

## Análisis Comparativo de Corrientes en la Reserva de Cabo de Palos

Ref: DT2009/065

Informe Ambiental

Servicio de Pesca y Acuicultura. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia



ESTUDIOS AMBIENTALES, S.L.

**DOCUMENTOS**

# Análisis Comparativo de Corrientes en la Reserva de Cabo de Palos

## **Informe Ambiental**

Ref: DT2009/065

### PROMOTOR

Servicio de Pesca y Acuicultura. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia

### COORDINADOR

**José Miguel Gutiérrez Ortega** (*Lcdo. Biología*)

### EQUIPO DE TRABAJO

**Tomás Senabre González** (*Lcdo. Biología*)

**Antonio Belmonte Ríos** (*Lcdo. Biología*)

**Valentín Aliaga García** (*Lcdo. Biología*)

**Alberto Javier Perán Rex** (*Lcdo. Biología*)

**Desiderio Andrea Romera** (*Lcdo. Biología*)

**Carlos Carrasco López** (*Tec. Sup. Acuicultura*)

**Francisco Zapata Nicolás** (*Tec. Acuicultura*)

**MURCIA, DICIEMBRE 2009**

---



ESTUDIOS AMBIENTALES, S.L.

**MURCIA**

**Pol. Ind. Oeste - C/ Uruguay, s/n - Parc. 8/27. Nave 31**

**Alcantarilla. 30169 MURCIA.**

**Tlf. 968 845 265 / Fax. 968 844 525**

**[taxon@taxon.es](mailto:taxon@taxon.es)**

**CANARIAS**

**Avda. Venezuela, 182**

**Güimar. 38500 S/C Tenerife.**

**Tlf. 922 514 696 / Fax. 922 514 628**

**[taxon@taxon.es](mailto:taxon@taxon.es)**



## índice

- 1. INTRODUCCIÓN** *pag. 1*
    - 1.1. ANTECEDENTES *pag. 1*
    - 1.2. OBJETIVOS *pag. 2*
  - 2. MATERIALES Y MÉTODOS** *pag. 3*
    - 2.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO *pag. 3*
    - 2.2. EQUIPOS DE MEDIDA *pag. 5*
    - 2.3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL FONDEO DE LOS INSTRUMENTOS *pag. 7*
    - 2.4. ANÁLISIS DE LOS DATOS *pag. 9*
  - 3. RESULTADOS** *pag. 11*
    - 3.1. DATOS DE VIENTO *pag. 11*
    - 3.2. DATOS HISTÓRICOS DE CORRIENTES *pag. 12*
    - 3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS *pag. 15*
      - 3.3.1. Análisis gráfico *pag. 19*
    - 3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMPARATIVO DE LAS CORRIENTES DE LOS TRES INSTRUMENTOS *pag. 36*
      - 3.4.1. CORRELACIONES DE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE *pag. 36*
      - 3.4.2. CORRELACIONES DE LAS COMPONENTES *pag. 43*
  - 4. CONCLUSIONES GENERALES** *pag. 45*
-



# 1. INTRODUCCIÓN

En el presente informe se caracteriza y compara el comportamiento de las corrientes marinas registradas en tres puntos de fondeo dentro de la Reserva de Cabo de Palos, durante el período comprendido entre el 27 de octubre de 2009 y el 11 de diciembre de 2009.

La morfología submarina de la reserva es muy abrupta, conformada por la presencia de una cadena de bajos, islas e islotes que forman una barrera natural al giro de la corriente marina costera de componente predominante Sur, forzado por la presencia del Cabo de Palos; de manera que se concentra una parte importante de la energía de las corrientes y el oleaje, este efecto provoca una hidrodinámica altamente inestable, con episodios de corrientes muy fuertes que son potencialmente peligrosos para las actividades subacuáticas en la reserva marina.

## 1.1. ANTECEDENTES

El área de Cabo de Palos - Islas Hormigas está declarada como zona de sensibilidad ecológica alta por la Consejería de Política Territorial, Obras Públicas y Medio Ambiente, de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia por Decreto 7/1993, de 23 de marzo, sobre medidas para la protección de ecosistemas en aguas interiores.

La elevada diversidad y riqueza biológica de esta zona, unida al buen estado de conservación de los ecosistemas y el gran interés pesquero para su entorno, llevó a la declaración de esta zona como Reserva Marina.

En el interior de la Reserva están incluidos, parte del Cabo, los bajos de la Testa, Piles, de Dentro y de Fuera, así como el conjunto de las islas Hormigas, formadas por los islotes de El Hormigón, La Losa y La Hormiga.

Entre los valores que presenta esa área, cabe destacar los fondos de naturaleza rocosa, con paredes verticales y grandes bloques, a diferentes profundidades, donde se encuentran representadas la totalidad de las biocenosis descritas para el litoral de la Región de Murcia, presentando gran complejidad estructural y una importante presencia de especies indicadoras de alta calidad ambiental.

La gran belleza y estado de conservación de estos fondos lo convierten en un atractivo para las actividades subacuáticas. Para el ejercicio de dichas actividades dentro de la reserva marina es necesario la autorización expresa de la Administración competente, estando regulados el cupo de inmersiones que se pueden realizar en aguas exteriores e interiores.

Por estos motivos la Consejería de Pesca de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, pretende con este estudio sentar los precedentes para la progresiva implantación de un servicio de información del estado de las condiciones

hidrodinámicas dentro de la reserva, con la intención de incrementar la seguridad de los usuarios de actividades subacuáticas.-

## 1.2. OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio plantea valorar la viabilidad de la ubicación permanente en la Isla Hormiga de un correntímetro con transmisión de datos en tiempo real, para implantar un servicio de predicción del estado de las corrientes marinas en las zonas destinadas al buceo deportivo dentro de la Reserva Marina de Cabo de Palos (Bajo de Dentro y Bajo de Piles), para facilitar a los usuarios la prevención de accidentes y contribuir al rescate.

Como objetivos específicos se plantean:

- Evaluar la estructura y variabilidad de las corrientes en la zona de estudio.
- Determinar la correlación entre los datos registrados por el correntímetro de Isla Hormiga con los otros dos ubicados en las zonas de buceo de la reserva.
- Evaluar la capacidad de predecir las corrientes en función del emplazamiento de los instrumentos.
- Cuantificar el efecto del viento sobre la circulación marina en la zona de estudio.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de Cabo de Palos - Islas Hormigas fue declarada Reserva Marina en 1995. Con una superficie de 1.898 hectáreas, se extiende desde Cabo de Palos hacia el Noreste, con forma rectangular, incluyéndose dentro del área de protección una zona de reserva integral, que en la actualidad está delimitada por un círculo de 0,5 millas de radio y centro en el faro de la Isla Hormiga.

El área de reserva comprende parte de aguas interiores y parte de aguas exteriores, por lo que su declaración se realizó por la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia mediante Decreto de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca no 15/1995, de 31 de marzo, por el que se declara reserva marina de interés pesquero la zona de Cabo de Palos - Islas Hormigas, y por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, mediante Orden de 22 de junio de 1995, por la que se establece una reserva marina en el entorno de Cabo de Palos - Islas Hormigas.

El Cabo de Palos se encuentra situado en la Región de Murcia, al SE de la península Ibérica.



Figura 1: El icono del ancla indica la ubicación de la zona de estudio frente al Cabo de Palos, Región de Murcia, al sureste de la península ibérica. Fuente: GoogleMaps

A gran escala, las aguas de la Región Murciana se enmarcan dentro del complejo del Mediterráneo Occidental. Las masas de agua que bañan la región marcan la zona de divergencia entre la corriente del Mar de Alborán y la corriente Liguro-Provenzal que

bordea el Mar Catalán y Provenzal. Esta transición de origen termohalino sufre una clara fluctuación estacional marcada por la mayor o menor influencia del régimen de vientos de poniente o de levante, lo que a su vez condiciona el grado de influencia de las distintas corrientes y de las masas de agua que éstas transportan.

De esta manera durante la primera parte del año predomina la influencia de las aguas procedentes del Golfo de León que alcanzan netamente hasta la zona costera de Cabo de Palos. Al norte del cual la influencia de las aguas de Alborán es notablemente menor. No obstante, en aguas superficiales (inferiores a los 250 metros profundidad), como las que nos ocupan, pertenecen al dominio de las denominadas MAW (*Modified Atlantic Water*), las cuales se ven sometidas a fenómenos de un carácter más local y a fluctuaciones ligadas a la estacionalidad o a la dualidad entre invierno-primavera y verano-otoño. Por tanto, el área de estudio presenta una gran complejidad al encontrarse en un área frontera entre las aguas pertenecientes al Mar de Alborán y aquellas que conforman la corriente Liguero-Provenzal.

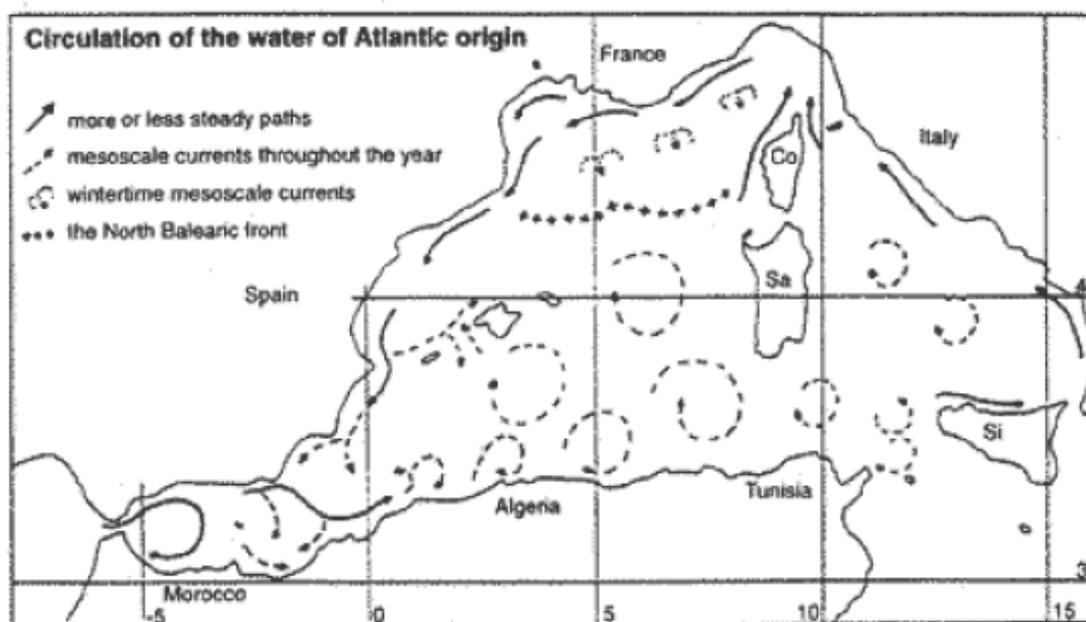


Figura 2: Esquema de circulación en el Mediterráneo Occidental para la zona de profundidad del agua atlántica modificada (MAW) y el agua de invierno. Las flechas continuas indican corrientes que aparecen de forma estable. Los remolinos de mesoescala se representan con las flechas discontinuas y las corrientes inducidas por el viento de invierno se representan por puntos. Según Millot (1998).

