

REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY
ARMADA NACIONAL
SERVICIO DE OCEANOGRAFÍA HIDROGRAFÍA Y METEOROLOGÍA DE LA ARMADA



CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE CORRIENTES

INFORMACIÓN ESTADÍSTICA
A LO LARGO DE LA
COSTA URUGUAYA

PUBLICACIÓN Nº 14 B

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE CORRIENTES

INFORMACIÓN ESTADÍSTICA A LO LARGO DE LA COSTA URUGUAYA

REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY
ARMADA NACIONAL



PUBLICADO POR EL
SERVICIO DE OCEANOGRAFÍA, HIDROGRAFÍA Y METEOROLOGÍA
DE LA ARMADA

1a EDICIÓN 2023

© 2023, SOHMA URUGUAY
Todos los derechos reservados
ISBN 978-9915-9371-9-9

Publicación
N° 14 B

PRÓLOGO

Con la publicación **CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE CORRIENTES, INFORMACIÓN ESTADÍSTICA A LO LARGO DE LA COSTA URUGUAYA**, el departamento de Oceanografía perteneciente al Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada (SOHMA), continúa con la tarea de informar y divulgar los conocimientos referentes a nuestras Aguas Jurisdiccionales.

Nuestra finalidad es proporcionar a los diversos actores relacionados con el tema, la información básica que puede ser de utilidad ya sea a navegantes, científicos, técnicos, gestores y /o estudiantes.

Proveemos un conocimiento actualizado hasta la fecha de los estudios de las corrientes de mareas frente a las costas de Colonia, Montevideo, Punta del Este y La Paloma. Esta información deberá ser tomada como una herramienta más a aplicar en conjunto con información de monitoreo, para así contribuir a la comprensión de las corrientes generadas por la marea lo más eficazmente que sea posible.

Su uso, podrá ser de utilidad para aquellos navegantes que utilicen esta información para la navegación costera.

En esta publicación se indican valores de las corrientes de mareas referidos a la pleamar en los puertos de Colonia, Montevideo, Punta del Este y La Paloma. Los cálculos fueron realizados con datos tomados entre los años 2004y 2018 por este Servicio.

El trabajo de cálculo, su recopilación, armado y edición, ha sido realizado por el Magister Alvaro Demicheli, perteneciente a la División Física del Departamento de Oceanografía.

La lectura crítica ha sido realizada por el Jefe del Departamento de Oceanografía AN (CG) Victoria ROUCO.

Capitán de Navío (CG)



ALEJANDRO CHUCARRO
Jefe del Servicio de Oceanografía, Hidrografía
y Meteorología de la Armada

Agosto, 2023

ÍNDICE

Capítulo I	
Introducción.....	Pág. 3
Capítulo II - Metodología	
Área de estudio	Pág. 4
Materiales y métodos	Pág. 5
Análisis de datos	Pág. 7
Capítulo III - Resultados	
Resumen de períodos y cantidad de datos estudiados	Pág. 9
Juan Lacaze.....	Pág. 9
Boya DG-6	Pág. 12
Montevideo.....	Pág. 15
Atlántida	Pág. 18
Punta del Este.....	Pág. 21
Rocha.....	Pág. 24
Comparación entre puntos.....	Pág. 27
Conclusiones	Pág. 30
Referencias	Pág. 31

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Las corrientes en zonas cercanas a la costa y a nivel local se pueden definir como el movimiento en sentido horizontal del agua, y pueden ser causadas por diversos factores. Los dos principales a nivel costero son la acción del viento sobre la superficie del mar y las mareas, que junto con el ascenso y descenso del nivel del mar, generan corrientes asociadas a este desplazamiento de la masa de agua. La acción sumada de estas fuerzas, junto con la topografía del fondo marino en la zona determina las direcciones y velocidades de las corrientes a diferentes profundidades.

Las corrientes en estas zonas son de importancia ya que condicionan la navegación, las tareas de salvamento, la deriva de sustancias en el mar (p. ej.: descargas de efluentes, derrames accidentales de petróleo), además de ser de importancia para el transporte de sedimentos, y para la fauna marina. En Uruguay existen trabajos previos con la participación del SOHMA, donde se estudiaron las corrientes en la zona de José Ignacio (SOHMA, 1980) y posteriormente la corriente de marea en el Río de la Plata (CARU, 1989). Más recientemente se realizaron investigaciones para la zona de Montevideo utilizando los datos obtenidos en conjunto por la intendencia de Montevideo, la Facultad de Ingeniería y el SOHMA mediante el uso de correntómetros de efecto Doppler (ADCP) (Fosatti et al, 2009).

Dada la importancia que tienen las corrientes en estas zonas y escasa o directamente nula información en algunas partes de nuestra costa, se recopiló, procesó y resumió la información obtenida por nuestra institución en los últimos 18 años. En el presente trabajo se analiza de manera estadística y se dan a conocer los datos obtenidos por el SOHMA mediante el despliegue de correntómetros ADCP en diferentes puntos de la costa, esperando que esto sea de utilidad para quienes están vinculados a nuestro mar.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

Área de estudio

El área de estudio constó de seis puntos distribuidos a lo largo de la costa uruguaya desde la zona del Río de la Plata intermedio hasta la costa Atlántica en el este del país.

Empezando desde el oeste, el primer punto de muestreo fue frente a la ciudad de Juan Lacaze, correspondiendo a la zona del Río de la Plata intermedio. El instrumento fue fondeado aproximadamente a 1 km al sur del puerto de Juan Lacaze y a una profundidad de 9 metros. Para marcar la posición se usó una boya pop-up (sistema que libera una boya mediante una señal acústica al momento de recobrar el equipo) y las coordenadas de GPS diferencial para ubicar el equipo (Figura 1).

El siguiente punto de muestreo corresponde al naufragio de la chata DG-6 señalizada por la boya de peligro aislado, la cual se utilizó como referencia de posición la maniobra de fondeo con el correntómetro. Este lugar se ubica hacia el oeste de Montevideo y a 25 km de la costa en el Río de la Plata intermedio, siendo el punto más alejado en que se tomaron datos (Figura 1).

Continuando hacia el Este, el siguiente punto de muestreo fue Montevideo, ubicada en el límite entre la zona intermedia y externa del Río de la Plata. El instrumento utilizado se instaló a 2.5 millas de Punta Brava, en la zona terminal del emisario colector de la ciudad, cercano al canal de acceso al puerto de Montevideo. La profundidad media del lugar es de 9 metros y se utilizó la boya cardinal Sur de acceso al puerto para anexar la maniobra de fondeo del correntómetro (Figura 1).

En el departamento de Canelones el próximo punto de muestreo fue el balneario Atlántida, mas precisamente frente a la playa mansa, a unos 2 km de la costa y a una profundidad de 7,5 metros. Se utilizó una boya y maniobra de fondeo específicamente armada para este trabajo dado que no existía ninguna baliza previa en el lugar (Figura 1).

Continuando por la costa el próximo punto de muestreo fue Punta del Este, departamento de Maldonado. Esta zona marca el límite del estuario del Río de la Plata y el comienzo de la costa Atlántica del Uruguay. El lugar elegido para el fondeo del equipo fue entre la costa e Isla de Lobos, a 2,5 millas náuticas de tierra, y a una profundidad de 14 metros. Se colocó una maniobra de fondeo específicamente diseñada para este propósito y en este caso no se señaló en superficie. Se utilizó una boya pop-up y las coordenadas de GPS diferencial para ubicar el equipo (Figura 1).

El punto más hacia el Este fue el balneario La Paloma, en las costas de Rocha. Ésta zona corresponde a la costa Atlántica del Uruguay. El equipo se fondeó al ENE del balneario y aproximadamente a 2 millas náuticas de la costa. La profundidad del sitio es de 20 metros, siendo el punto más profundo estudiado. Al igual que en Punta del Este, se usó una maniobra de fondeo específicamente diseñada para este propósito, se señaló con una boya pop-up y se tomaron coordenadas con GPS diferencial (Figura 1).

Los cinco puntos de estudio presentan un régimen micromareal, con mareas astronómicas semidiurnas (+300 a -180 cm de amplitud) las cuales se ven significativamente influenciadas por los vientos. El clima de olas tiende a presentar olas de mayor tamaño y energía hacia el este del país, acorde a lo observado en datos tomados con estos mismos equipos y publicado previamente (SOHMA, 2021).



Figura 1. Ubicación de los puntos de fondeo de equipos ADCP al oeste y al sur de Montevideo, Atlántida (Canelones), Punta del Este (Maldonado) y La Paloma (Rocha).

Materiales y métodos

Se utilizaron perfiladores verticales acústicos de la marca Teledyne RD Instruments, conocidos como Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP por su sigla en inglés), los cuales aplican tecnologías de perfilado acústico para medir datos de olas y de corrientes.

Éstos equipos funcionan en base al efecto Doppler, de manera similar a los radares, emitiendo pulsos de sonido en frecuencias de 600 KHz y 1200 KHz, permitiendo medir, mediante este principio, la dirección y velocidad de corrientes en diferentes capas de profundidad (con una resolución de hasta 0.5 metros) así como también la dirección, frecuencia y la altura significativa de las olas, mientras que la profundidad a la que se encuentra el instrumento es medida mediante un sensor de presión.

Los ADCP utilizados para este estudio disponían de una autonomía de hasta 10 meses. Como maniobra de fondeo se usó una estructura piramidal de acero galvanizado, la cual tiene un soporte cardán que asegura que el equipo quede apuntando hacia la superficie. Para marcar su ubicación se utilizaron boyas ya existentes de balizamiento, boyas puestas específicamente para la maniobra o en algunos casos boyas pop-up (que salen a superficie mediante una señal acústica). Las boyas de superficie usadas siguieron las indicaciones del sistema IALA. Adicionalmente en cada lugar se tomaron coordenadas con GPS diferencial o GPS de mano además de las coordenadas obtenidas por la embarcación para marcar el punto (Figura 2).

Los ADCP fueron configurados para realizar una toma de datos cada una hora, de manera de lograr una buena relación entre cantidad de datos diarios obtenidos y duración de la batería interna para poder abarcar períodos de varios meses de muestreo.

Para realizar las campañas de fondeo y recuperación de la maniobra completa se contó con los buques ROU 21 Sirius, ROU 26 Vanguardia y ROU 22 Oyarvide. En casos puntuales de realizar recuperaciones únicamente del correntómetro se utilizaron lanchas patrulleras de la Prefectura, las cuales tienen capacidad para asistir a los buzos, pero no para mover la pirámide de fondeo (Figura 3). La maniobra completa era llevada hasta el punto de muestreo a bordo de

uno de los buques mencionados, y se requirió el uso de la pluma o grúa de dichos barcos para descender la pirámide y las boyas o pesos muertos acompañantes. Para evitar golpes o daño del equipo ADCP, un buzo del GRUBU descendía con el equipo y lo instalaba en la pirámide después de fondeada la maniobra. Así también al momento de recuperar los equipos sumergidos, un buzo descendía a recuperarlo antes de que la pluma del barco levantara la maniobra completa (Figura 2).



Figura 2. Arriba izquierda: Maniobras de instalación de la pirámide. Arriba derecha: preparación del equipo ADCP. Abajo izquierda: Buzos preparándose para la colocación del equipo en el fondo.

Abajo derecha: Maniobra de fondeo piramidal con boya pop-up y cadenas.



Figura 3. Buques utilizados para el despliegue de correntómetros ADCP. Arriba Izquierda: ROU 22 Oyarvide. Arriba derecha: ROU 26 Vanguardia. Abajo izquierda: ROU 21 Sirius. Abajo derecha: Lancha patrullera de Prefectura.

