elíptica</p>	
	<p>Configuración:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• # de sectores de búsqueda =8</li> <li>• # de nodos en blanco = 2</li> <li>• Radio 1= 0,00803</li> <li>• Radio 2=0,00803</li> <li>• Angulo=15°</li> </ul> <p>Probando de forma circular</p>	
	<p>Configuración:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• # de sectores de búsqueda =8</li> <li>• # de nodos en blanco = 5</li> <li>• Radio 1= 0,00803</li> <li>• Radio 2=0,00803</li> <li>• Angulo=35°</li> </ul> <p>Probando forma circular</p>	



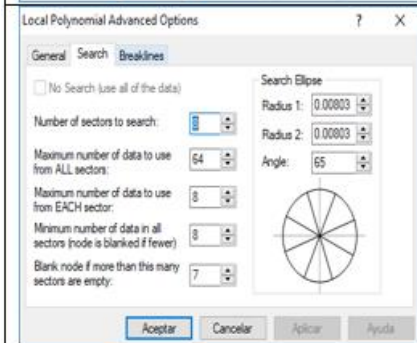
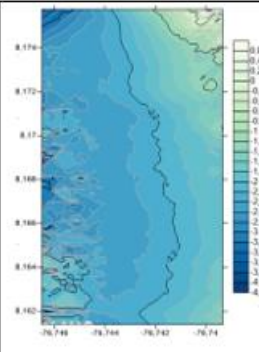
Configuración:  
 • # de sectores de búsqueda =8  
 • # de nodos en blanco= 3  
 • Radio 1= 0,00803  
 • Radio 2=0,00803  
 • Angulo=-25°  
 Probando forma circular



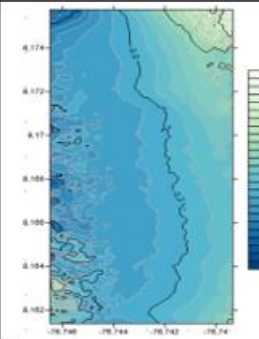
Configuración:  
 • # de sectores de búsqueda =8  
 • # de nodos en blanco= 7  
 • Radio 1= 0,00803  
 • Radio 2=0,00803  
 • Angulo=0°  
 Probando forma circular

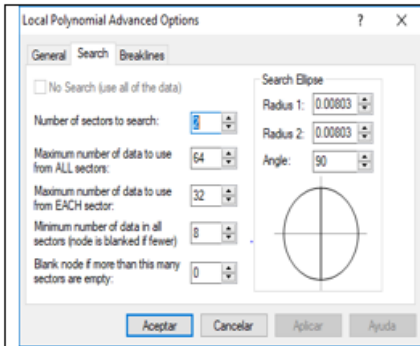


Configuración:  
 • # de sectores de búsqueda =8  
 • # de nodos en blanco= 5  
 • Radio 1= 0,00803  
 • Radio 2=0,00803  
 • Angulo=45°  
 Probando forma circular



Configuración:  
 • # de sectores de búsqueda =8  
 • # de nodos en blanco= 7  
 • Radio 1= 0,00803  
 • Radio 2=0,00803  
 • Angulo=65°  
 Probando forma circular

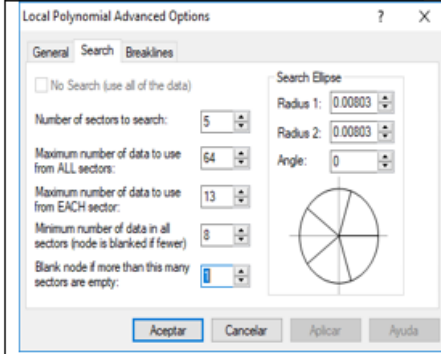
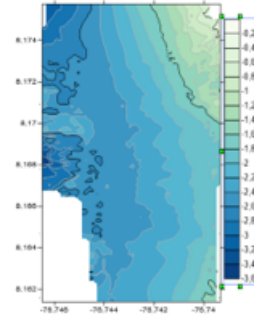




Configuración:

- # de sectores de búsqueda = 2
- # de nodos en blanco = 0
- Radio 1 = 0,00803
- Radio 2 = 0,00803
- Angulo = 90°

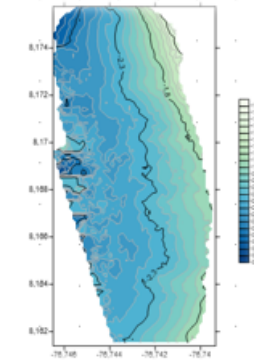
Probando forma circular paralela a la costa