La zona de Cabo de Palos, no solo se encuentra ubicada en una zona de divergencia entre dos corrientes mediterráneas, sino que la batimetría también presenta dos zonas muy diferenciadas entre su vertiente norte y la sur. En dirección a la Manga del Mar Menor se encuentra una plataforma costera con una pequeña pendiente que se extiende varios kilómetros mar a adentro, mientras que la costa que se encuentra en dirección Almería presenta una fuerte pendiente, encontrándose un gran incremento en

la profundidad a pocos metros de la costa. La diferencia morfológica entre cada una de las vertientes influye sobre la hidrodinámica y la ecología de la zona.

Por tanto, la conjugación de la morfología del fondo, la especial situación espacial dentro del mapa hidrodinámico del mar mediterráneo y la gran importancia ecológica del área de estudio, hacen que cualquier estudio que se realice en la Reserva de Cabo de Palos- Islas Hormigas presente una gran complejidad.

## 2.2. EQUIPOS DE MEDIDA

Las mediciones de corrientes se efectuaron con tres instrumentos Acoustic Doppler Current Profiler (ACDP), modelo Aquadopp 600KHz del fabricante Nortek.

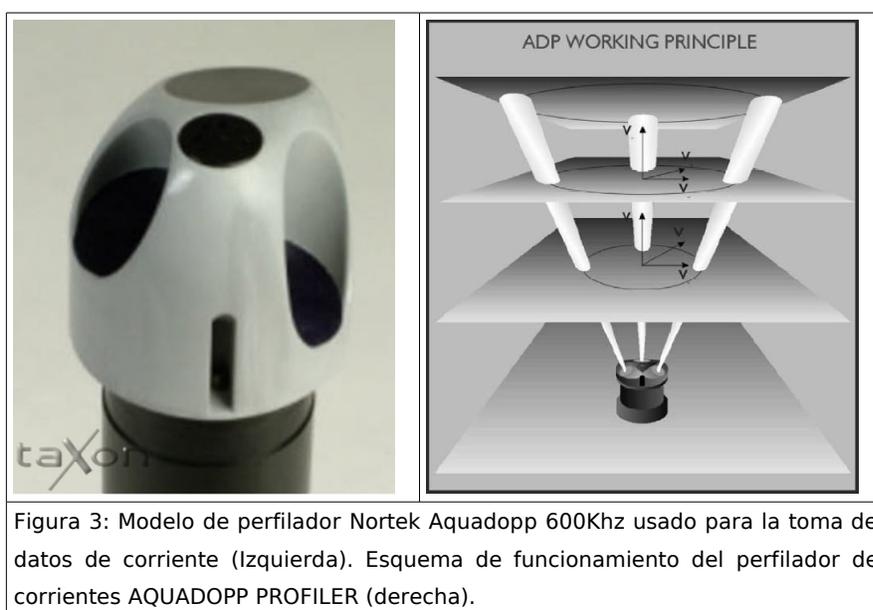


Figura 3: Modelo de perfilador Nortek Aquadopp 600Khz usado para la toma de datos de corriente (Izquierda). Esquema de funcionamiento del perfilador de corrientes AQUADOPP PROFILER (derecha).

Este modelo permite el registro de datos de intensidad y dirección de la corriente en toda la columna de agua a diferentes profundidades, así como la temperatura en el punto en el que se encuentra fondeado, estas capacidades de medida están determinadas por la presencia distintos sensores incorporados a su arquitectura:

- Transductores, para la emisión y recepción del impulso electromagnético (pinging). El sistema acústico funciona a 600Khz (frecuencia de radio no audible).
- Sensor de presión (Piezoresistivo). Rango: 0-100m. Precisión: 0,25%.
- Sensor de temperatura (Resistencia termosensible incluida en la cabeza del instrumento). Rango: -4°C, 30°C. Precisión: 0,1°C. Resolución: 0,001°C. Tiempo de respuesta: 15 min.
- Compás magnético (brújula). Precisión: 2°. Máxima inclinación: 30°
- Clinómetro (nivel de líquido). Precisión: 0,2°C.

### Medidas de velocidad del agua

Frecuencia acústica 0,6 MHz 1,0 MHz 2,0 MHz  
Rango máximo de perfil\* 30 – 40 m 12–20 m 4 –10 m

Espesor de las capas 1– 4 m 0,3 –4 m 0,1–2 m

Blanqueo mínimo 0,50m 0,20 m 0,05 m

Número máximo de capas 128

Rango de velocidad  $\pm 10$  m/s

Precisión 1% del valor de la medida  $\pm 0,5$  cm /s

Máxima velocidad de muestreo 1Hz

### Intensidad del eco

Velocidad de muestro Igual que el de velocidades

Resolución 0,45 dB

Rango dinámico 90 dB

### Transductor

Frecuencias 0,6 MHz 1,0 MHz 2,0 MHz

Número de haces 3 3 3

Amplitud de los haces 3,0° 3,4° 1,7°

### Sensores estándar

**Temperatura** Termistor embutido

Rango – 4 °C a 30 °C

Precisión/Resolución 0,1°C/ 0,01° C

Tiempo de respuesta 10 m in

**Brújula** Flux gate con nivel de líquido

Inclina ción máxima 30 °

Precisión/Resolución 2°/0,1°

**Inclinómetro** Nivel del líquido

Precisión/Resolución 0,2 ° /0 ,1°

Hacia arriba o abajo Detección automática

**Presión** Piezo resistivo

Rango 0 –100 m (estándar)

Precisión/Resolución 0,25 %/0,0 05% del fondo de escala

### Entradas analógicas

Número de canales 2

Voltaje suministrado Voltaje de baterías. El hardware puede ser modificado para suministrar 5 volt o 12 volt

Voltaje de entrada 0-5 volt

Resolución 16 bit A / D

### Transferencia de datos serie

I/O RS232, RS422. El software acepta los

convertidores RS232/USB más comunes

Velocidad de transmisión 300 –115.200 baudios (seleccionable)

### Grabación interna

Capacidad 9 MB, ampliables a 33, 89 ó 161 MB

Volumen por registro 32 byte s + 9×Núm de capas

Modos Parar al llenar memoria o sobrescribir datos viejos

### Alimentación

Entrada de con tin ua 9 –16 vol ts

Consumo máximo

medio a 1Hz 0,2 –1, 5 W

Consumo en descanso 0,0 013 W

Potencia de transmisión 0,3 –20 W, 4 niveles ajustables

### Baterías internas

Tipo /capacidad 18A A Células alcalina /50 Wh

Voltaje de baterías nuevas 13 , 5 volt

Duración 80 días para 2 MHz, en capas de 0,5 m ( Promedios de 10 min .)

50 días para 1MHz , en capas de 1,0m

( Promedios de 10 min .)

### Materiales

Estándar Plásticos tipos Delrin y poliuretano con tornillería de titanio

### Conectores

En el instrumento (Impulse) LPM BH - 8-FS (bronce)

Cable LPM IL- 8-M P en cable de poliuretano de 10 m

A partir del 2 005 se introducen conectores Inline tipo MCB H- 8 -FS.

Esto implicará que la tapa inferior del correntímetro será algo mayor.

### Condiciones ambientales

Temperatura de trabajo –5°C a 35°C

Temperatura de

almacenado –20°C a 45°C

Choque y vibración IEC 721 - 3 - 2

Rango versión

de aguas someras 300 m

### Dimensiones

Peso en aire 2,4 k g/2,6 k g ( 0 , 6 MHz) con baterías alcalinas

Longitud 550 m

Diámetro 75 mm

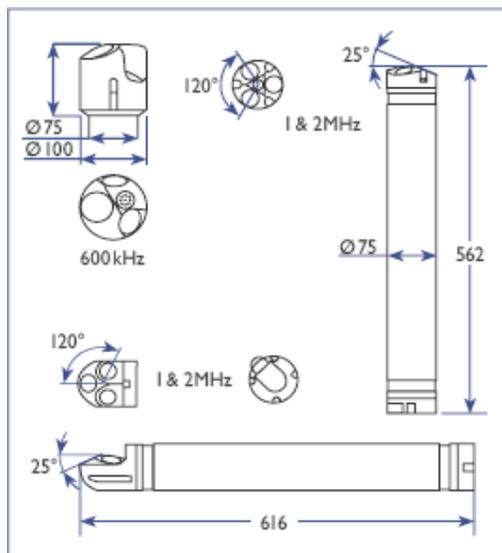


Tabla 1: Ficha técnica del perfilador Aquadopp usado durante el fondeo.

Los correntímetros fondeados (Aquadopp Profiler), basan su funcionamiento en el registro del efecto Doppler, que consiste en la monitorización de las diferencias de frecuencia entre la señal emitida por el instrumento y las señales reflejadas por la columna de agua (eco). Dependiendo de la inmediatez en la respuesta reflejada se conoce la profundidad a la que corresponde el registro; y según el cambio de frecuencia se puede conocer la velocidad de las partículas suspendidas a la

profundidad correspondiente al registro.

### 2.3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL FONDEO DE LOS INSTRUMENTOS

Las mediciones de corrientes se efectuaron con tres perfiladores, como los descritos en el apartado anterior, funcionando simultáneamente.

Para navegar y localizar los puntos previstos de fondeo, se contó con la colaboración de la guardería de la R.M. que puso a disposición una embarcación con dos tripulantes.

La estructura de fondeo usada para la ubicación de los correntímetros está formada por un muerto de 25kg de cemento, con un soporte de pvc donde se encaja el correntímetro y se sujeta con bridas y/o palometas. Además se dispuso una boya de señalización (orinque) a 5m de superficie, para facilitar su posterior localización.

Primero se largaron los muertos unidos a la boya de señalización y se marcó su posición con GPS. Una pareja de buzos bajaron por el cabo guía unido al fondeo donde colocaron el perfilador.



Figura 4: Disposición del instrumento en el fondeo.

Los instrumentos fueron programados para medir cada 10 minutos con una resolución vertical de 2m y 20 niveles de profundidad. El primer nivel efectivo de medida se encuentra aproximadamente a 1,5m por encima del lecho marino, debido a la altura del instrumento y 0,5m de zona blanco de los sensores acústicos.