Análisis de datos

Una vez en el laboratorio, se descargaron los datos de los equipos utilizando el paquete de programas de la empresa RDI Instruments. Se usó el programa WavesMon para separar los datos de olas y los de corrientes, posteriormente se usó el programa WinADCP para procesar los datos en bruto de corrientes, obteniendo una planilla de datos con las velocidades y direcciones de corriente para cada profundidad a intervalos de 0,5 metros. Se extrajeron también los datos de profundidad del equipo y voltaje de batería, los cuales ayudan a verificar la validez de los datos posteriormente.

Se realizó un control de calidad inicial de datos, descartando los que correspondían a períodos en que el equipo se encontró fuera del agua o en los cuales tuviera un nivel bajo de baterías. La velocidad de corriente presentada en milímetros por segundo fue convertida a nudos, mientras que la dirección de corriente se trabajó en grados, como es expresada directamente por el equipo. Para los análisis se decidió trabajar con la capa más profunda, correspondiente aproximadamente a 0,5 metros por encima del sensor del equipo (capa de fondo) y con la capa más superficial que presentó datos completos durante todo el período muestreado (capa de superficie). Se calcularon los estadísticos descriptivos básicos para dirección y velocidad de corriente de los datos obtenidos en ambas profundidades. De esta manera se obtuvieron las velocidades promedio, y máximas encontradas en cada punto en la superficie y en el fondo por separado.

Se separaron todos los datos de velocidad de corriente obtenidos para cada punto en intervalos de a 0,2 nudos y se realizaron histogramas de frecuencias de los mismos. De manera similar se realizaron histogramas circulares de dirección de la corriente tomando todos los datos

obtenidos para cada sitio muestreado en superficie y en fondo por separado. Estos se realizaron con divisiones en intervalos de 45° . Se graficaron para cada punto y para el total de datos registrados las direcciones de corriente en función de la velocidad de las mismas, de manera de observar el grado de coincidencia entre las direcciones más frecuentes de corriente y las velocidades mayores observadas. Todos los análisis y gráficos fueron realizados utilizando el programa estadístico Past (Hammer, 2001) y el paquete de programas Libre Office (The document foundation 2021).

CAPITULO III

RESULTADOS

Resumen de períodos y cantidad de datos estudiados

En la Tabla I se muestran los períodos de tiempo y la cantidad de datos recolectados para cada punto de la costa estudiado. En total se analizaron 41199 datos de los seis puntos estudiados. Los períodos de tiempo abarcados en cada lugar han sido variables, siendo el más extenso para Montevideo, donde se realizaron varias campañas entre los años 2004 y 2011, por lo cual los datos son discontinuos durante el período estudiado. En la Paloma los datos fueron obtenidos en dos campañas separadas, por lo cual también existen meses no analizados dentro del intervalo de tiempo estudiado. Para los puntos restantes, se realizó una única campaña de muestreo, por lo cual los datos son continuos dentro del intervalo de tiempo mencionado.

Tabla I. Períodos de tiempo y cantidad de datos obtenidos para cada punto estudiado.

	Juan Lacaze	DG-6	Montevideo	Atlántida	Punta del Este	La Paloma
Período de tiempo	3/10/2017 al 1/11/2018	26/12/2017 al 6/9/2018	26/1/2004 al 19/6/2011	7/12/2018 al 13/3/2019	27/11/2014 al 22/6/2015	27/11/2014 al 21/12/2016
Número de datos analizados	9.456	5.972	12.857	2.261	4.951	5.702
Coordenadas	34°26'59.83" S 57°27'09.77" W	34°57'42.48" S 56°41'13.38" W	34°58'10.61" S 56°09'35.0" W	34°48'10.56" S 55°46'10.10" W	34°58'26.48" S 54°52'10.43" W	34°34'24.29" S 54°00'12.11" W
Distancia de la costa (en km)	1.15	24.84	3.54	2.35	5.17	5.92

Juan Lacaze

Para esta zona se encontró que la velocidad de corriente promedio en fondo fue de 0,3 nudos. Las velocidades de corriente alrededor de 0,4 a 0.6 nudos son las que se encuentran con más frecuencia a nivel de fondo. Ocasionalmente se pueden encontrar corrientes con velocidades superiores a 1 nudo (Figura 4). La dirección de la corriente predominante en el fondo es SE, acorde a la descarga del Río Uruguay y en dirección paralela a la línea de costa (Figura 5).

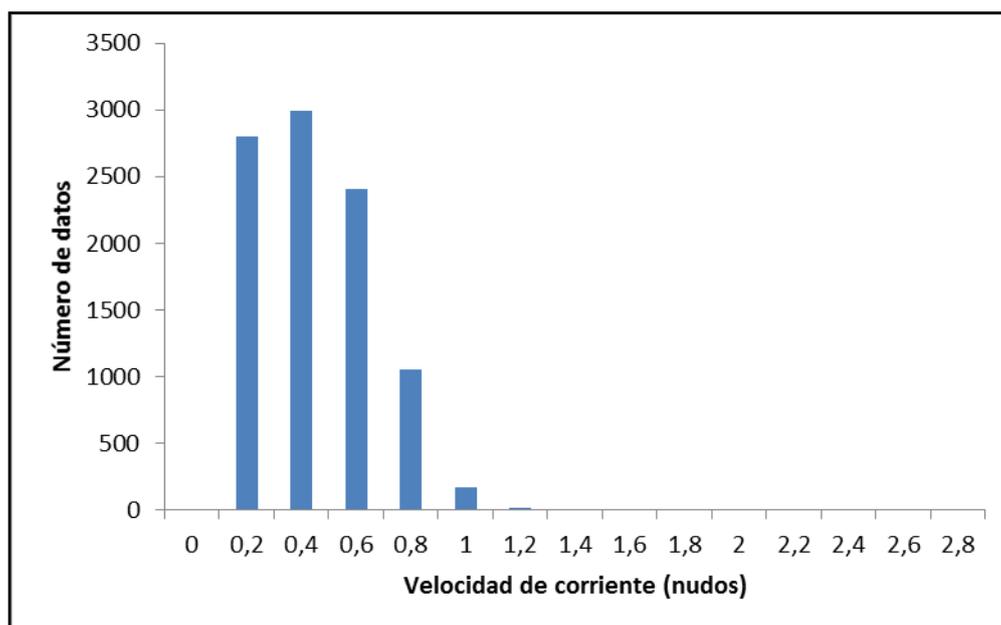


Figura 4. Histograma de frecuencias de velocidad de corriente en fondo para Juan Lacaze.

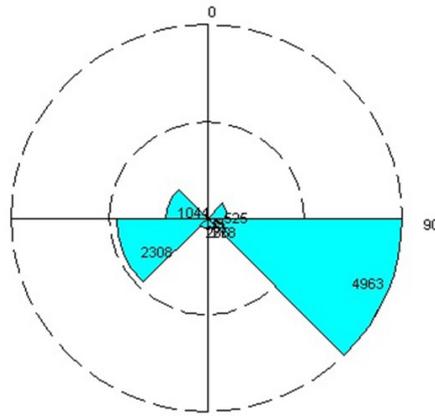


Figura 5. Histograma de frecuencias de dirección de corriente en fondo para Juan Lacaze.

El gráfico de dispersión de datos de velocidad en función de la dirección de la corriente mostró que las velocidades más altas coinciden con las dos direcciones más frecuentes de corrientes, observándose dos picos de concentración de datos, hacia el E-SE y hacia el W (Figura 6).

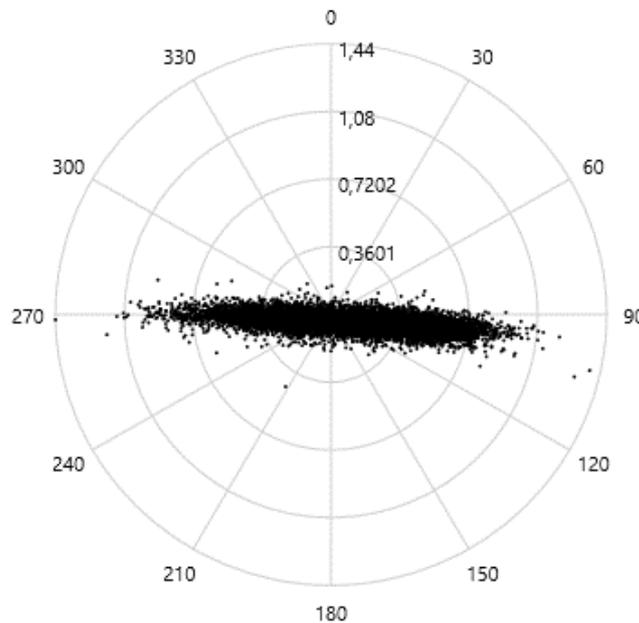


Figura 6. Velocidad de corriente en función de su dirección en fondo para Juan Lacaze.

A nivel de superficie se encuentran velocidades mayores de corriente, con un promedio calculado de 0,7 nudos. Las velocidades más frecuentemente observadas fueron en el intervalo de 0,8 a 1,0 nudos, y llegaron en algunos casos a superar los 2 nudos (Figura 7). La dirección de corriente predominante es SE, y también aparecen con muchas frecuencia corrientes en dirección NW, probablemente debidas a la influencia de vientos del S a SE que actúan sobre la capa superficial (Figura 8).

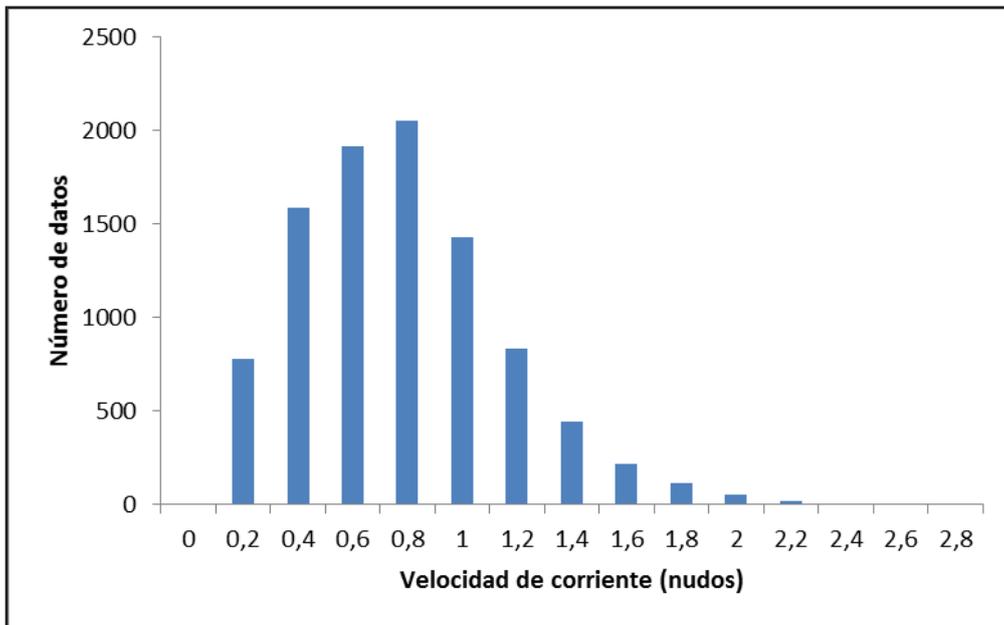


Figura 7. Histograma de frecuencias de velocidad de corriente en superficie para Juan Lacaze.