Configuración:

- # de sectores de búsqueda = 5
- # de nodos en blanco = 1
- Radio 1 = 0,00803
- Radio 2 = 0,00803
- Angulo = 0°

Probando forma circular



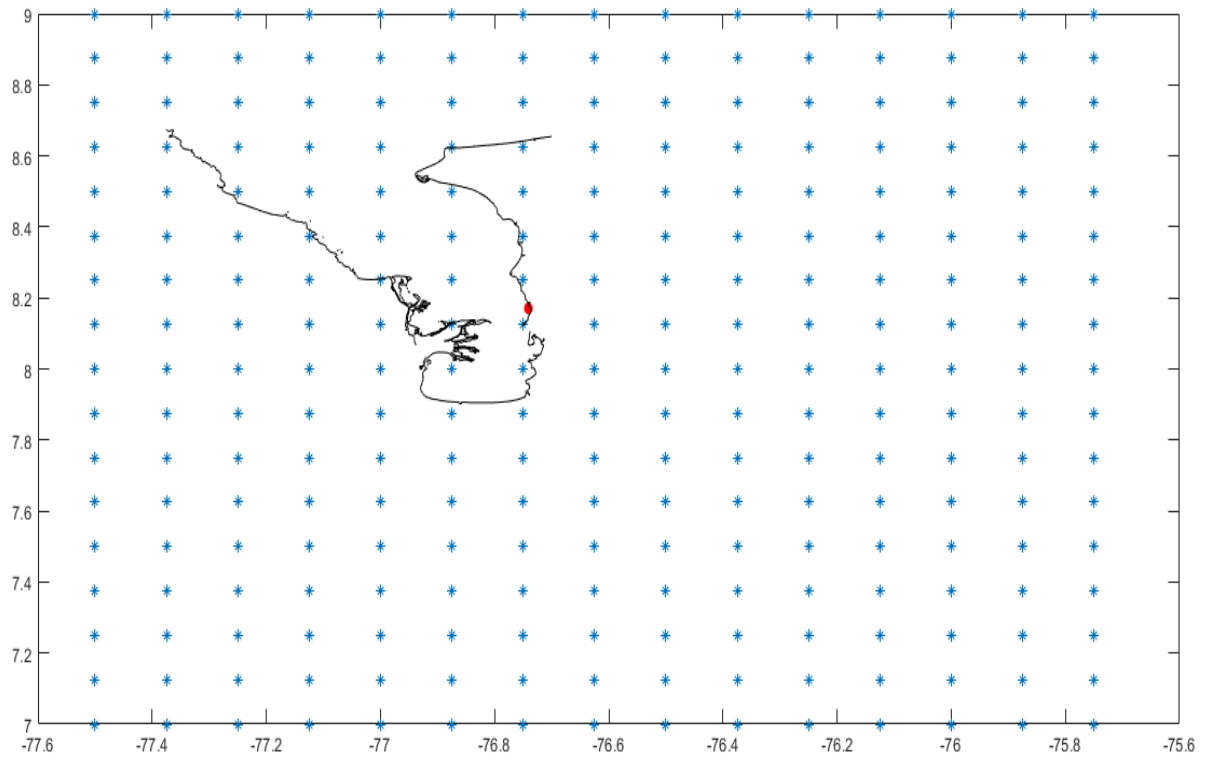
Anexo 2. Información tabulada de los vientos para los meses de mediciones de corrientes en campo de época húmeda de 2018.

Año	Mes	Día	Hora	u	v	Magnitud (m/s)	Dirección Hacia donde va
2018	8	14	0	0,879	0,5775	1,0518	56,69644 (N)
2018	8	14	6	1,8928	1,0338	2,1568	61,35778 (NE)
2018	8	14	12	2,0672	4,8582	5,2797	23,05069 (N)
2018	8	14	18	1,6002	1,6705	2,3132	43,76842(N)
2018	8	15	0	0,7515	1,7294	1,8857	23,48723(N)
2018	8	15	6	1,2057	1,6305	2,0279	36,48022 (N)
2018	8	15	12	0,363	0,8499	0,9242	23,12581 (N)
2018	8	15	18	-0,2451	0,0425	0,2488	279,8395 (NW)
2018	11	4	0	1,3054	0,0377	1,3059	88,3454 (NE)
2018	11	4	6	0,7834	1,0548	1,3139	36,5991 (N)
2018	11	4	12	0,4864	1,4944	1,5716	18,0302 (N)
2018	11	4	18	0,6203	0,2735	0,6779	66,2111 (NE)
2018	11	5	0	0,9253	0,5234	1,0631	60,5077 (NE)
2018	11	5	6	0,6931	1,0733	1,2776	32,8521 (N)
2018	11	5	12	0,874	1,2253	1,5051	35,5007 (N)
2018	11	5	18	1,1704	0,4184	1,2429	70,3282 (NE)
2018	11	29	0	-0,6197	-0,9963	1,1733	211,882 (SW)
2018	11	29	6	0,5632	0,9106	1,0707	31,7368 (N)
2018	11	29	12	0,0336	0,8337	0,8344	2,31196 (N)
2018	11	29	18	0,0861	-1,4392	1,4418	176,575 (SE)
2018	12	6	0	0,8867	-0,7765	1,1787	131,2087 (SE)
2018	12	6	6	0,4387	0,72142	0,844	31,30926 (N)
2018	12	6	12	0,4665	1,19924	1,2868	21,25884 (N)
2018	12	6	18	-1,85	-0,452	1,9051	256,2757 (S)