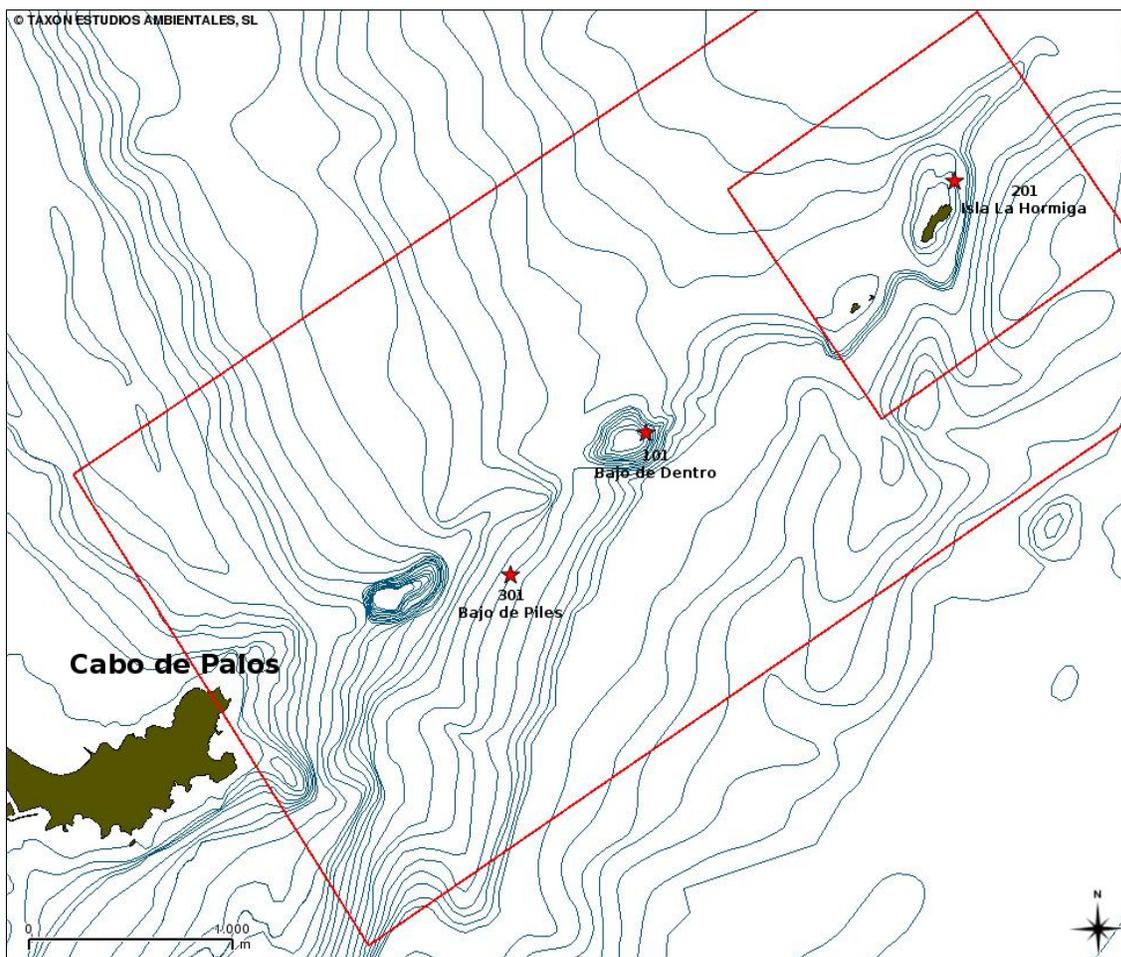


Figura 5: Mapa de localización de los correntímetros en la reserva de Cabo de Palos.

Tabla 2: La correspondencia de las referencias de fondeo con las localizaciones: 101 Bajo de Dentro; 201 Isla Hormiga; 301 Bajo de Piles.

Ref. fondeo	Ubicación		Prof. Sonda	Niveles de medida	Fecha		Intervalo	Número datos
	X	Y			Inicio	Fin		
<b>101</b>	706092	4169425	47m	8 a 46m	27/10/09	11/12/09	600s	4825
<b>201</b>	707605	4170650	44m	5 a 43m	27/10/09	11/12/09	600s	4825
<b>301</b>	705429	4168738	42m	3 a 41m	27/10/09	11/12/09	600s	4825

Los relojes de los correntímetros se sincronizaron para que las mediciones fueran al mismo tiempo en las tres localizaciones.

Se eligieron expresamente estas ubicaciones por los siguientes motivos:

- Se buscaban ubicaciones equivalentes en cuanto a la exposición de los instrumentos a las corrientes predominantes en la Reserva de Cabo de Palos.
- Dos de los puntos debían encontrarse en el entorno de las zonas de buceo deportivo para las cuales se pretende pronosticar el estado de la corriente. Y el tercero en una posición cercana a la isla Hormiga donde se encuentran infraestructuras que facilitarían la instalación de un sistema de monitorización en contínuo.
- Las profundidades de fondeo debían cubrir el rango más frecuentado por los submarinistas, entre 0 y 40m.

Después del fondeo, debido a la necesidad de encontrar la profundidad de 40m para la que se programaron los instrumentos, la disposición de estos quedó influenciada por la morfología abrupta del lecho marino, encontrándose el instrumento del Bajo de Piles (301) libre de obstáculos, el del Bajo de Dentro (101) apantallado por la presencia de éste a sotavento de las corrientes del oeste; y el de la Isla Hormiga apantallado a sotavento de las corrientes de los dos cuadrantes oeste.

## 2.4. DATOS DE VIENTO

El viento es un elemento directamente relacionado con el oleaje, dirección e intensidad de las corrientes marinas costeras superficiales; este movimiento generado por el rozamiento con la lámina de agua se transmite a niveles más profundos de la columna de agua, generando flujos más debilitados hacia el fondo debido al rozamiento con el lecho marino, incluso pudiendo invertir la dirección del flujo.

Los datos de viento utilizados para el estudio se han obtenido del Banco de Datos de la Red de Medida de Puertos del Estado ([www.puertos.es](http://www.puertos.es)). Los datos corresponden a la boya profunda de Cabo de Palos (2610), ubicada en las coordenadas geográficas (37,651º; -0.327º), para el período del 24 al 30 de noviembre de 2009.

## 2.5. ANÁLISIS DE LOS DATOS

Para poder comparar de forma representativa los datos de los tres instrumentos: se han eliminado los datos que no se encuentran registrados en los tres instrumentos, tanto al comienzo de las mediciones, como por el final de los registros, marcado por la vida de las baterías del instrumento 101 que dejó de medir el 30 de noviembre de 2009.

El análisis estadístico incluye cálculos de media, varianza, mínimo y máximo; además

de la representación gráfica para mostrar los datos de forma más fácilmente interpretables:

- Histogramas:** Muestran el número de registros que pertenecen a cada uno de los intervalos de intensidad de corrientes.

- Rosa de corrientes:** Es una representación muy parecida al histograma, pero en esta gráfica las columnas representan las velocidades registradas y se ordenan de manera que marcan las direcciones establecidas en los ocho cuadrantes de la rosa de corrientes (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW). Cuanto más largo son los ejes representados mayor es la velocidad registrada en dicha dirección.

- Hodógrafa:** También conocida como gráfica de vector-desplazamiento. Muestra la trayectoria hipotética que seguiría una partícula desplazada a merced de la corriente registrada. Se marcan el inicio y fin de la trayectoria. Cada "x" representada en la gráfica corresponde con un día de registro de datos.

- Series temporales filtradas:** Se trata de una representación simple del valor de la intensidad de la corriente frente al tiempo. Los valores de intensidad se promedian para que la gráfica permita una mejor comprensión de los fenómenos más representativos.

## 3. RESULTADOS

### 3.1. DATOS DE VIENTO

Los datos de vientos corresponden al período del 24 al 30 de noviembre de 2009, serie mucho más corta que la de la obtenida de los registros de los correntímetros fondeados para este estudio. Por algún problema técnico Puertos del Estado no tiene disponibles la totalidad de los datos registrados en el período de estudio. En consecuencia el volumen de datos obtenidos es insuficientes para obtener un análisis que pueda considerarse robusto, aunque, a pesar, de esta circunstancia, por el interés del viento como factor a considerar en la predicción de las corrientes, se ha intentado realizar un análisis como una primera aproximación.

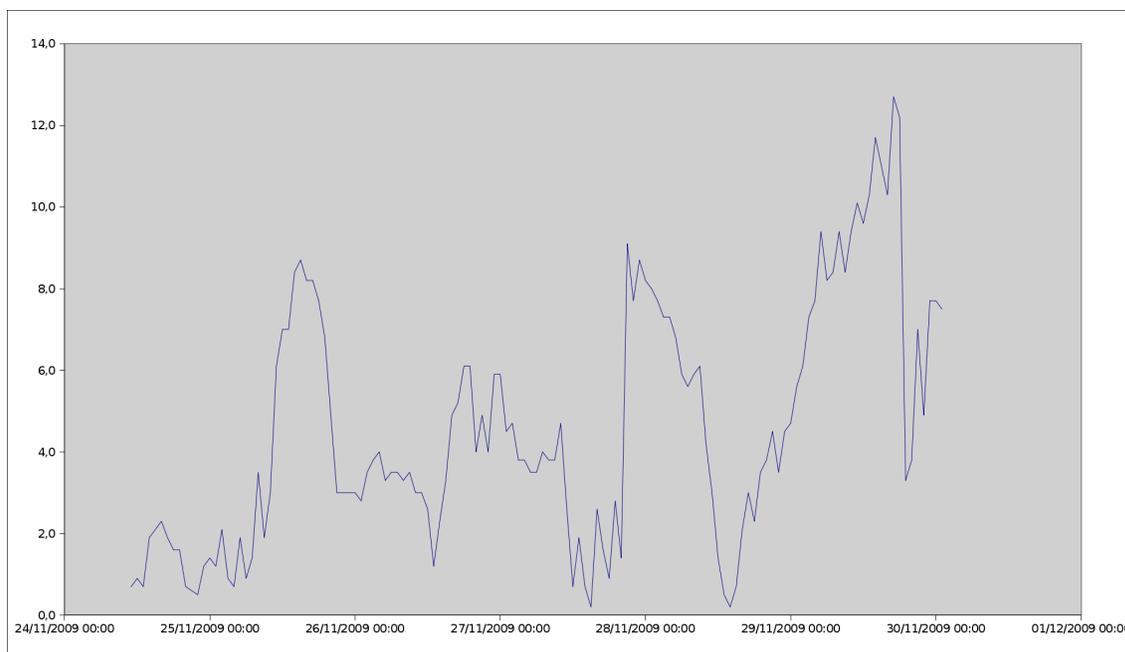


Figura 6: Datos de viento registrados por la boya de Puertos del Estado, entre el 24 y 30 de noviembre de 2009.

Para complementar los datos de vientos de la boya de Cabo de Palos se ha consultado un análisis genérico de los datos estadísticos del observatorio de San Javier (Agencia Estatal de Meteorología). Estos datos comprenden el período de 1952-1972 y han permitido establecer el régimen global de viento de la zona de estudio, pero al no coincidir el intervalo de tiempo no se han podido emplear en el análisis.

Durante el primer trimestre del año la dirección de viento más frecuente es la del cuadrante comprendido entre la dirección SO y NO, con un total del 51% de las medidas registradas. El segundo y el tercer trimestre las direcciones más frecuentes

son del cuadrante NE y SE con un 53% y un 61% de las observaciones, respectivamente.

Para el cuarto trimestre, el mismo que coincide con el periodo de medición de corrientes, hay que diferenciar entre el mes de octubre con el 41% de las direcciones NE -SO; y los meses siguientes que hay un cambio al eje NO-SO con un total del 75% de las observaciones.