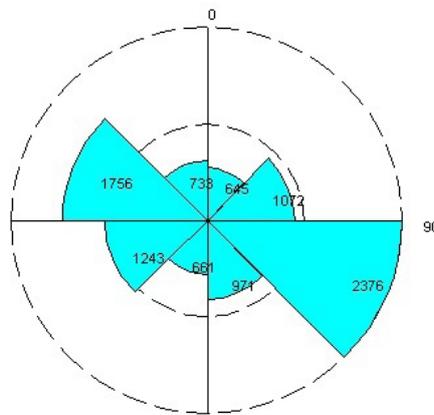


Figura 8. Histograma de frecuencias de dirección de corriente en superficie para Juan Lacaze.

El gráfico de dispersión de velocidad de corriente en función de la dirección muestra la misma tendencia que para el fondo pero de manera menos marcada, apareciendo las velocidades de corriente mayores para las direcciones más frecuentes, pero con una mayor dispersión de datos hacia otras direcciones con velocidades que superan muchas veces un nudo (Figura 9).

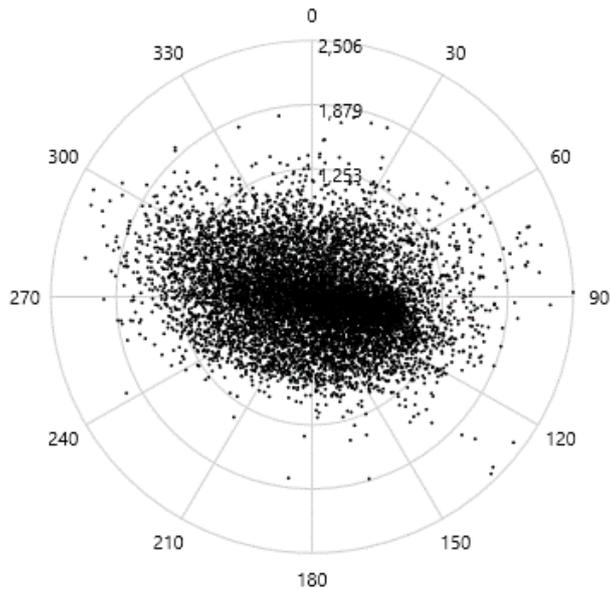


Figura 9. Velocidad de corriente en función de su dirección en superficie para Juan Lacaze.

Boya DG-6

En la zona de la boya que marca el naufragio de la embarcación DG-6 la velocidad promedio de corriente en fondo fue de 0,4 nudos. Las corrientes de fondo observadas con más frecuencia fueron alrededor de 0,4 a 0,6 nudos en la mayoría de los casos, y pueden superar 1 nudo de velocidad ocasionalmente (Figura 10). Las direcciones predominantes en el fondo son SE y con menos frecuencia NW, alternando entre la dirección de descarga al Río de la Plata y de entrada hacia la zona interior de este (Figura 11).

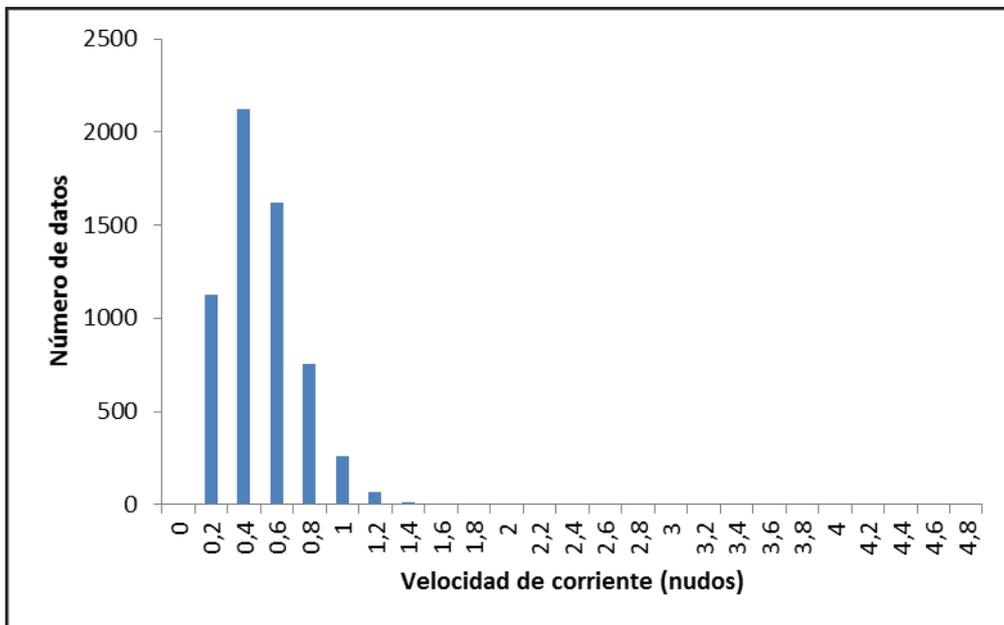


Figura 10. Histograma de frecuencias de velocidad de corriente en fondo para Boya DG-6.

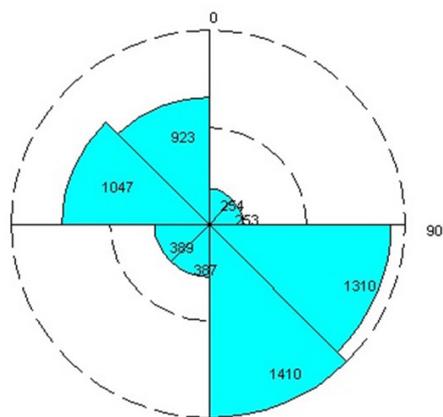


Figura 11. Histograma de frecuencias de dirección de corriente en fondo para Boya DG-6.

El gráfico de velocidad en función de la dirección de corriente muestra que las velocidades más altas de corriente coinciden generalmente con las direcciones más frecuentemente observadas. Aparecen también observaciones puntuales de velocidades superiores a 1 nudo correspondiendo a direcciones poco frecuentes (Figura 12).

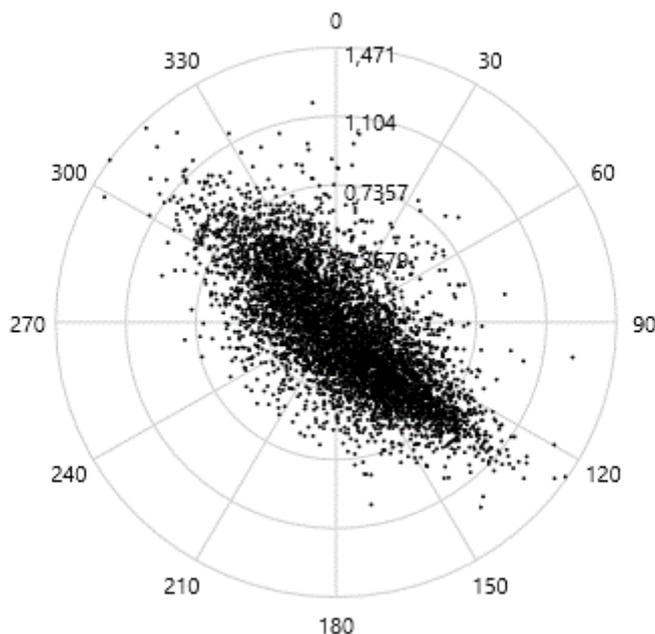


Figura 12. Velocidad de corriente en función de su dirección en fondo para Boya DG-6

A nivel de superficie la velocidad promedio fue de 0,6 nudos. Las corrientes más frecuentes tienen velocidades en el intervalo de 0,6 a 0,8 nudos, alcanzándose en casos puntuales corrientes de hasta más de 3 nudos de velocidad, probablemente en condiciones de temporal o vientos fuertes (Figura 13). Las direcciones predominantes de la corriente en superficie son S-SW y N-NW, pero pueden presentar direcciones hacia el resto de cuadrantes con mayor frecuencia de lo que ocurre a nivel de fondo, debido a la mayor influencia del viento en la capa superficial (Figura 14).

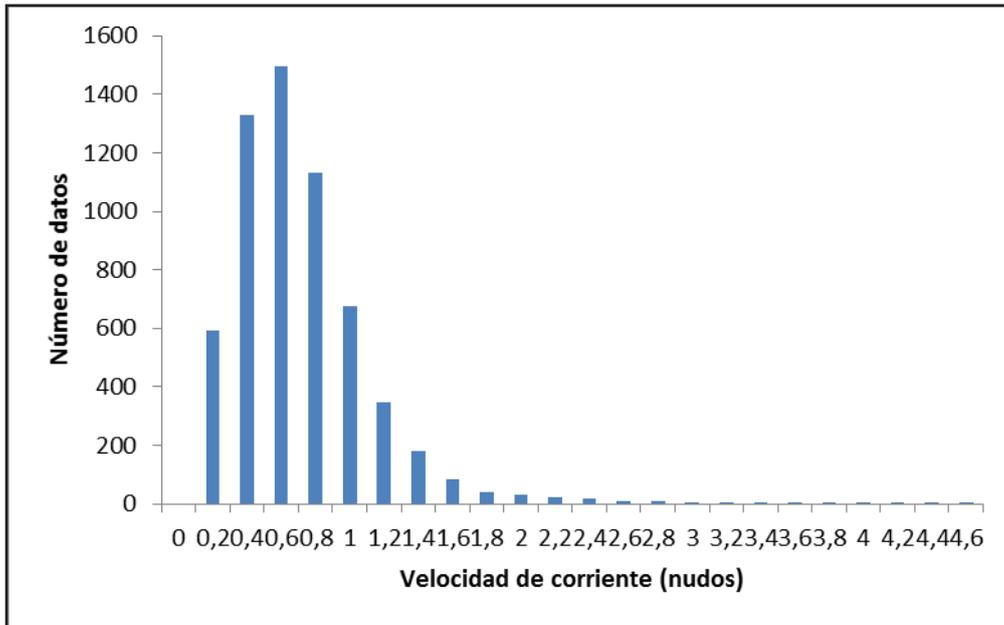


Figura 13. Histograma de frecuencias de velocidad de corriente en superficie para Boya DG-6.

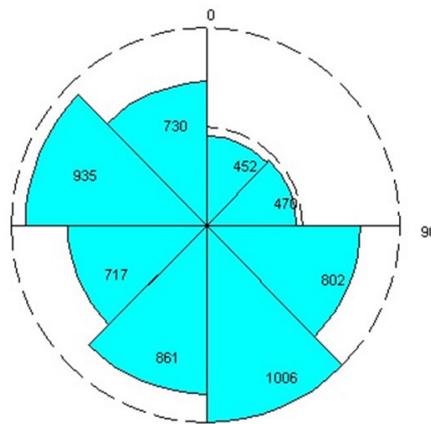


Figura 14. Histograma de frecuencias de dirección de corriente en superficie para Boya DG-6.

El gráfico de velocidad en función de la dirección de corriente mostró algunas de las velocidades de corriente más altas asociadas a las direcciones más frecuentes pero la tendencia es muy poco clara a diferencia de lo observado a nivel de fondo en este punto. Se registraron datos puntuales con velocidades superiores a 2 nudos correspondiendo a la mayoría de direcciones y los valores máximos observados superaron los 4 nudos (Figura 15).