Anexo 3. ubicación de la estación de ECMWF - ERA-Interim más cercana al área del área de estudio para el análisis de vientos.



Anexo 4. Datos del levantamiento batimétrico.

Numero	Coordenada-Norte	Coordenada(W)	profundidad(Z)	horas	corrección por marea (-)
1	810327	7644320	1,1	8:10	-0,6
2	810319	7644331	1,5	8:10	-1
3	810314	7644356	2,1	8:11	-1,6
4	810311	7644375	2,4	8:12	-1,9
5	810309	7644010	3,1	8:13	-2,6
6	810308	7644429	3,8	8:14	-3,3
7	810308	7644466	4,7	8:15	-4,2
8	810288	7644474	5	8:16	-4,5
9	810279	7644452	4,4	8:17	-3,9
10	810275	7644412	3,5	8:18	-3
11	810269	7644375	2,6	8:19	-2,1
12	810268	7644344	2	8:21	-1,5
13	810265	7644312	1,7	8:22	-1,2
14	810265	7644288	1,2	8:23	-0,7
15	810240	7644279	1,3	8:24	-0,8
16	810235	7644298	1,5	8:25	-1
17	810235	7644317	1,8	8:26	-1,3
18	810233	7644342	2,4	8:27	-1,9
19	810233	7644367	2,8	8:27	-2,3
20	810234	7644393	3,8	8:28	-3,3
21	810233	7644409	4,1	8:29	-3,6
22	810204	7644420	4,6	8:30	-4,1
23	810199	7644390	3,7	8:31	-3,2
24	810195	7644351	2,8	8:32	-2,3
25	810194	7644315	2	8:33	-1,5
26	810192	7644290	1,5	8:34	-1
27	810193	7644267	1,1	8:35	-0,6
28	810167	7644261	1,2	8:36	-0,7
29	810160	7644284	1,9	8:37	-1,4
30	810159	7644302	2	8:38	-1,5
31	810160	7644325	2,6	8:39	-2,1
32	810162	7644350	3,1	8:40	-2,6
33	810164	7644376	3,8	8:40	-3,3
34	810166	7644399	4,3	8:41	-3,8
35	810136	7644385	4,9	8:42	-4,4
36	810128	7644387	4,2	8:43	-3,7
37	810124	7644354	3,3	8:43	-2,8
38	810122	7644327	2,8	8:44	-2,3