### 3.2. DATOS HISTÓRICOS DE CORRIENTES

A continuación se presentan datos históricos de corrientes de la boya de aguas profundas de Puertos del Estado, ubicada en Cabo Palos (2610, coordenadas geográficas 37,651º; -0.327º). El estudio anual del año 2007 muestra que las direcciones de corriente predominante en Cabo Palos NNE y SSO. Estas direcciones se corresponden con los datos registrados por los correntímetros ubicados en la Reserva, teniendo en cuenta que la ubicación de esta boya no está influenciada por la presencia de tierra, y por el giro de corriente que fuerza la presencia del cabo. Las corrientes de mayor intensidad también se dan estas direcciones predominantes. Las direcciones de corriente menos frecuentes se dan en el eje Este - Oeste que coincide también con las intensidades de corriente más bajas.

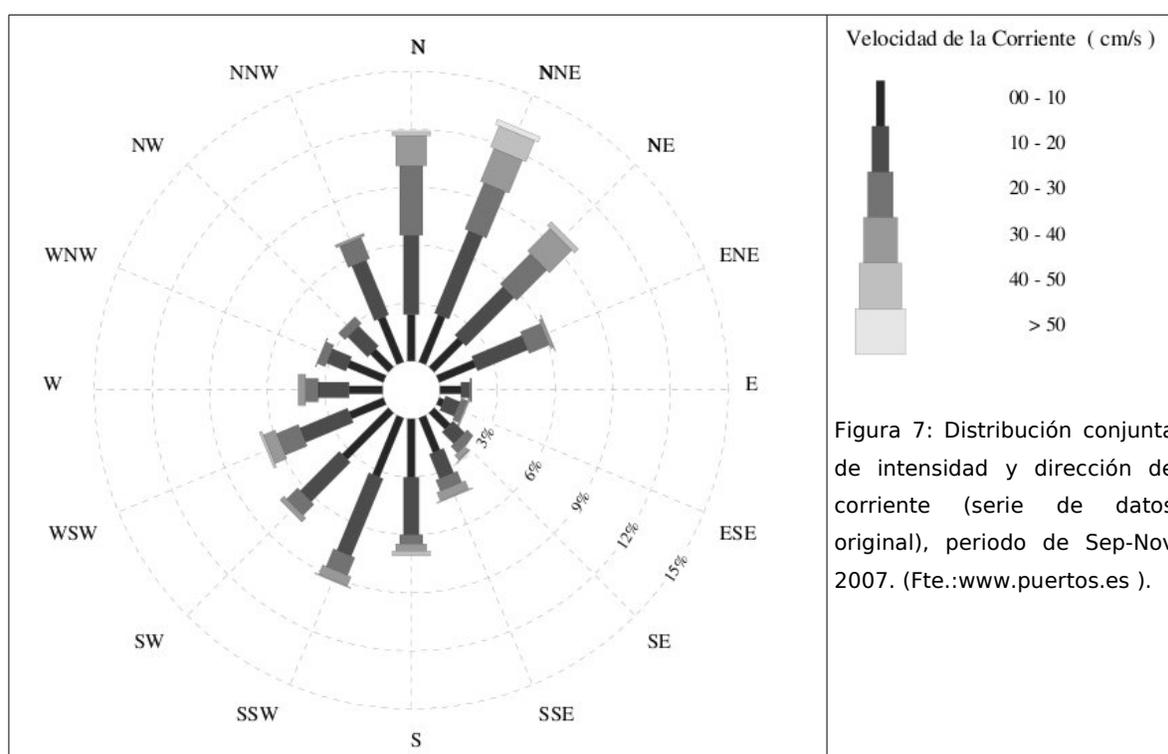


Figura 7: Distribución conjunta de intensidad y dirección de corriente (serie de datos original), periodo de Sep-Nov 2007. (Fte.:www.puertos.es ).

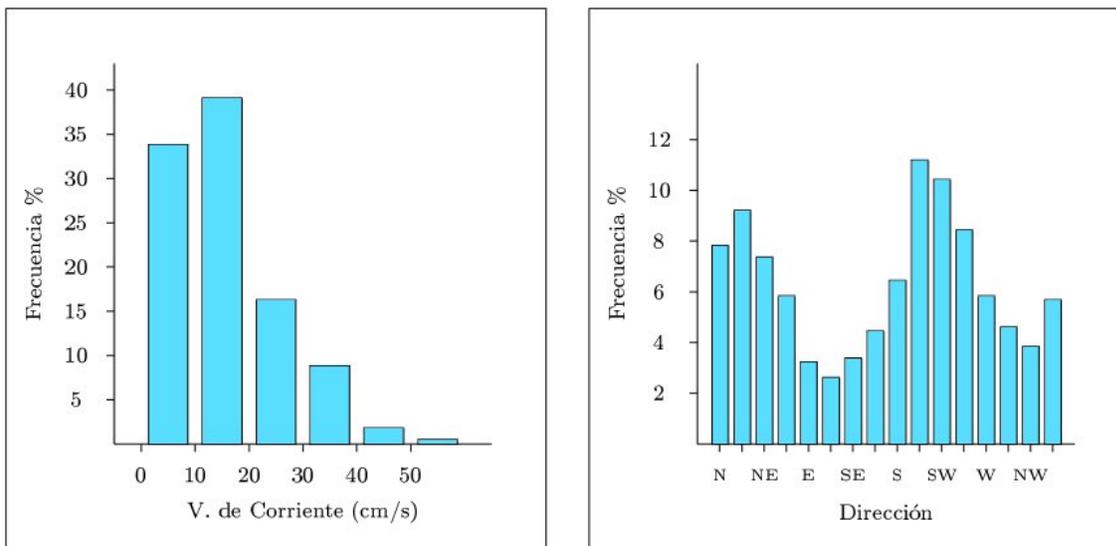


Figura 8: Distribución conjunta de intensidad y dirección de corriente (serie de datos original), periodo de anual 2007. (Fte.:www.puertos.es ).

Dirección (grados)		V. de Corriente (cm/s)						Total
		(00-10]	(10-20]	(20-30]	(30-40]	(40-50]	> 50	
N	0.0	2.086	2.758	1.993	.834	.116	-	7.787
NNE	22.5	2.202	3.499	1.483	1.251	.579	.139	9.154
NE	45.0	2.086	2.851	1.367	.904	.139	-	7.346
ENE	67.5	2.457	2.549	.718	.093	.023	-	5.840
E	90.0	1.553	1.043	.487	.070	-	-	3.152
ESE	112.5	.927	1.251	.324	.070	-	-	2.572
SE	135.0	1.553	.950	.533	.255	.023	-	3.314
SSE	157.5	1.947	1.437	.626	.348	.046	-	4.403
S	180.0	2.572	2.596	.603	.487	.162	-	6.419
SSW	202.5	2.990	4.334	1.924	1.506	.255	.185	11.194
SW	225.0	2.943	3.754	1.669	1.576	.487	.023	10.452
WSW	247.5	2.248	3.499	1.599	1.020	.093	-	8.459
W	270.0	1.900	2.549	1.112	.324	-	-	5.886
WNW	292.5	2.086	1.761	.533	.162	-	-	4.542
NW	315.0	1.784	1.553	.417	-	-	-	3.754
NNW	337.5	2.341	2.526	.788	.070	-	-	5.724
Total		33.673	38.911	16.176	8.969	1.924	.348	100 %

Tabla 3: Estadísticas de la serie de corrientes (serie de datos original), periodo anual 2007. (Fte.:www.puertos.es ).

### 3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

El análisis de las corrientes registradas, señalan claramente un componente cíclico entre las direcciones de corrientes predominantes SE-NO. Este efecto es común en el litoral mediterráneo debido al régimen de brisas asociado al gradiente térmico que supone el calentamiento diferencial entre la superficie marina y tierra.

Correntímetro ubicado en el Bajo de Dentro (101)				
Profundidad	10m	20m	30m	40m
Dirección media	153,204	199,912	199,706	186,199
Intensidad media (m/s)	0,224	0,182	0,185	0,161
Intensidad media (nudos)	0,436	0,355	0,360	0,314
Intensidad max/min (m/s)	1,006 / 0,002	0,612 / 0,002	0,626 / 0,001	0,543 / 0,002
Intensidad max/min (nudos)	1,955 / 0,005	1,190 / 0,004	1,217 / 0,003	1,055 / 0,004
Dirección Desv. Est.	88,600	85,613	82,338	79,426
Intensidad Desv. Est.	0,125	0,100	0,106	0,103

Correntímetro ubicado en la Isla Hormigas (201)				
Profundidad	10m	20m	30m	40m
Dirección media	181,529	192,092	194,891	164,896
Intensidad media (m/s)	0,152	0,144	0,127	0,098
Intensidad media (nudos)	0,295	0,279	0,247	0,190
Intensidad max/min (m/s)	0,514 / 0,0001	0,492 / 0,001	0,459 / 0,0001	0,347 / 0,0001
Intensidad max/min (nudos)	0,999 / 0,002	0,956 / 0,002	0,893 / 0,0003	0,675 / 0,0003
Dirección Desv. Est.	91,851	84,811	86,106	87,977
Intensidad Desv. Est.	0,091	0,091	0,084	0,061

Correntímetro ubicado en el Bajo de Piles (301)				
Profundidad	10m	20m	30m	40m
Dirección media	190,791	200,427	182,793	159,012
Intensidad media (m/s)	0,225	0,215	0,198	0,148
Intensidad media (nudos)	0,437	0,419	0,385	0,287
Intensidad max/min (m/s)	0,737 / 0,0001	0,739 / 0,001	0,699 / 0,002	0,664 / 0,0001
Intensidad max/min (nudos)	1,432 / 0,0003	1,437 / 0,002	1,358 / 0,004	1,290 / 0,0002
Dirección Desv. Est.	92,666	85,958	84,602	87,052
Intensidad Desv. Est.	0,125	0,121	0,114	0,093

Tabla 4: Resumen estadístico de los datos registrados por los instrumentos fondeados.

La dirección predominante de la corriente durante el período de estudio fue SSE con la mayor cantidad de registros en los tres instrumentos, además en esta dirección se dan los registros máximos de intensidad de corriente. La componente armónica (opuesta) a esta dirección representa la segunda dirección predominante en la zona es NOO.

En las capas profundas analizadas, se pierde la componente armónica y predomina la dirección SEE. En general se cumple que la intensidades medias decrecen con la profundidad, y el correntímetro más influenciado por la presencia de elementos orográficos, presenta velocidades medias menores, debido al rozamiento; este es el caso del instrumento ubicado en la Isla Hormiga muy influenciado por la presencia de este hito, tanto en las direcciones como en las intensidades registradas.