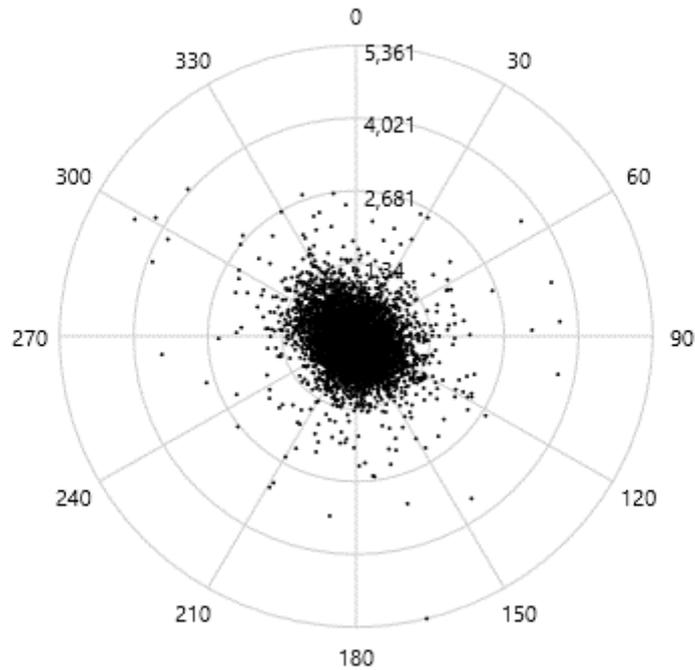


Figura 15. Velocidad de corriente en función de su dirección en superficie para Boya DG-6.

Montevideo

Para esta zona la velocidad promedio en fondo fue de 0,7 nudos. Las velocidades de corrientes más frecuentes son en el intervalo de 0,4 a 0,6 nudos en el fondo, registrándose corrientes superiores a los 3 nudos probablemente en condiciones de temporal (Figura 16). La dirección de corriente predominante en fondo es hacia el SE, y en menor frecuencia hacia el W y SW (Figura 17).

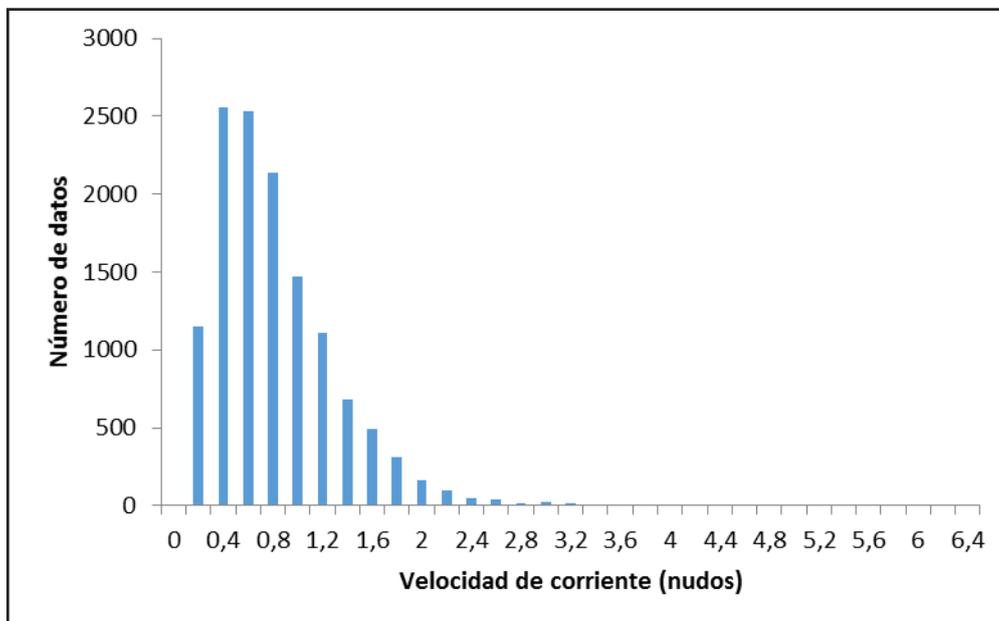


Figura 16. Histograma de frecuencias de velocidad de corriente en fondo para Montevideo.

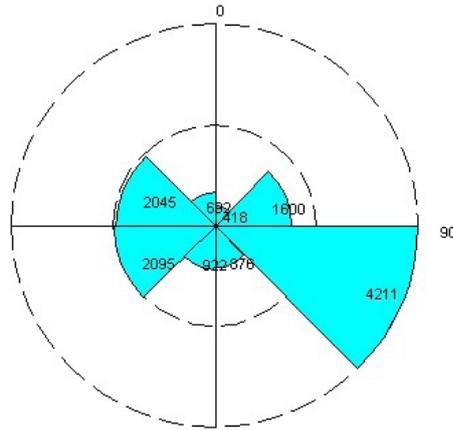


Figura 17. Histograma de frecuencias de dirección de corriente en fondo para Montevideo.

El gráfico de velocidad en función de la dirección de corriente muestra que las velocidades mayores coinciden claramente con las direcciones más frecuentes observadas, existiendo poca dispersión de datos (Figura 18).

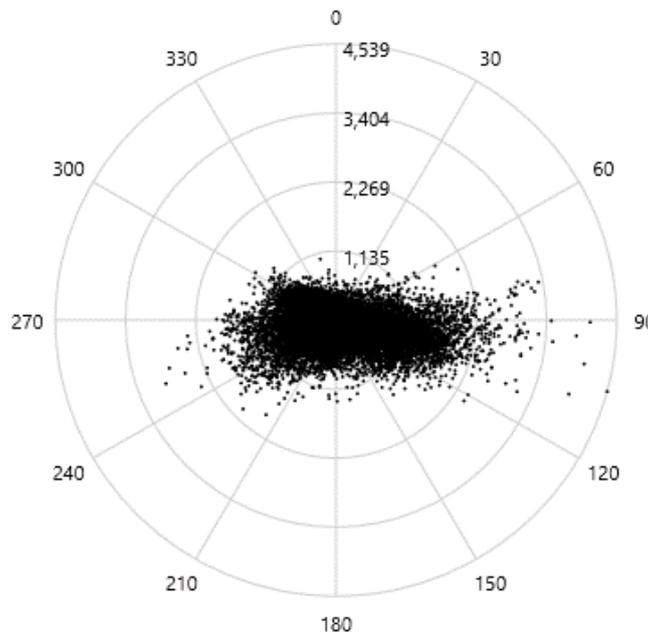


Figura 18. Velocidad de corriente en función de su dirección en fondo para Montevideo.

La velocidad de corriente promedio en superficie fue de 0,9 nudos. Las velocidades de corriente en este punto son similares a las de fondo, siendo las más frecuentes en torno a los 0,4 a 0,6 nudos y alcanzando extremos superiores a 3 nudos ocasionalmente (Figura 19). La dirección de la corriente en superficie también presenta un patrón similar a la de fondo, donde predominan las corrientes en dirección SE y en menor medida hacia el SW (Figura 20).

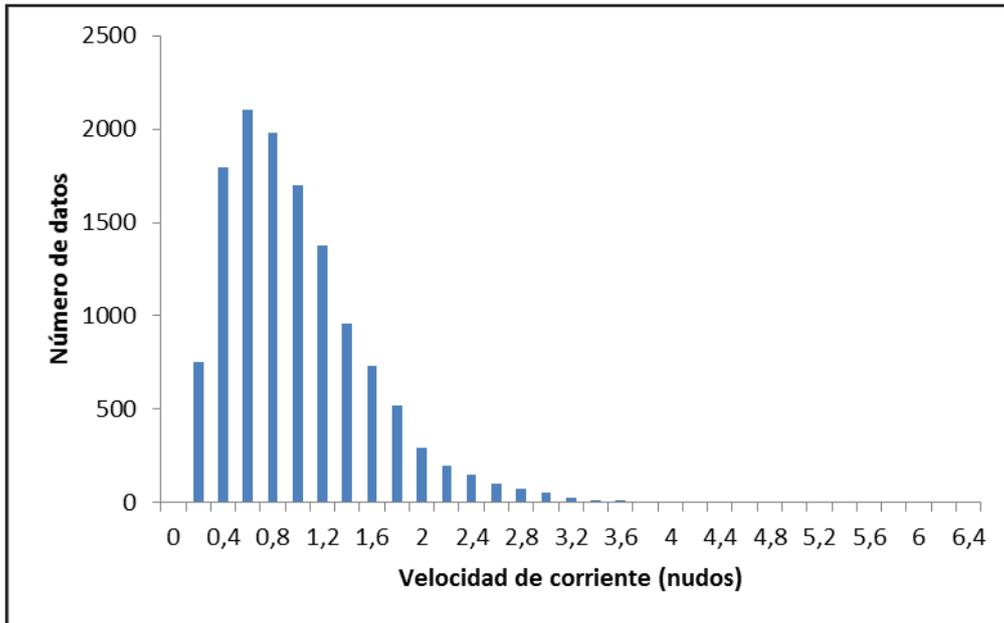


Figura 19. Histograma de frecuencias de velocidad de corriente en superficie para Montevideo.

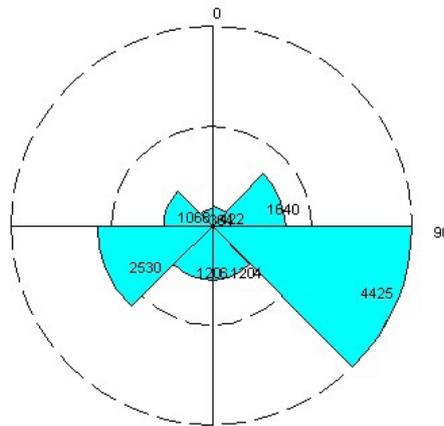


Figura 20. Histograma de frecuencias de dirección de corriente en superficie para Montevideo.

El gráfico de velocidad en función de la dirección de corriente en superficie muestra una tendencia similar al fondo, con velocidades de corriente más altas por lo general asociadas a las direcciones más frecuentes, pero con mayor cantidad de observaciones aisladas de velocidades altas para direcciones de corrientes poco frecuentes. Se registraron datos puntuales de velocidades superiores a 5 nudos incluso desde direcciones de corrientes poco frecuentes (Figura 21).

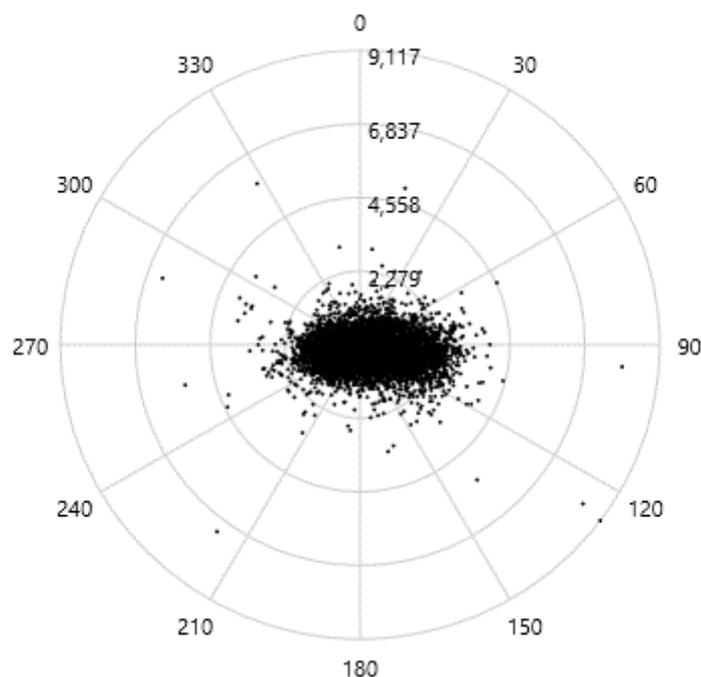


Figura 21. Velocidad de corriente en función de su dirección en superficie para Montevideo.