39	810124	7644303	2,3	8:44	-1,8
40	810124	7644276	1,9	8:45	-1,4
41	810127	7644258	1,6	8:45	-1,1
42	810112	7644267	1,7	8:46	-1,2
43	810111	7644275	1,7	8:47	-1,2
44	810110	7644297	2,5	8:47	-2,03
45	810107	7644339	3,1	8:48	-2,63
46	810107	7644364	3,8	8:49	-3,33
47	810106	7644391	4,6	8:50	-4,13
48	810099	7644396	4,6	8:51	-4,13
49	810090	7644371	4,3	8:52	-3,83
50	810091	7644346	3,4	8:53	-2,93
51	810093	7644321	2,8	8:53	-2,33
52	810096	7644300	2,4	8:54	-1,93
53	810095	7644282	2	8:55	-1,53
54	810098	7644262	1,7	8:56	-1,23
55	810100	7644240	1,2	8:57	-0,73
56	810091	7644234	1,1	8:57	-0,63
57	810085	7644260	1,7	8:58	-1,23
58	810084	7644282	2	8:59	-1,53
59	810084	7644304	2,4	9:00	-1,93
60	810084	7644328	2,9	9:00	-2,43
61	810084	7644348	3,4	9:01	-2,93
62	810086	7644370	4,2	9:01	-3,73
63	810066	7644376	4,2	9:03	-3,73
64	810068	7644356	3,8	9:04	-3,33
65	810070	7644338	3,1	9:05	-2,63
66	810070	7644319	2,7	9:05	-2,23
67	810070	7644300	2,5	9:06	-2,03
68	810071	7644281	1,9	9:07	-1,43
69	810073	7644257	1,5	9:07	-1,03
70	810073	7644231	1,3	9:08	-0,83
71	810052	7644228	1,3	9:09	-0,83
72	810050	7644245	1,7	9:09	-1,23
73	810047	7644269	1,9	9:10	-1,43
74	810047	7644304	2,7	9:11	-2,23
75	810049	7644324	3	9:12	-2,53
76	810052	7644347	3,4	9:12	-2,93
77	810055	7644373	4,2	9:13	-3,73
78	810033	7644378	4,4	9:14	-3,93
79	810034	7644359	3,8	9:15	-3,33

80	810033	7644343	3,5	9:16	-3,03
81	810033	7644315	3	9:17	-2,53
82	810032	7644294	2,5	9:18	-2,03
83	810031	7644270	2,1	9:19	-1,63
84	810033	7644250	1,6	9:19	-1,13
85	810033	7644227	1,3	9:20	-0,83
86	810012	7644227	1,2	9:21	-0,73
87	810009	7644251	1,6	9:22	-1,13
88	810008	7644274	2,3	9:22	-1,83
89	810009	7644298	2,7	9:23	-2,23
90	810011	7644323	3,2	9:24	-2,73
91	810011	7644354	3,9	9:25	-3,43
92	810012	7644387	4,6	9:26	-4,13
93	809580	7644395	4,7	9:27	-4,23
94	809579	7644362	4	9:27	-3,53
95	809579	7644342	3,8	9:28	-3,33
96	809579	7644319	3	9:29	-2,53
97	809581	7644300	2,7	9:30	-2,23
98	809582	7644278	2,2	9:31	-1,8
99	809584	7644255	1,8	9:32	-1,4
100	809586	7644235	1,6	9:32	-1,2
101	809586	7644221	1,1	9:33	-0,7
102	809555	7644225	1,1	9:34	-0,7
103	809554	7644243	1,7	9:34	-1,3
104	809555	7644264	2	9:35	-1,6
105	809555	7644294	2,8	9:36	-2,4
106	809556	7644318	3,1	9:36	-2,7
107	809554	7644340	3,6	9:37	-3,2
108	809562	7644367	4,5	9:38	-4,1
109	809541	7644374	4,4	9:39	-4
110	809538	7644348	3,6	9:40	-3,2
111	809537	7644331	3,3	9:42	-2,9
112	809536	7644311	2,9	9:42	-2,5
113	809536	7644286	2,4	9:43	-2
114	809537	7644262	2	9:44	-1,6
115	809538	7644246	1,5	9:44	-1,1
116	809535	7644224	1,3	9:45	-0,9
117	809529	7644242	1,7	9:45	-1,3
118	809526	7644260	2	9:46	-1,6
119	809524	7644288	2,2	9:47	-1,8
120	809523	7644313	2,9	9:48	-2,5

121	809523	7644347	3,8	9:49	-3,4
122	809524	7644364	3,9	9:49	-3,5
123	809521	7644378	4,3	9:50	-3,9
124	809500	7644381	4,2	9:51	-3,8
125	809500	7644355	3,7	9:52	-3,3
126	809498	7644330	3	9:52	-2,6
127	809496	7644301	2,8	9:53	-2,4
128	809494	7644282	2,3	9:54	-1,9
129	809491	7644259	1,7	9:55	-1,3
130	809491	7644240	1,3	9:55	-0,9
131	809488	7644228	1,3	9:56	-0,9
132	809468	7644234	1,5	9:57	-1,1
133	809465	7644244	1,4	9:57	-1
134	809464	7644262	1,8	9:58	-1,4
135	809464	7644283	2,4	9:59	-2
136	809466	7644306	2,9	9:59	-2,5
137	809468	7644328	3,1	10:00	-2,7
138	809469	7644346	3,5	10:01	-3,1
139	809468	7644365	4	10:01	-3,6
140	809439	7644379	4	10:02	-3,6
141	809434	7644360	3,8	10:03	-3,4
142	809433	7644340	3,1	10:03	-2,7
143	809430	7644317	2,7	10:04	-2,3
144	809428	7644295	2,3	10:05	-1,9
145	809425	7644265	1,6	10:06	-1,2
146	809424	7644247	0,6	10:06	-0,2
147	809417	7644248	0,8	10:07	-0,4
148	809413	7644259	1,2	10:08	-0,8
149	809411	7644272	1,8	10:09	-1,4
150	809410	7644289	2,2	10:09	-1,8
151	809410	7644308	2,6	10:10	-2,2
152	809411	7644329	3,1	10:10	-2,7
153	809412	7644345	3,2	10:11	-2,8
154	809412	7644367	3,8	10:11	-3,4
155	809411	7644381	4,4	10:12	-4
156	809435	7644389	4,4	10:13	-4
157	809430	7644363	3,7	10:13	-3,3
158	809425	7644336	3,2	10:14	-2,8
159	809424	7644307	2,5	10:14	-2,1
160	809423	7644272	1,5	10:16	-1,1
161	809425	7644251	0,9	10:16	-0,5