De las hodógrafas se desprende que el desplazamiento neto es hacia la dirección SE correspondiendo con las direcciones predominantes registradas; y este desplazamiento se hace claramente más directivo conforme aumenta la profundidad

Profundidad de 10m					
Correntímetro 101		Velocidad máxima		Velocidad media	
Dirección	Proporción	m/s	nudos	m/s	nudos
N	12,386	0,623	1,212	0,226	0,438
NE	15,099	1,006	1,955	0,283	0,551
E	11,495	0,638	1,241	0,195	0,378
SE	28,314	0,630	1,224	0,245	0,477
S	16,239	0,701	1,363	0,219	0,425
SW	5,178	0,461	0,896	0,158	0,306
W	3,293	0,322	0,627	0,116	0,225
NW	7,995	0,513	0,998	0,180	0,349

Profundidad de 20m					
Correntímetro 101		Velocidad máxima		Velocidad media	
Dirección	Proporción	m/s	nudos	m/s	nudos
N	7,643	0,612	1,190	0,207	0,403
NE	2,755	0,419	0,815	0,121	0,235
E	3,749	0,394	0,767	0,136	0,264
SE	26,719	0,542	1,054	0,234	0,454
S	28,956	0,496	0,964	0,188	0,366
SW	7,809	0,276	0,537	0,103	0,201
W	8,824	0,347	0,675	0,108	0,210
NW	13,546	0,453	0,881	0,175	0,340

Profundidad de 30m					
Correntímetro 101		Velocidad máxima		Velocidad media	
Dirección	Proporción	m/s	nudos	m/s	nudos
N	5,199	0,468	0,911	0,150	0,292
NE	1,698	0,350	0,681	0,091	0,178
E	4,722	0,394	0,766	0,154	0,300
SE	40,969	0,626	1,217	0,245	0,476
S	18,993	0,395	0,769	0,172	0,335
SW	5,882	0,191	0,372	0,076	0,147
W	6,959	0,282	0,549	0,086	0,168
NW	15,576	0,414	0,805	0,162	0,314

Profundidad de 40m					
Correntímetro 101		Velocidad máxima		Velocidad media	
Dirección	Proporción	m/s	nudos	m/s	nudos
N	2,920	0,229	0,446	0,058	0,113
NE	2,589	0,409	0,795	0,072	0,139
E	13,215	0,491	0,955	0,150	0,292
SE	49,524	0,543	1,055	0,215	0,418
S	7,146	0,399	0,776	0,093	0,180
SW	3,625	0,211	0,410	0,055	0,107
W	7,601	0,325	0,633	0,085	0,166
NW	13,380	0,348	0,677	0,123	0,239

Tabla 5: Clasificación de los datos de corriente registrados en las capas de 10, 20, 30 y 40 metros de profundidad según dirección e intensidad, del correntímetro (101) ubicado en el Bajo de Dentro.

Profundidad de 10m					
Correntímetro 201		Velocidad máxima		Velocidad media	
Dirección	Proporción	m/s	nudos	m/s	nudos
N	9,009	0,467	0,909	0,113	0,219
NE	7,371	0,381	0,740	0,089	0,174
E	9,581	0,336	0,653	0,118	0,229
SE	31,309	0,487	0,947	0,217	0,421
S	14,882	0,351	0,683	0,143	0,278
SW	7,418	0,290	0,563	0,108	0,210
W	7,881	0,357	0,695	0,108	0,209
NW	12,548	0,514	0,999	0,144	0,279

Profundidad de 20m					
Correntímetro 201		Velocidad máxima		Velocidad media	
Dirección	Proporción	m/s	nudos	m/s	nudos
N	6,058	0,403	0,784	0,088	0,170
NE	5,548	0,384	0,747	0,078	0,152
E	7,248	0,418	0,813	0,105	0,204
SE	31,433	0,492	0,956	0,207	0,402
S	19,441	0,406	0,789	0,137	0,267
SW	9,071	0,255	0,497	0,093	0,181
W	9,210	0,281	0,547	0,105	0,203
NW	11,992	0,480	0,933	0,140	0,272

Profundidad de 30m					
Correntímetro 201		Velocidad máxima		Velocidad media	
Dirección	Proporción	m/s	nudos	m/s	nudos
N	5,100	0,237	0,461	0,071	0,138
NE	4,482	0,273	0,530	0,061	0,118
E	10,740	0,368	0,715	0,114	0,222
SE	32,267	0,459	0,893	0,187	0,364
S	14,774	0,394	0,766	0,112	0,217
SW	8,237	0,337	0,656	0,076	0,148
W	10,987	0,267	0,520	0,088	0,172
NW	13,414	0,311	0,605	0,117	0,227

Profundidad de 40m					
Correntímetro 201		Velocidad máxima		Velocidad media	
Dirección	Proporción	m/s	nudos	m/s	nudos
N	6,954	0,303	0,590	0,062	0,120
NE	9,427	0,347	0,675	0,089	0,173
E	26,611	0,332	0,646	0,123	0,239
SE	25,715	0,342	0,666	0,112	0,219
S	8,283	0,276	0,537	0,070	0,137
SW	4,621	0,270	0,525	0,060	0,117
W	8,793	0,221	0,430	0,071	0,137
NW	9,597	0,337	0,656	0,089	0,173

Tabla 6: Clasificación de los datos de corriente registrados en las capas de 10, 20, 30 y 40 metros de profundidad según dirección e intensidad, del correntímetro (201) ubicado en la Isla de Hormiga.

Profundidad de 10m					
Correntímetro 301		Velocidad máxima		Velocidad media	
Dirección	Proporción	m/s	nudos	m/s	nudos
N	6,243	0,568	1,105	0,183	0,356
NE	3,760	0,364	0,707	0,129	0,252
E	12,810	0,560	1,089	0,236	0,459
SE	36,416	0,737	1,432	0,288	0,560
S	10,453	0,718	1,396	0,171	0,332
SW	4,552	0,454	0,883	0,130	0,252
W	7,791	0,442	0,860	0,149	0,289
NW	17,974	0,715	1,390	0,210	0,408

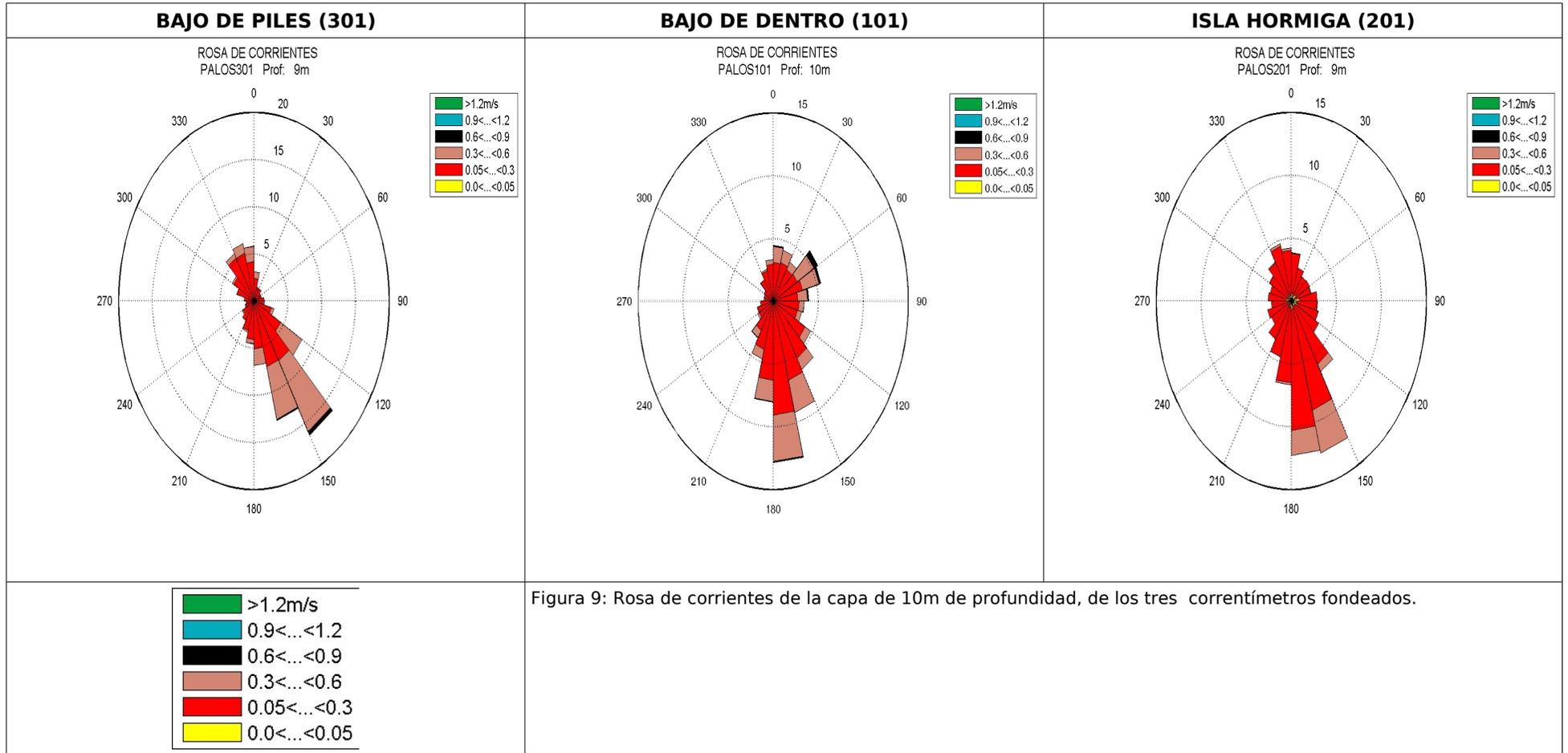
Profundidad de 20m					
Correntímetro 301		Velocidad máxima		Velocidad media	
Dirección	Proporción	m/s	nudos	m/s	nudos
N	3,670	0,419	0,814	0,162	0,315
NE	1,745	0,406	0,789	0,121	0,235
E	6,801	0,524	1,019	0,238	0,463
SE	46,887	0,739	1,437	0,269	0,523
S	8,870	0,419	0,815	0,121	0,234
SW	4,516	0,529	1,028	0,091	0,176
W	8,438	0,306	0,595	0,121	0,236
NW	19,072	0,551	1,070	0,210	0,407