Atlántida

La velocidad de corriente promedio calculada en fondo fue de 0,4 nudos. Las velocidades de corriente más frecuentes son en el intervalo de 0,4 a 0,6 nudos, llegando a superar 1,4 nudos ocasionalmente. Al contar con menos datos de esta zona que de otras muestreadas, es posible que existan corrientes con velocidades mayores que no fueron registradas (Figura 22). Las direcciones de corrientes de fondo fueron en mayor medida hacia el W y NW, y en menor cantidad hacia el cuadrante E (Figura 23).

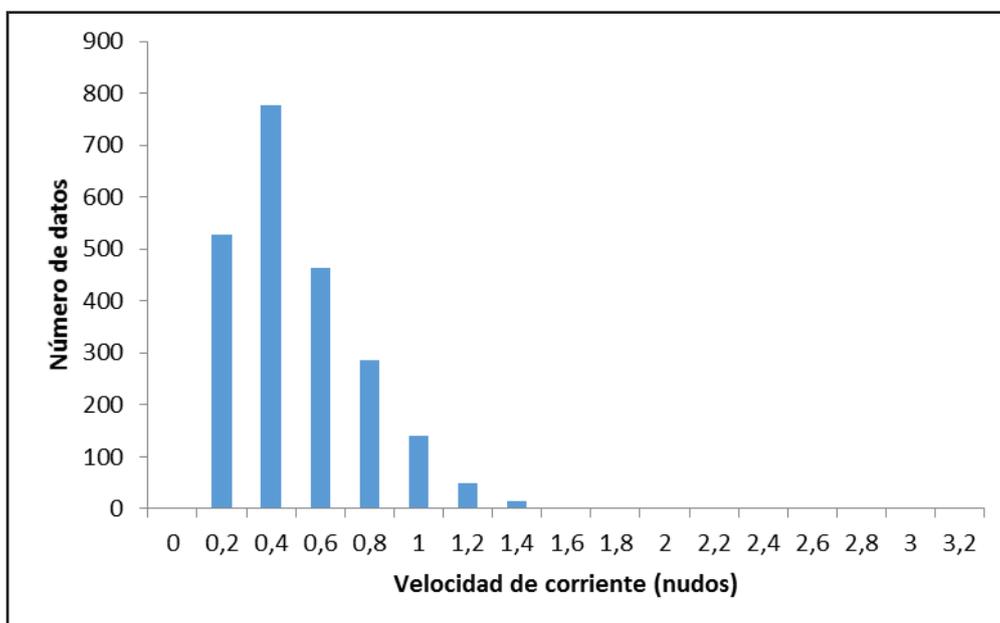


Figura 22. Histograma de frecuencias de velocidad de corriente en fondo para Atlántida.

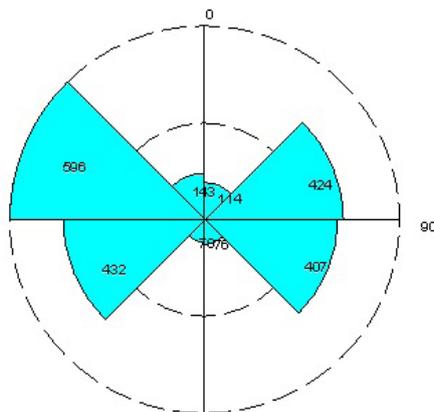


Figura 23. Histograma de frecuencias de dirección de corriente en fondo para Atlántida.

El gráfico de velocidad en función de la dirección de corriente para el fondo muestra al igual que en los puntos de muestreo anteriores las velocidades más altas de corriente en las direcciones más frecuentes observadas. En particular las velocidades más altas de corrientes se dieron en la dirección E y hubo mayor dispersión de datos hacia ese sector (Figura 24).

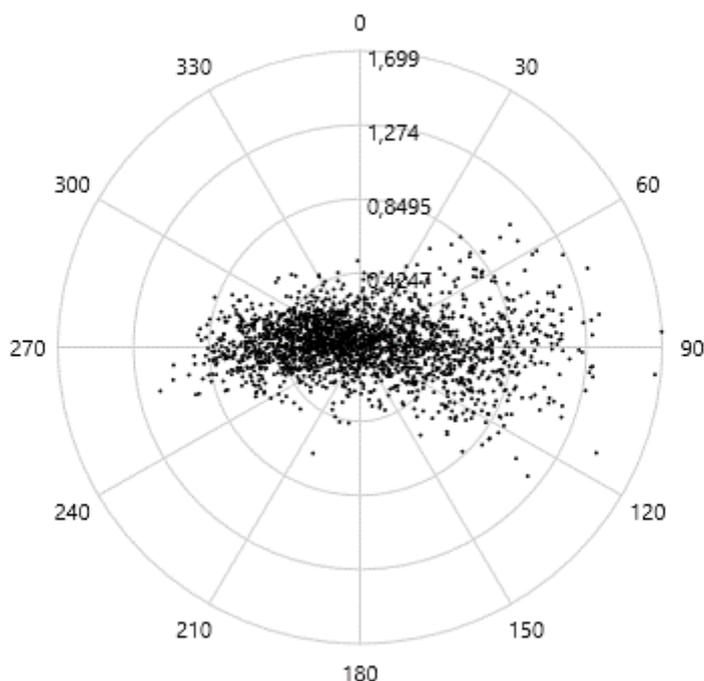


Figura 24. Velocidad de corriente en función de su dirección en fondo para Atlántida.

A nivel de superficie el promedio de velocidad de corriente fue de 0,7 nudos. Las velocidades de corrientes fueron en el intervalo de 0,6 a 0,8 nudos, con máximos que superaban los 3 nudos en momentos puntuales (Figura 25). Las direcciones de corriente en superficie mostraron un patrón menos claro que para el fondo, con predominancia de corrientes hacia el SW y en menor medida hacia el E, pero con gran cantidad de datos del resto de direcciones (Figura 26).

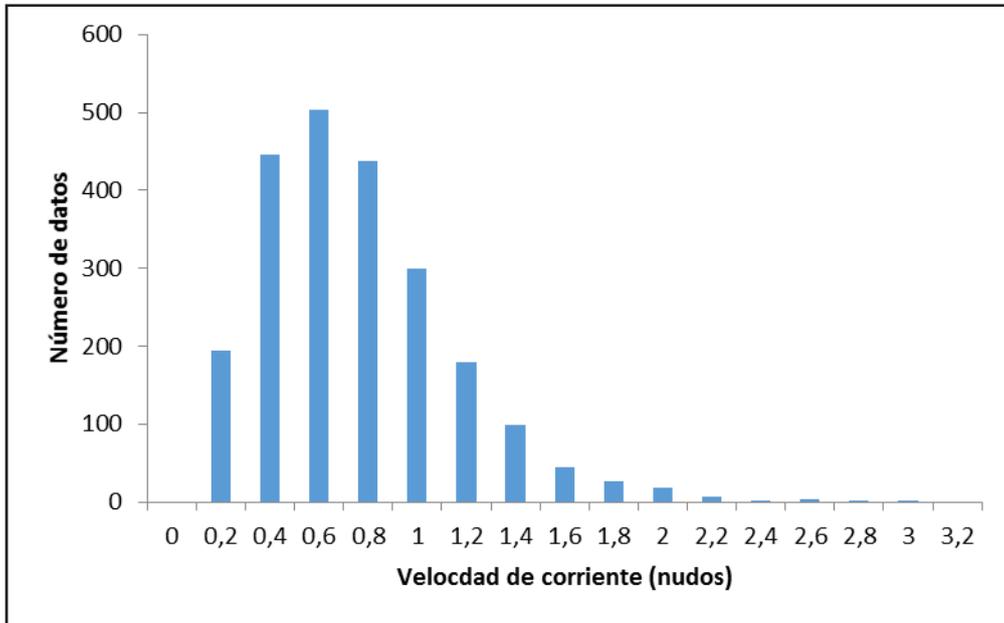


Figura 25. Histograma de frecuencias de velocidad de corriente en superficie para Atlántida.

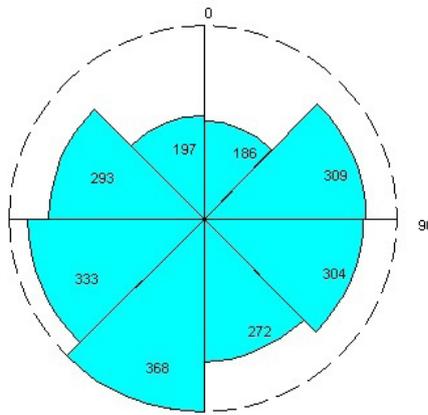


Figura 26. Histograma de frecuencias de dirección de corriente en superficie para Atlántida.

El gráfico de velocidad en función de la dirección de corriente para la superficie no muestra un patrón claro, observándose velocidades altas de corriente provenientes de todas las direcciones, lo cual coincide con la gran variabilidad de direcciones de corriente en superficie observadas en el histograma previo (Figura 27).

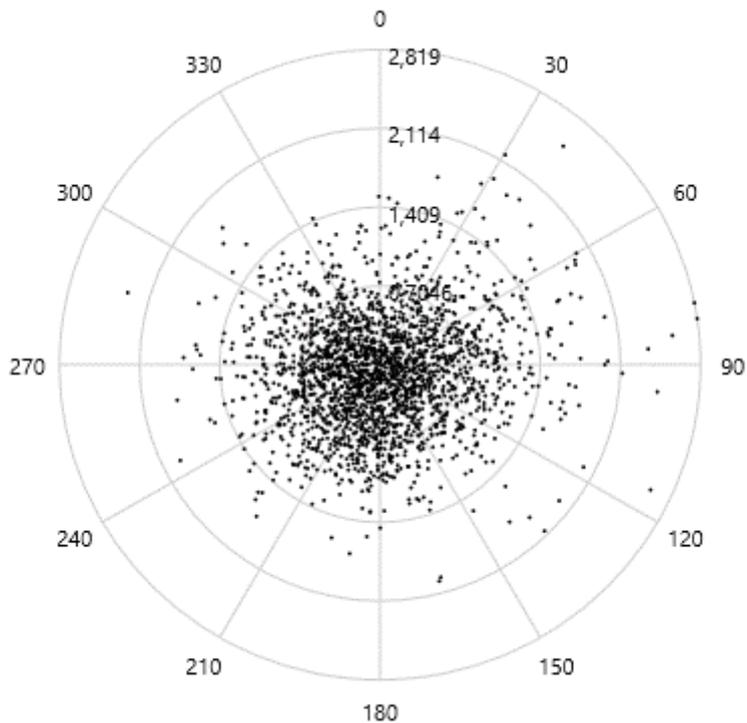


Figura 27. Velocidad de corriente en función de su dirección en superficie para Atlántida.

Punta del Este

La velocidad de corriente promedio de fondo en Punta del Este fue de 0,3 nudos. Las velocidades de corriente más frecuente fueron alrededor de 0,4 a 0,6 nudos, registrándose datos puntuales superiores a 1,6 nudos (Figura 28). La dirección de corriente de fondo presenta un pico de datos de dirección SW y otro menor hacia el ENE (Figura 29).