162	809477	7644227	1,2	10:17	-0,8
163	809483	7644245	1,7	10:18	-1,3
164	809486	7644271	2	10:19	-1,6
165	809491	7644297	2,3	10:20	-1,9
166	809494	7644321	2,9	10:22	-2,5
167	809502	7644346	3,4	10:22	-3
168	809509	7644370	4	10:23	-3,6
169	809545	7644373	4,3	10:24	-3,9
170	809545	7644336	3,4	10:25	-3
171	809546	7644297	2,6	10:25	-2,2
172	809549	7644261	1,9	10:26	-1,5
173	809552	7644230	1,4	10:28	-1
174	810013	7644216	0,8	10:29	-0,4
175	810018	7644239	1,5	10:30	-1,1
176	810018	7644268	1,9	10:31	-1,5
177	810024	7644303	2,8	10:32	-2,4
178	810028	7644330	3,2	10:33	-2,8
179	810033	7644360	3,9	10:34	-3,5
180	810068	7644370	4,1	10:35	-3,7
181	810070	7644342	3,3	10:36	-2,9
182	810067	7644311	2,7	10:37	-2,3
183	810064	7644278	1,9	10:38	-1,5
184	810062	7644242	1,4	10:39	-1
185	810063	7644227	1,1	10:40	-0,7
186	810100	7644233	0,9	10:41	-0,6
187	810105	7644248	1,3	10:42	-1
188	810105	7644264	1,6	10:43	-1,3
189	810107	7644284	2	10:43	-1,7
190	810111	7644300	2	10:45	-1,7
200	810114	7644329	2,8	10:45	-2,5
201	810118	7644357	3,5	10:46	-3,2
202	810125	7644385	4,1	10:47	-3,8
203	810127	7644389	4,5	10:48	-4,2
204	810130	7644366	3,6	10:49	-3,3
205	810128	7644342	2,9	10:50	-2,6
206	810125	7644321	2,5	10:51	-2,2
207	810124	7644297	2,2	10:51	-1,9
208	810125	7644272	1,7	10:52	-1,4
209	810127	7644253	1,4	10:53	-1,1
210	810135	7644245	1,1	10:53	-0,8
211	810139	7644259	1,4	10:54	-1,1

212	810141	7644279	1,9	10:55	-1,6
213	810143	7644306	2,2	10:55	-1,9
214	810147	7644327	2,3	10:56	-2
215	810154	7644348	2,9	10:56	-2,6
216	810162	7644368	3,6	10:57	-3,3
217	810174	7644393	3,9	10:58	-3,6
218	810192	7644399	4,1	10:59	-3,8
219	810196	7644371	3	10:59	-2,7
220	810196	7644336	2	11:00	-1,7
221	810196	7644310	1,9	11:01	-1,6
222	810200	7644272	1,2	11:02	-0,9
223	810249	7644266	0,8	11:03	-0,5
224	810255	7644290	1,3	11:04	-1
225	810256	7644311	1,6	11:05	-1,3
226	810258	7644339	1,9	11:06	-1,6
227	810260	7644371	2,5	11:07	-2,2
228	810267	7644400	3,4	11:08	-3,1
229	810273	7644423	4,1	11:09	-3,8
230	810285	7644433	3,9	11:09	-3,6
231	810295	7644407	3	11:10	-2,7
232	810303	7644378	2,2	11:11	-1,9
233	810307	7644343	1,8	11:12	-1,5
234	810314	7644315	0,9	11:13	-0,6