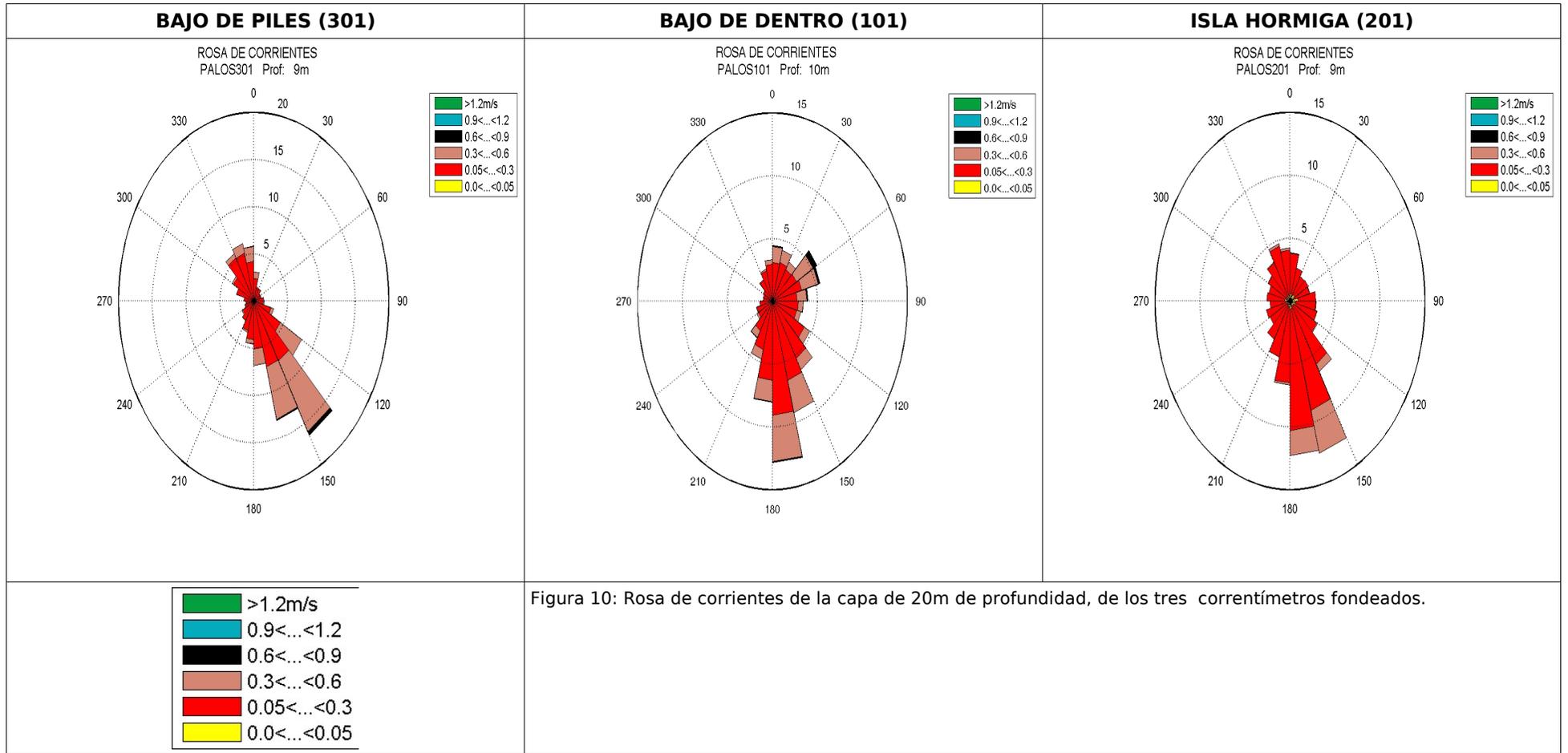
Profundidad de 30m					
Correntímetro 301		Velocidad máxima		Velocidad media	
Dirección	Proporción	m/s	nudos	m/s	nudos
N	4,768	0,331	0,643	0,119	0,232
NE	2,465	0,283	0,551	0,102	0,199
E	15,995	0,523	1,016	0,225	0,437
SE	44,117	0,699	1,358	0,253	0,491
S	5,452	0,284	0,551	0,104	0,203
SW	5,290	0,213	0,414	0,086	0,166
W	8,942	0,342	0,665	0,117	0,227
NW	12,972	0,481	0,936	0,168	0,327

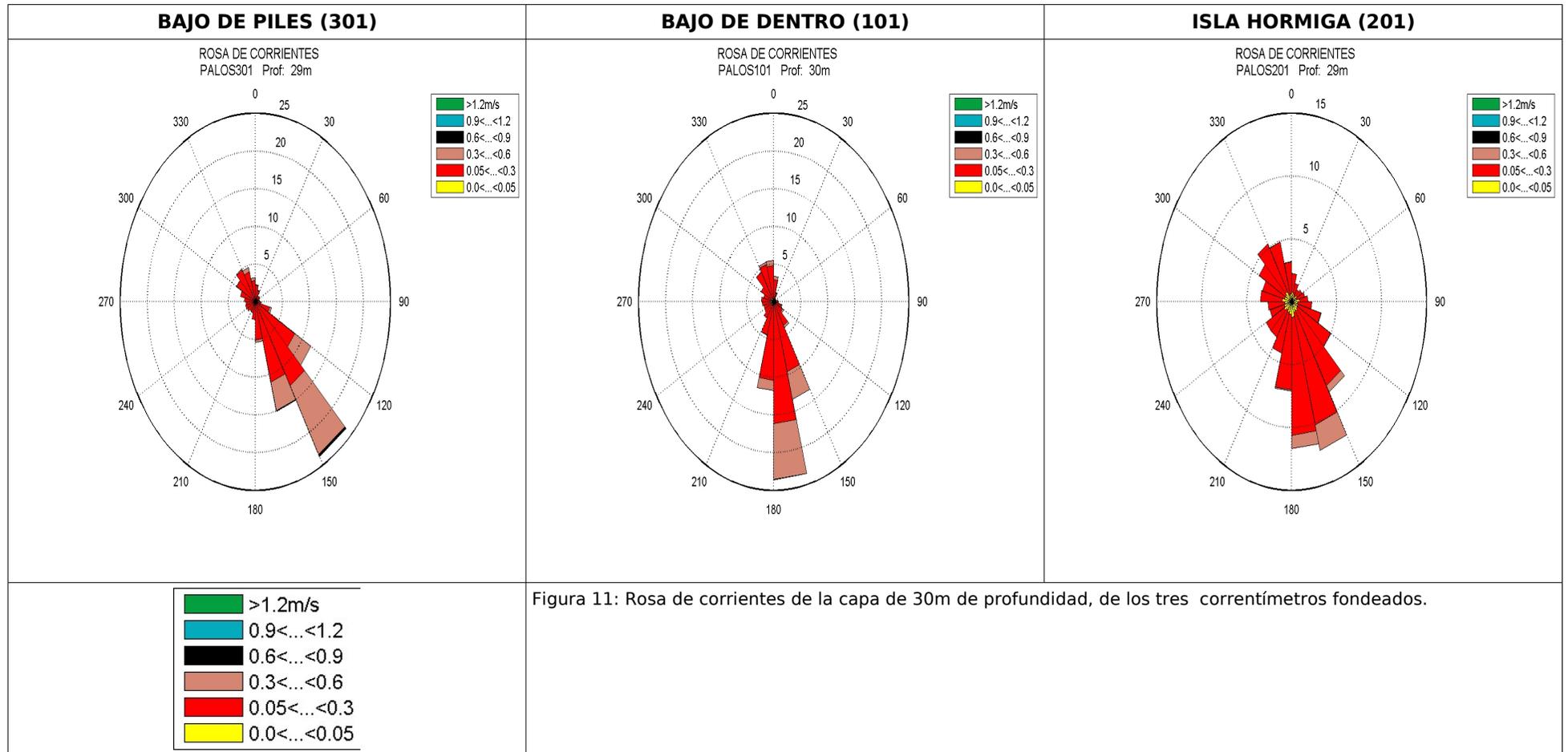
Profundidad de 40m					
Correntímetro 301		Velocidad máxima		Velocidad media	
Dirección	Proporción	m/s	nudos	m/s	nudos
N	8,258	0,251	0,489	0,091	0,176
NE	8,204	0,283	0,550	0,090	0,175
E	29,777	0,664	1,290	0,182	0,353
SE	27,006	0,644	1,253	0,200	0,389
S	5,326	0,275	0,534	0,094	0,182
SW	4,858	0,262	0,509	0,083	0,161
W	7,377	0,357	0,694	0,096	0,187
NW	9,194	0,323	0,628	0,095	0,185

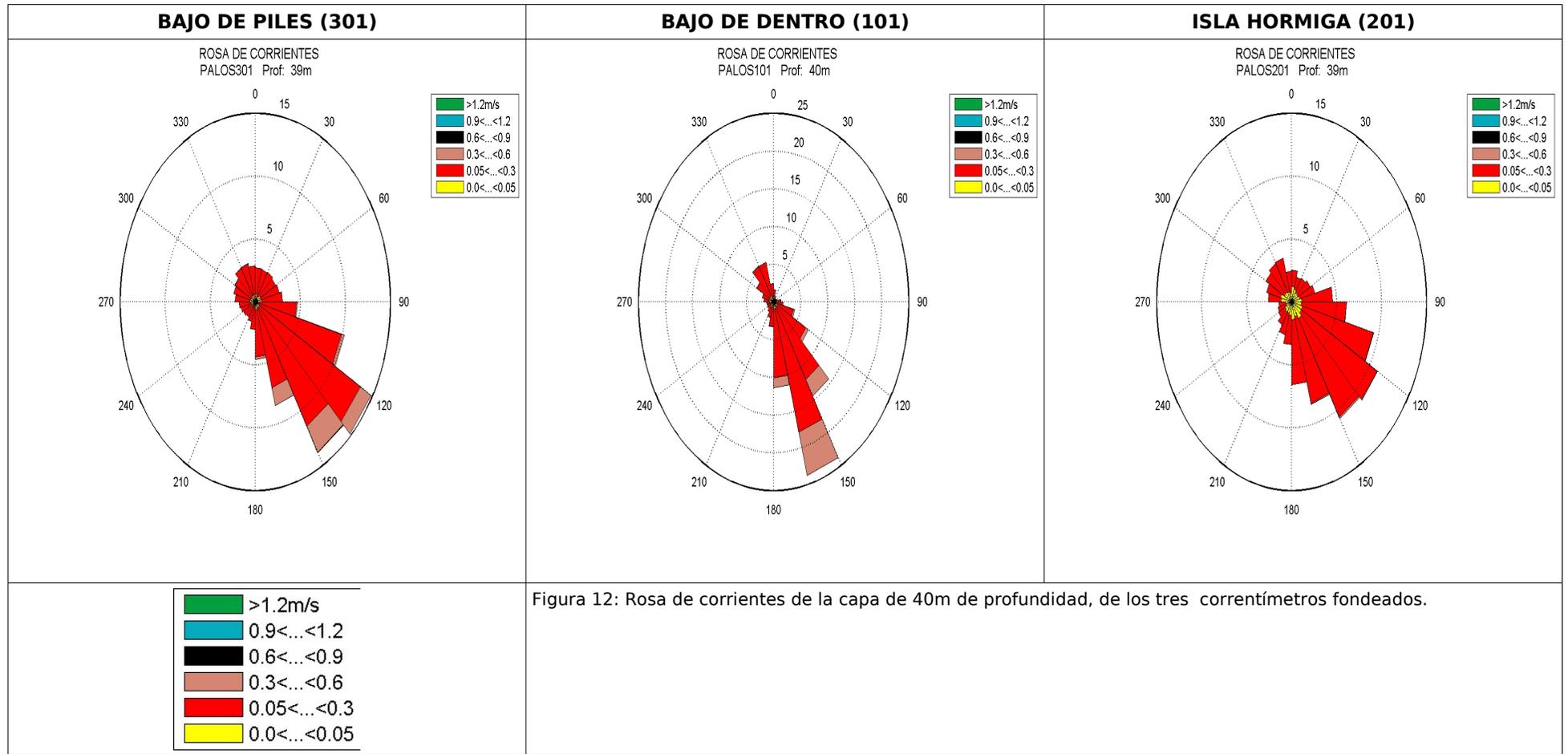
Tabla 7: Clasificación de los datos de corriente registrados en las capas de 10, 20, 30 y 40 metros de profundidad según dirección e intensidad, del correntímetro (301) ubicado en el Bajo de Piles.