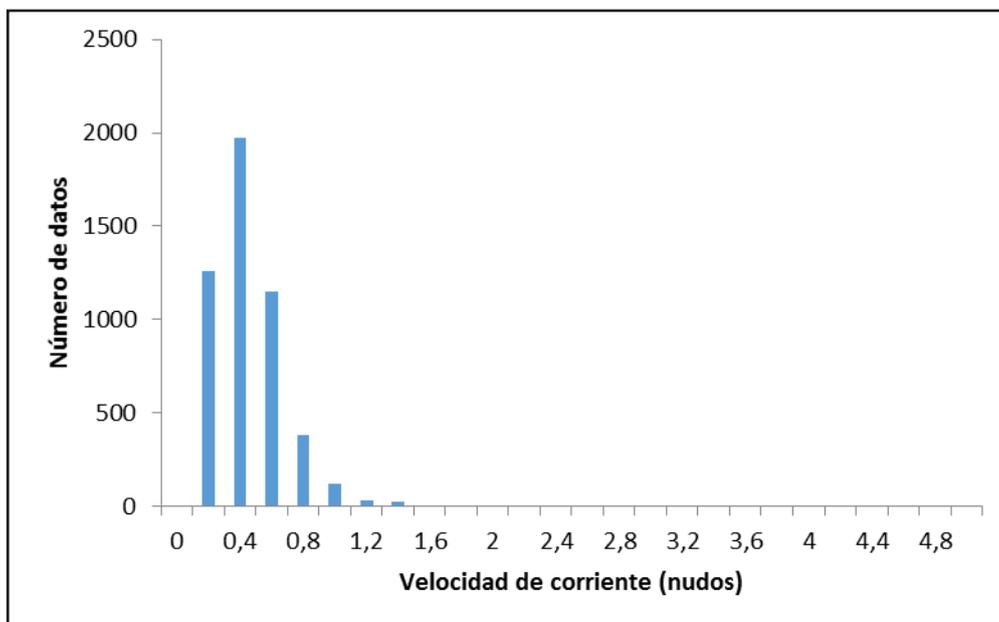


Figura 28. Histograma de frecuencias de velocidad de corriente en fondo para Punta del Este.

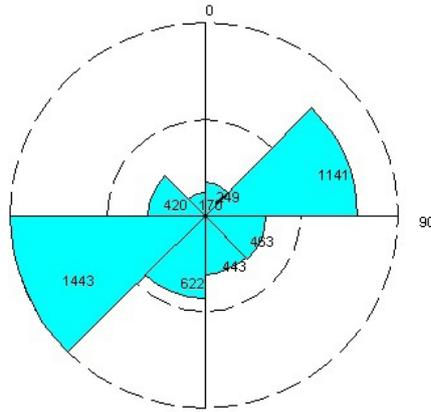


Figura 29. Histograma de frecuencias de dirección de corriente en fondo para Punta del Este.

El gráfico de velocidad en función de la dirección de corriente para la capa de fondo mostró una tendencia bien marcada de mayores velocidades de corriente asociadas a las direcciones más frecuentemente observadas. Se observa en esta zona en particular la aparición de velocidades de corriente altas para las direcciones cercanas a 200° (Figura 30).

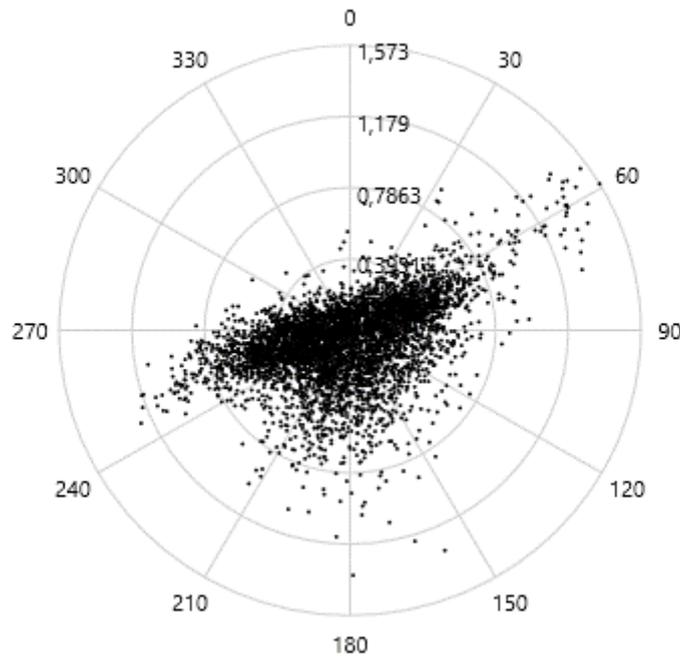


Figura 30. Velocidad de corriente en función de su dirección en fondo para Punta del Este.

En superficie la velocidad de corriente promedio fue 1,4 nudos. Las velocidades de corriente en superficie fueron notoriamente mayores a las de fondo, siendo las más frecuentes en torno a 1,4 nudos, y con valores máximos que superaron los 4,6 nudos (Figura 31). Las direcciones de corriente de superficie presentaron un patrón similar al fondo, siendo hacia el SW y en menor medida hacia el ENE (Figura 32).

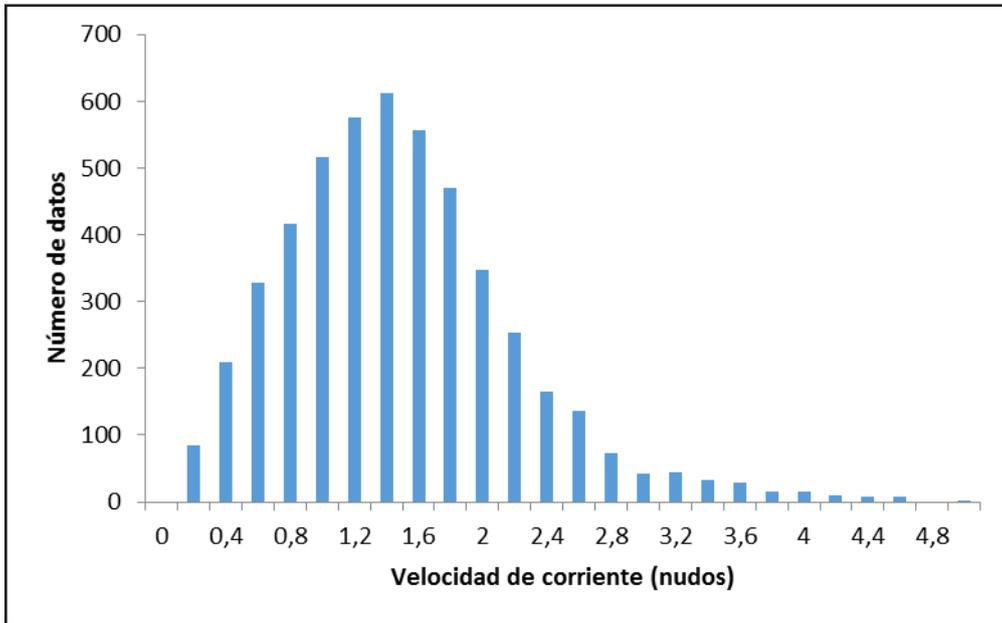


Figura 31. Histograma de frecuencias de velocidad de corriente en superficie para Punta del Este.

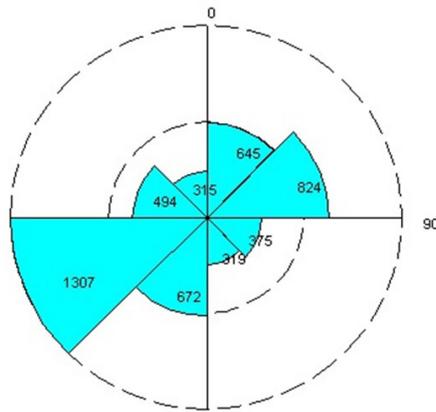


Figura 32. Histograma de frecuencias de dirección de corriente en superficie para Punta del Este.

El gráfico de velocidad en función de la dirección de corriente para la superficie muestra un patrón similar al del fondo, con las mayores velocidades coincidiendo con las direcciones más frecuentes de corriente. Los valores más altos de velocidad fueron para la dirección E-NE, superando en algunos casos los cuatro nudos (Figura 33).

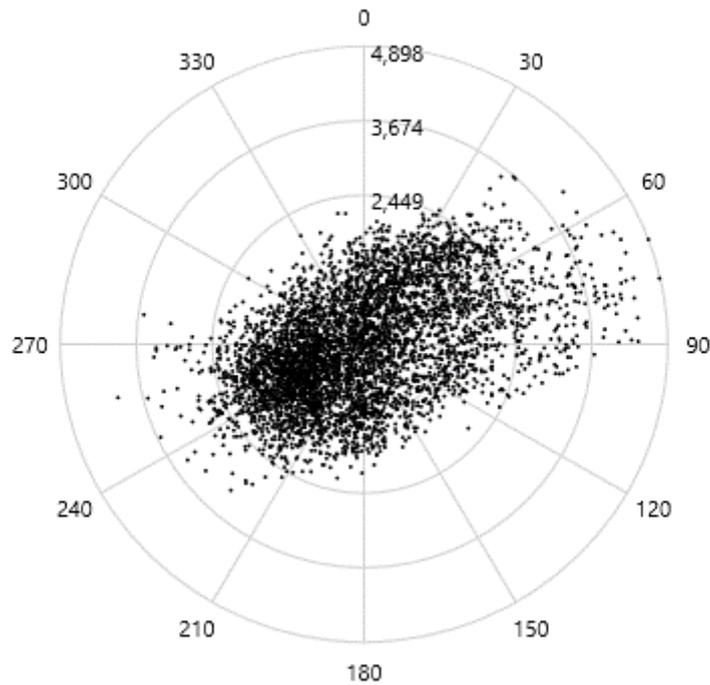


Figura 33. Velocidad de corriente en función de su dirección en superficie para Punta del Este.

Rocha

La velocidad de corriente de fondo promedio calculada para esta zona fue de 0,3 nudos. Las velocidades observadas con más frecuencia fueron en torno a 0,4 nudos, llegando en algunos momentos a ser superiores a 1,2 nudos (Figura 34). Las direcciones en el fondo fueron en su mayoría hacia el W y WSW, y hacia el ENE (Figura 35).

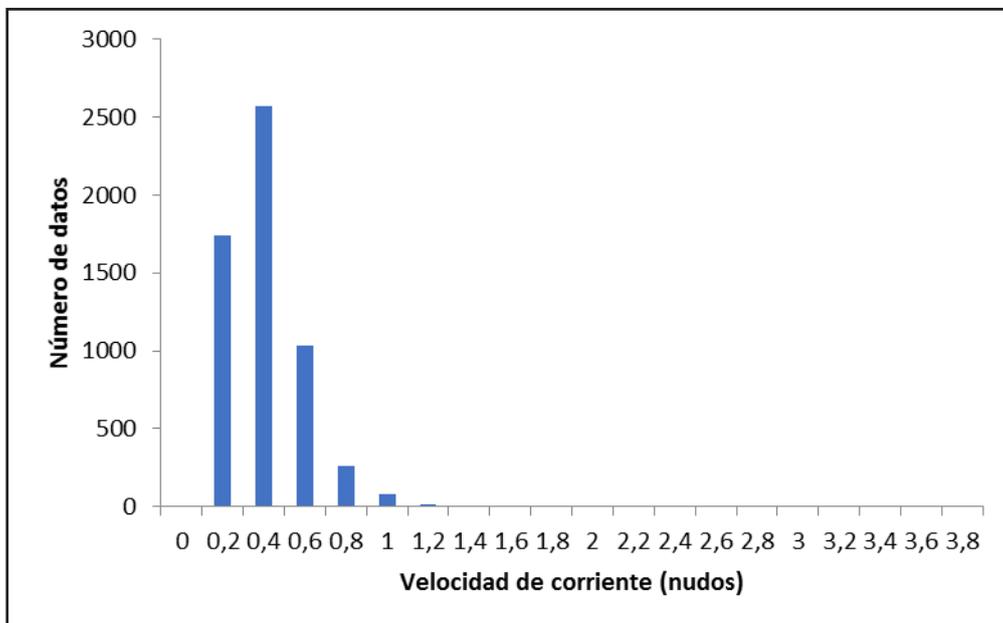


Figura 34. Histograma de frecuencias de velocidad de corriente en fondo para Rocha.