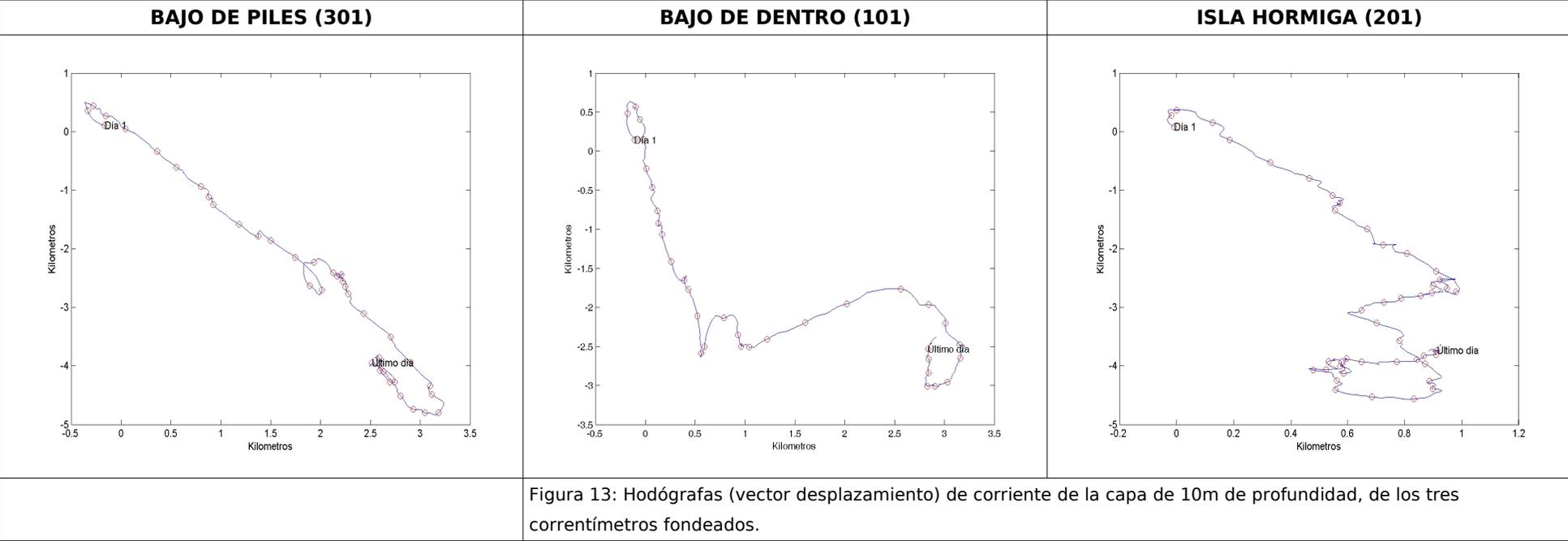
### 3.3.1. Análisis gráfico

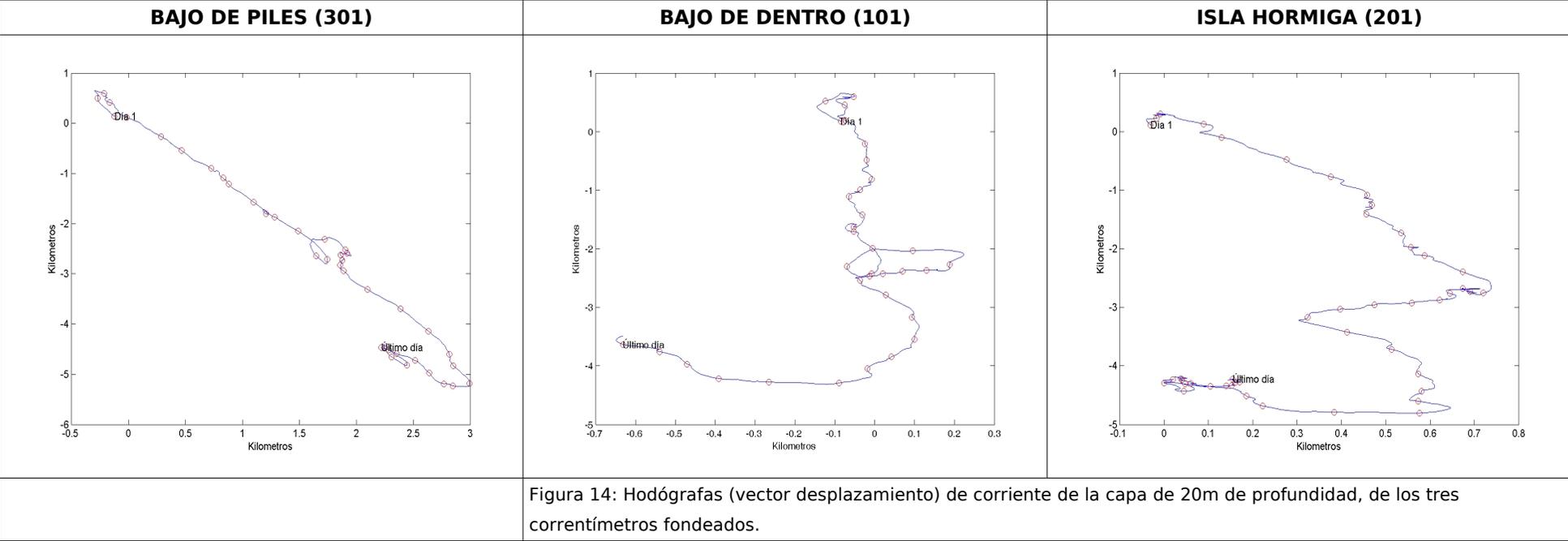


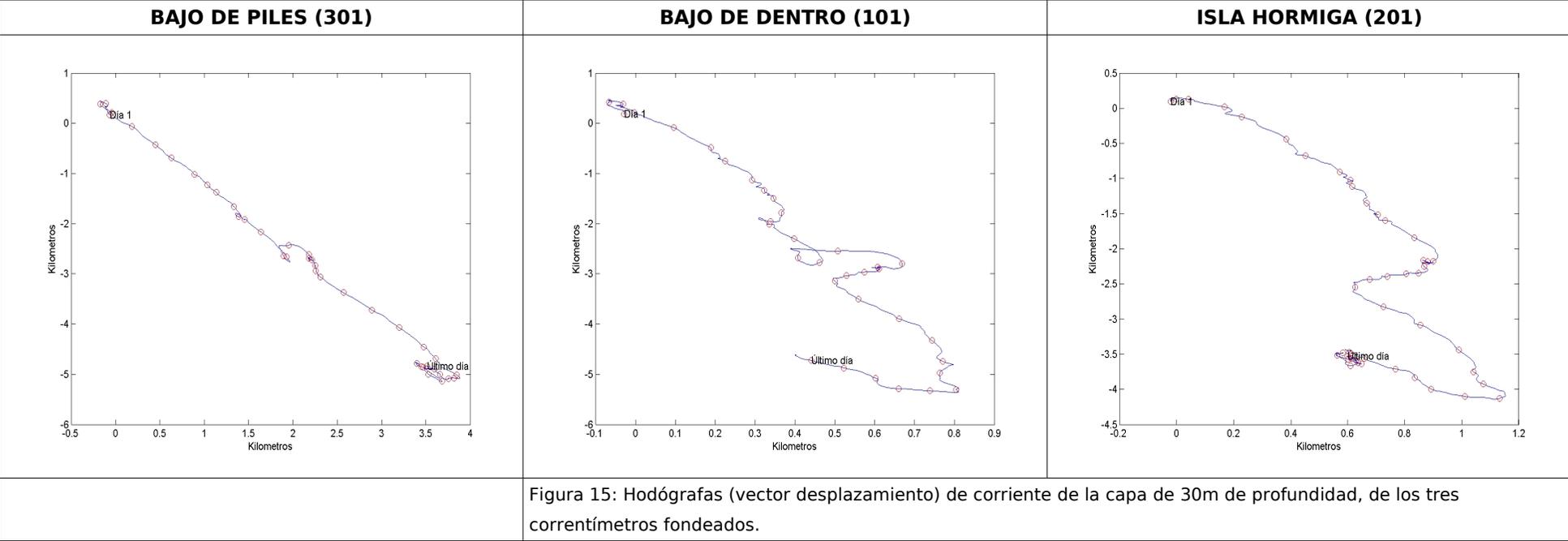