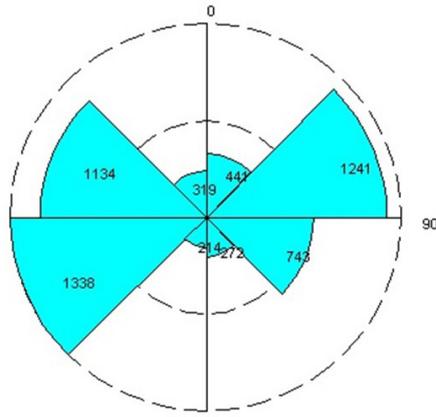


Figura 35. Histograma de frecuencias de dirección de corriente en fondo para Rocha.

El gráfico de velocidad en función de la dirección de corriente para la capa de fondo muestra las velocidades más altas relacionadas con las direcciones predominantes de corriente. Los mayores valores de velocidad correspondieron al cuadrante E, superando un nudo (entre los 50° y 150°) (Figura 36).

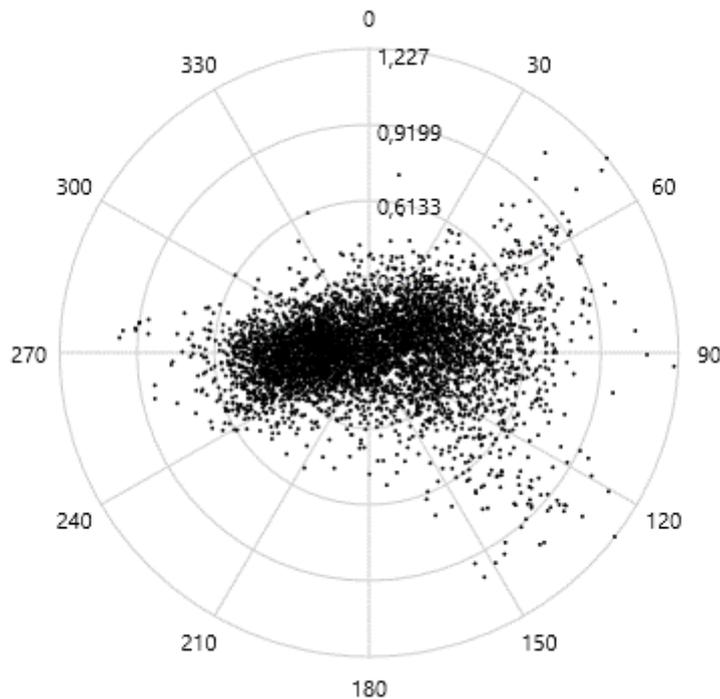


Figura 36. Velocidad de corriente en función de su dirección en fondo para Rocha.

En superficie el promedio calculado de velocidad de corriente fue de 0,6 nudos. Las velocidades de corriente más frecuente fueron también alrededor de los 0,4 nudos, pero con valores extremos superiores a los 2,6 nudos (Figura 37). La dirección de corriente en superficie fue predominantemente hacia el WSW y con menor frecuencia hacia el N-NE (Figura 38).

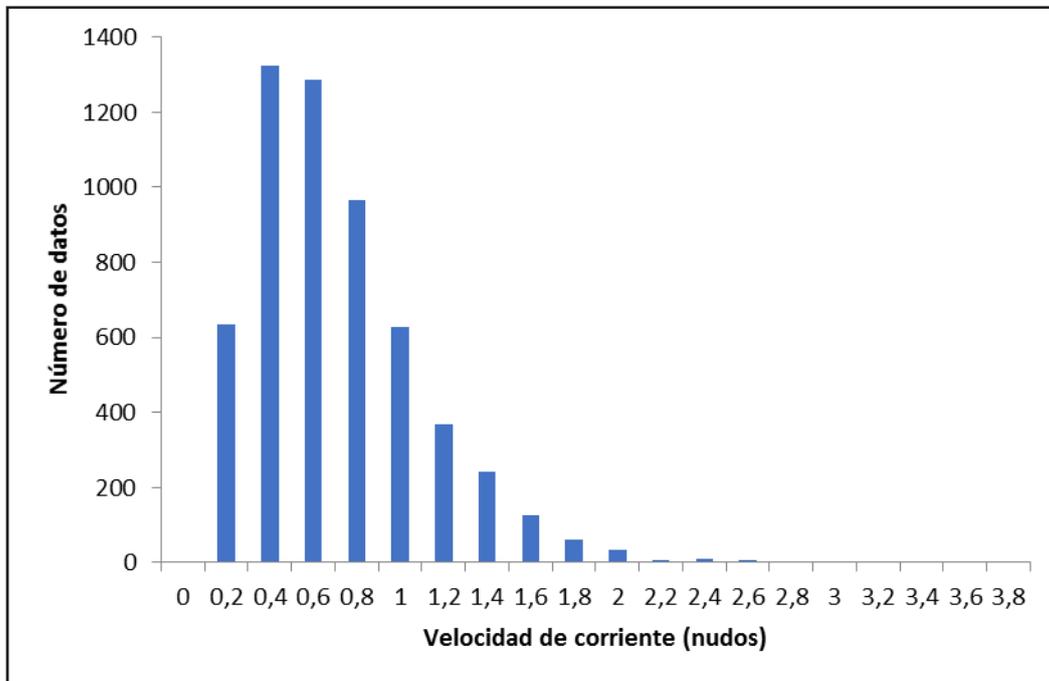


Figura 37. Histograma de frecuencias de velocidad de corriente en superficie para Rocha.

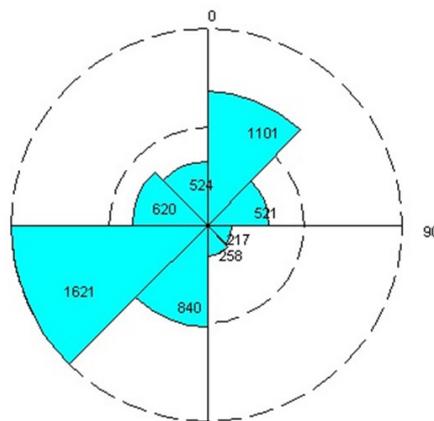


Figura 38. Histograma de frecuencias de dirección de corriente en superficie para Rocha.

El gráfico de velocidad en función de la dirección de corriente para la capa de superficie mostró al igual que en puntos anteriores una tendencia a presentar las velocidades más altas de corriente relacionadas con las direcciones más frecuentemente observadas. Las velocidades mayores registradas superaron en algunos casos los 3 nudos y se registraron valores puntuales superiores a 1.5 nudos y hasta 2 nudos de direcciones no tan frecuentes (Figura 39).

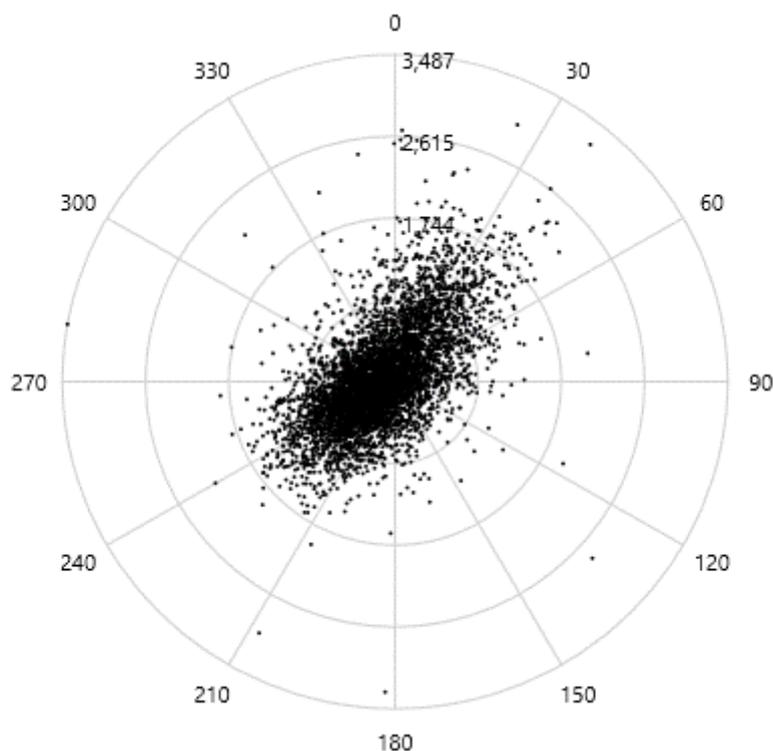


Figura 39. Velocidad de corriente en función de su dirección en superficie para Rocha.

Comparación entre puntos

A continuación se muestra la comparación de los promedios de velocidad de corriente para las capas de superficie y fondo entre todos los puntos muestreados. Se observa que para la capa de fondo, Montevideo presentó el valor más alto con 0,7 nudos. Los valores más bajos coincidieron entre Juan Lacaze, Punta del Este y La Paloma alrededor de los 0,3 nudos (Figura 40). Para la capa de superficie se observó que Punta del Este presenta el promedio más alto con 1,4 nudos de promedio, seguido por Montevideo con 0,9 nudos. Los valores más bajos fueron para DG-6 y La Paloma con 0,6 nudos de promedio (Figura 41).

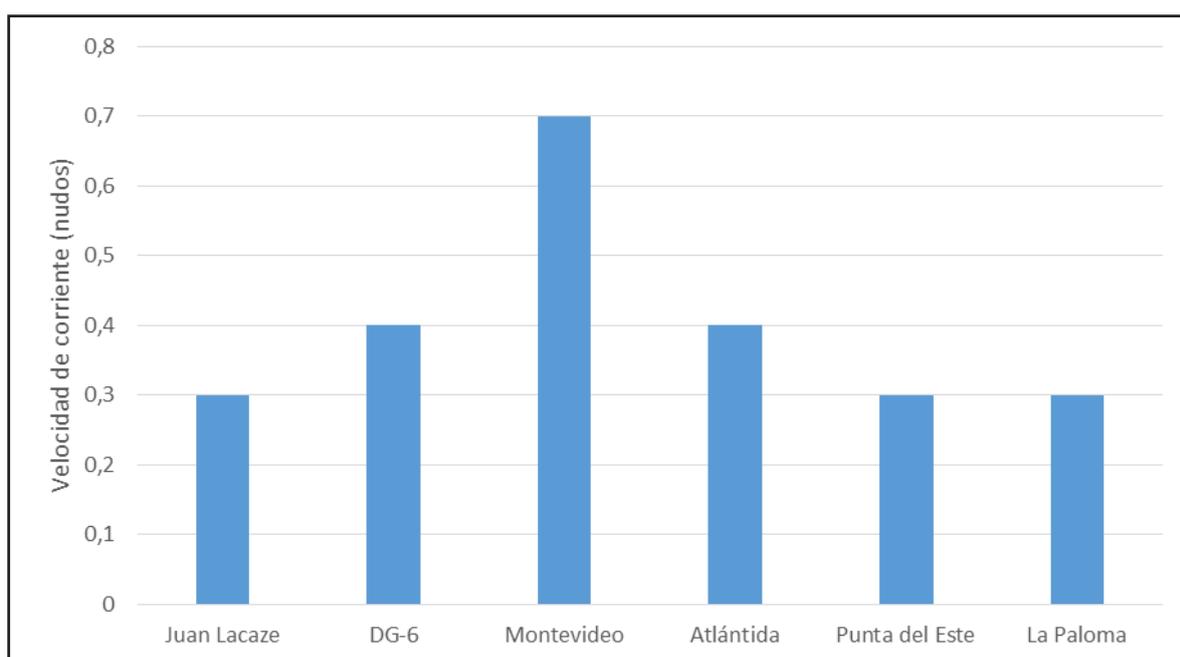


Figura 40. Velocidades de corriente promedio en fondo para los puntos muestreados.

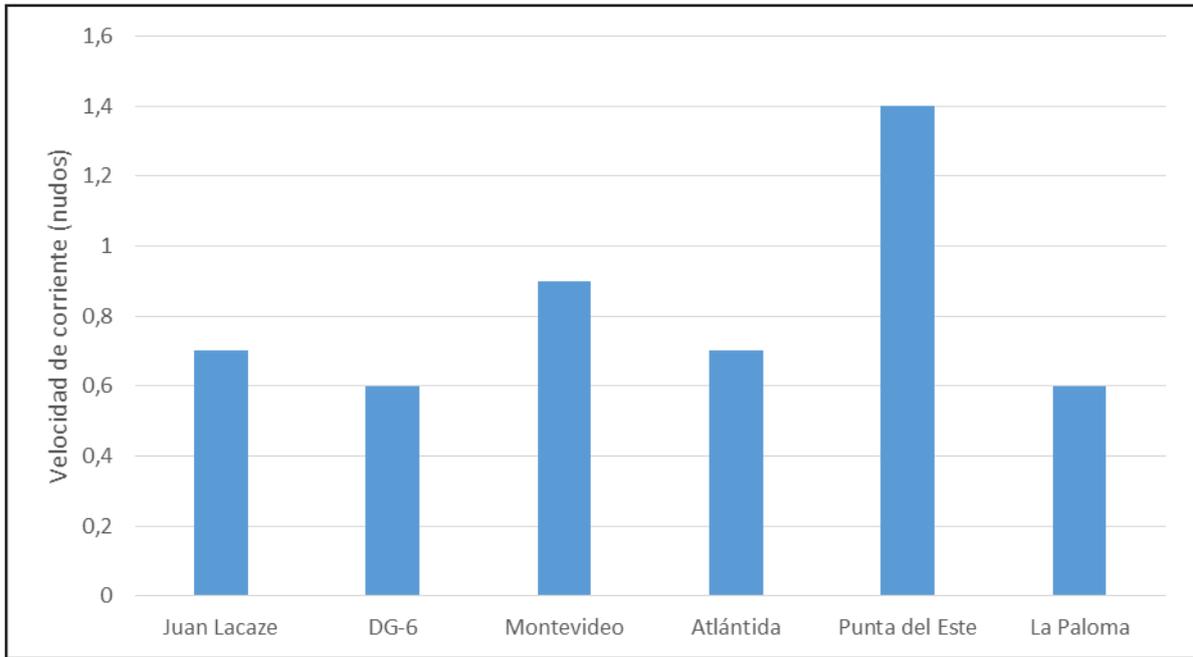


Figura 41. Velocidades de corriente promedio en superficie para los puntos muestreados.

Los histogramas de dirección de corriente obtenidos para cada punto estudiado en fondo y superficie se muestran a continuación reunidos sobre el mapa de la costa Uruguaya (Figuras 42 y 43). Se observa para ambas capas de profundidad que las corrientes son predominantemente en sentido paralelo a la costa. Los puntos relevados en la costa oeste, dentro del Río de la Plata intermedio muestran con mayor frecuencia direcciones de corriente que coinciden con el sentido de descarga del Río Uruguay, mientras que los puntos hacia el este muestran corrientes en paralelo a la costa pero con similar frecuencia en ambos sentidos.

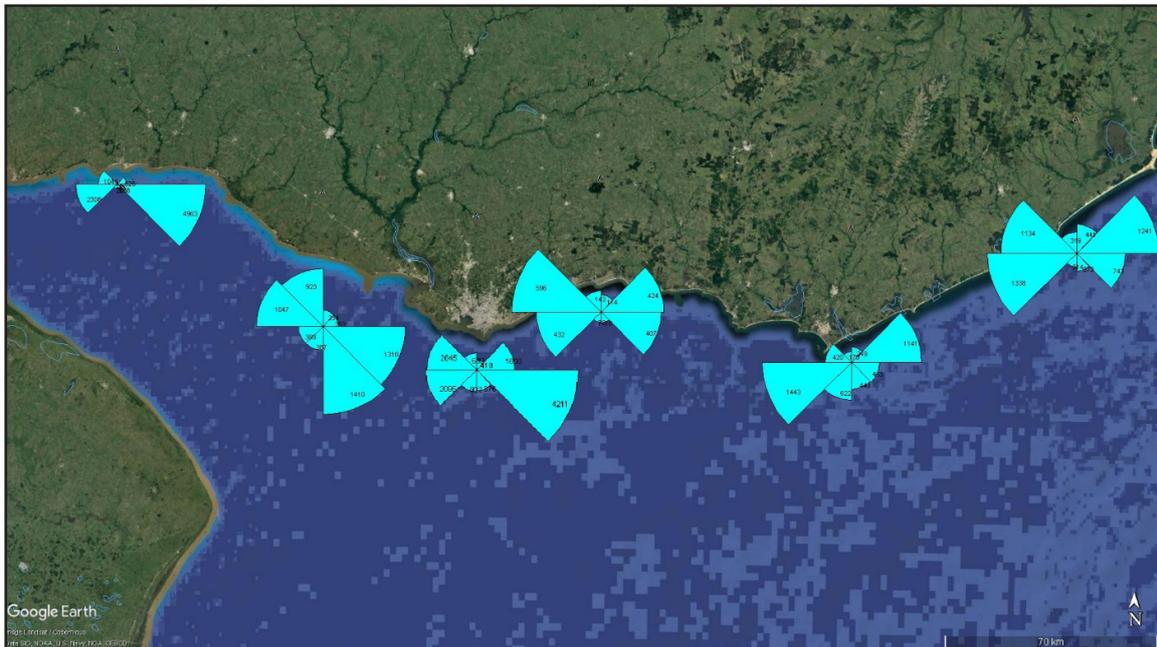


Figura 42. Histogramas de frecuencias de dirección de corriente en fondo para cada punto estudiado.

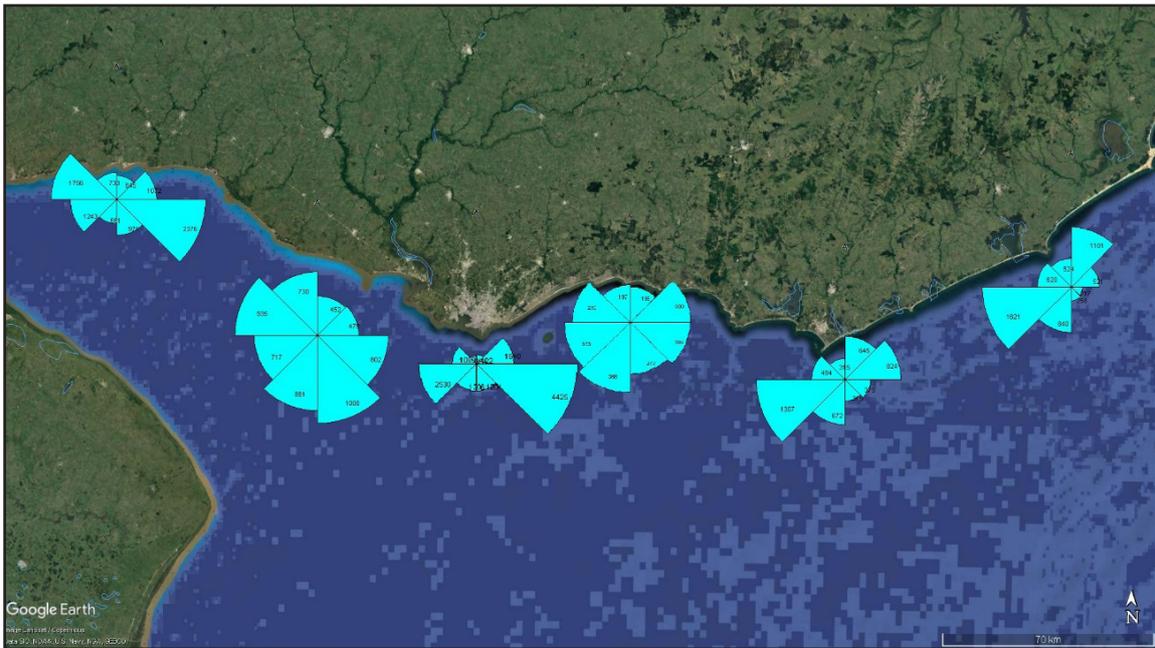


Figura 43. Histogramas de frecuencias de dirección de corriente en superficie para cada punto estudiado.

CONCLUSIONES

Con los resultados presentados aquí se da una caracterización inicial de las corrientes en diferentes puntos de la costa Uruguaya, la cual puede ser de utilidad para quienes realizan actividades náuticas y como estudio de base para futuras investigaciones.

Se observó que las corrientes tienden a ser con mayor frecuencia en dirección paralela a la costa. En el presente trabajo las corrientes registradas en la zona oeste tienen con mayor frecuencia sentido hacia el E-SE, acorde a la descarga del Río de la Plata, lo cual corrobora los resultados publicados previamente por la CARP (1989). En la zona este, se presentan con frecuencia similar corrientes SO y E-NE. En el trabajo realizado en José Ignacio por el SOHMA (1980) también se registró este patrón para corrientes de marea.

Las velocidades de corrientes son en promedio mayores a nivel de superficie para todos los puntos relevados, lo cual puede explicarse por la incidencia de los vientos sobre dicha capa de agua (esta observación también es mencionada previamente para José Ignacio por el SOHMA en 1980). Por la misma razón, los datos tomados presentaron mayor variabilidad en cuanto a direcciones y velocidades de corrientes a nivel de superficie. Esta mayor variabilidad hace menos marcados los patrones de direcciones en superficie para los puntos estudiados.

Las velocidades de corriente para las dos capas estudiadas no presentan una tendencia de aumento observable a lo largo de la costa de oeste a este ni en el sentido contrario. Esto se puede deber en parte a que los puntos muestreados tuvieron diferentes distancias de la costa, diferentes profundidades y a que la topografía del fondo propia de cada lugar influye en el comportamiento de las corrientes. La mayor velocidad promedio registrada se dio en Punta del Este con 1,4 nudos, siendo este valor acorde con las observaciones realizadas por el SOHMA en José Ignacio (1980).

En la mayoría de los puntos estudiados las velocidades más altas registradas correspondieron a las direcciones predominantes de corriente. Esta tendencia se observó de manera más pronunciada en la capa de fondo.

A futuro se espera recopilar más datos en cada punto estudiado, de manera de hacer más fiables las estadísticas presentadas, así como también realizar el cálculo de las corrientes de marea intervinientes.

REFERENCIAS

- Hammer. 2001. Past, Statistical program.
- Microsoft Corporation. 2018. Microsoft Excel. <https://office.microsoft.com/excel>
- Fosatti, M. Bellón, D. Lorenzo, E. Piedra-Cueva, I. 2007. Currents measurements in the coast of Montevideo, Uruguay. Publicaciones online del Instituto de Mecánica de Fluidos (IMFIA), Facultad de Ingeniería (UdelaR).
- C.A.R.P. (Comisión Administradora del Río de la Plata). 1989. Estudio para la evaluación de la contaminación en el Río de la Plata. Informe de Avance, 422.
- S.O.H.M.A. 1980. Contribución al estudio de corrientes de marea: observaciones en José Ignacio. Publicación 02-81 del Departamento de Oceanografía.
- Demicheli, A. 2021. Contribución al estudio de olas: Información en la costa Sur y Este del país. Armada Nacional - Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada. 2ª edición.