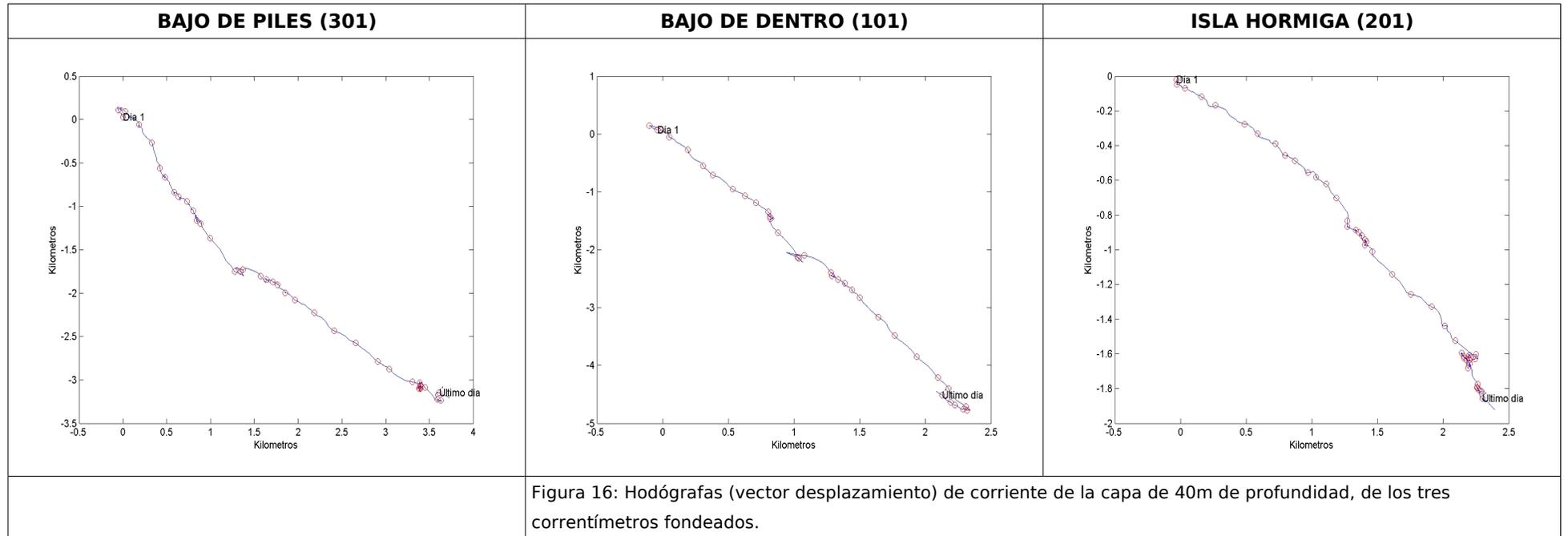






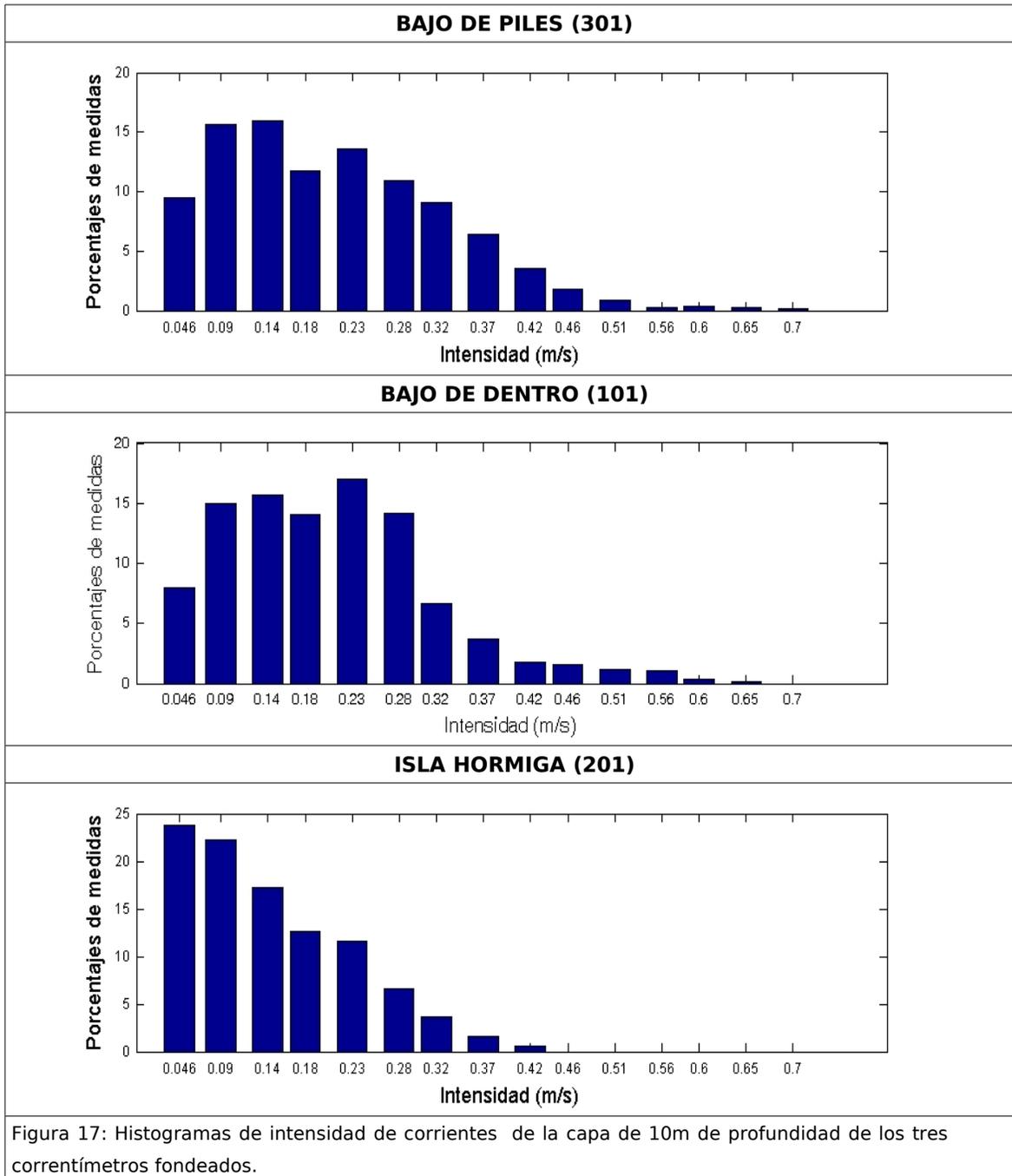


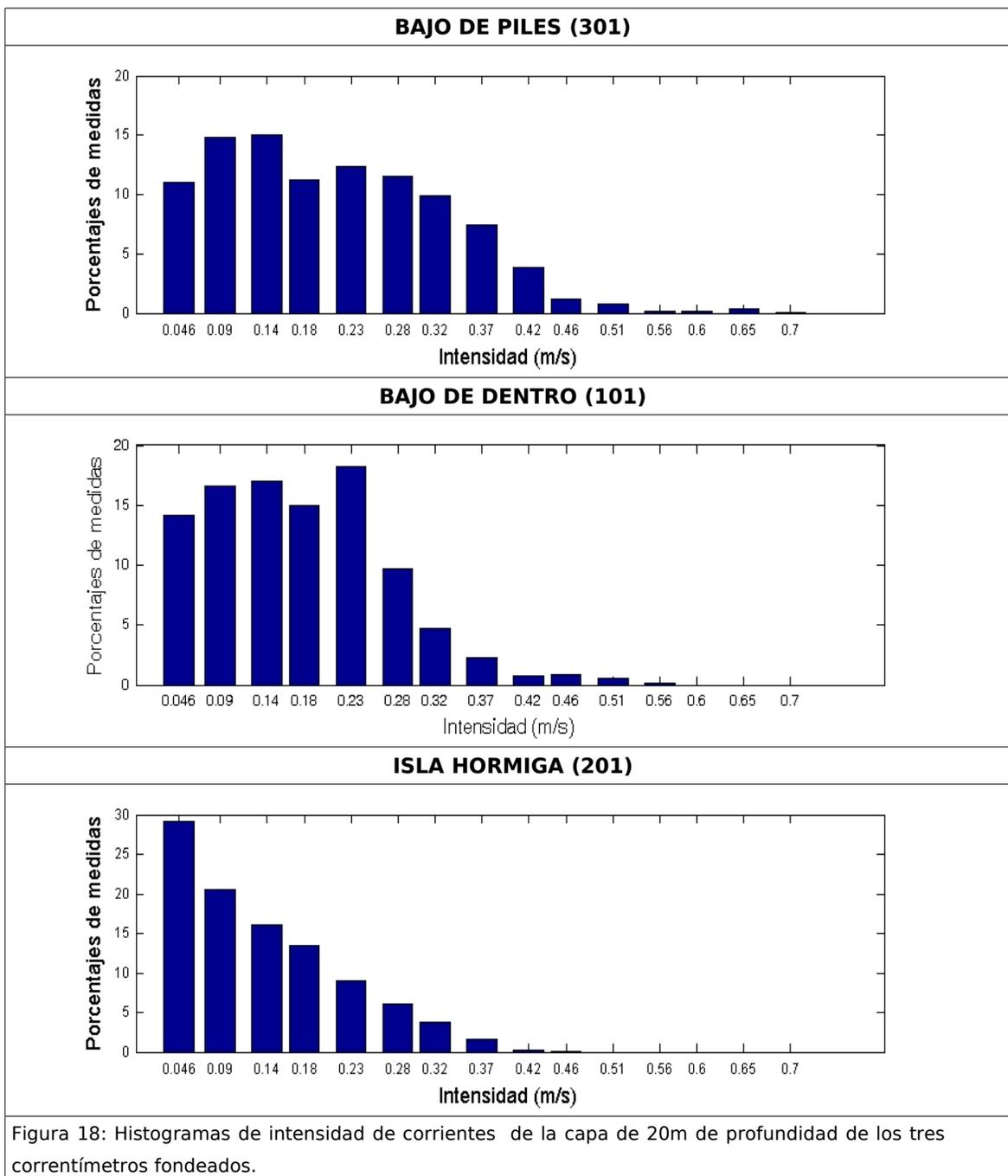


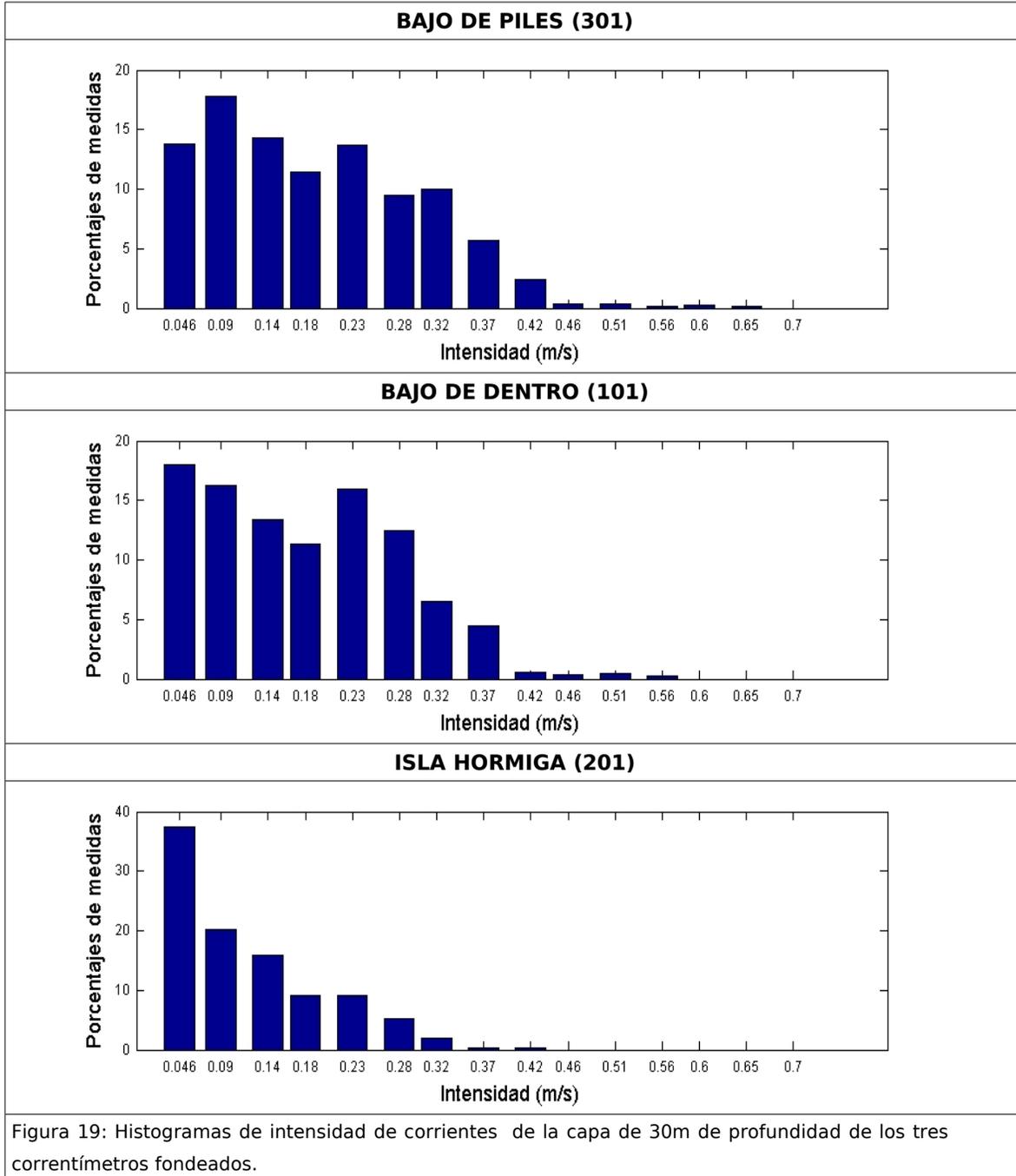


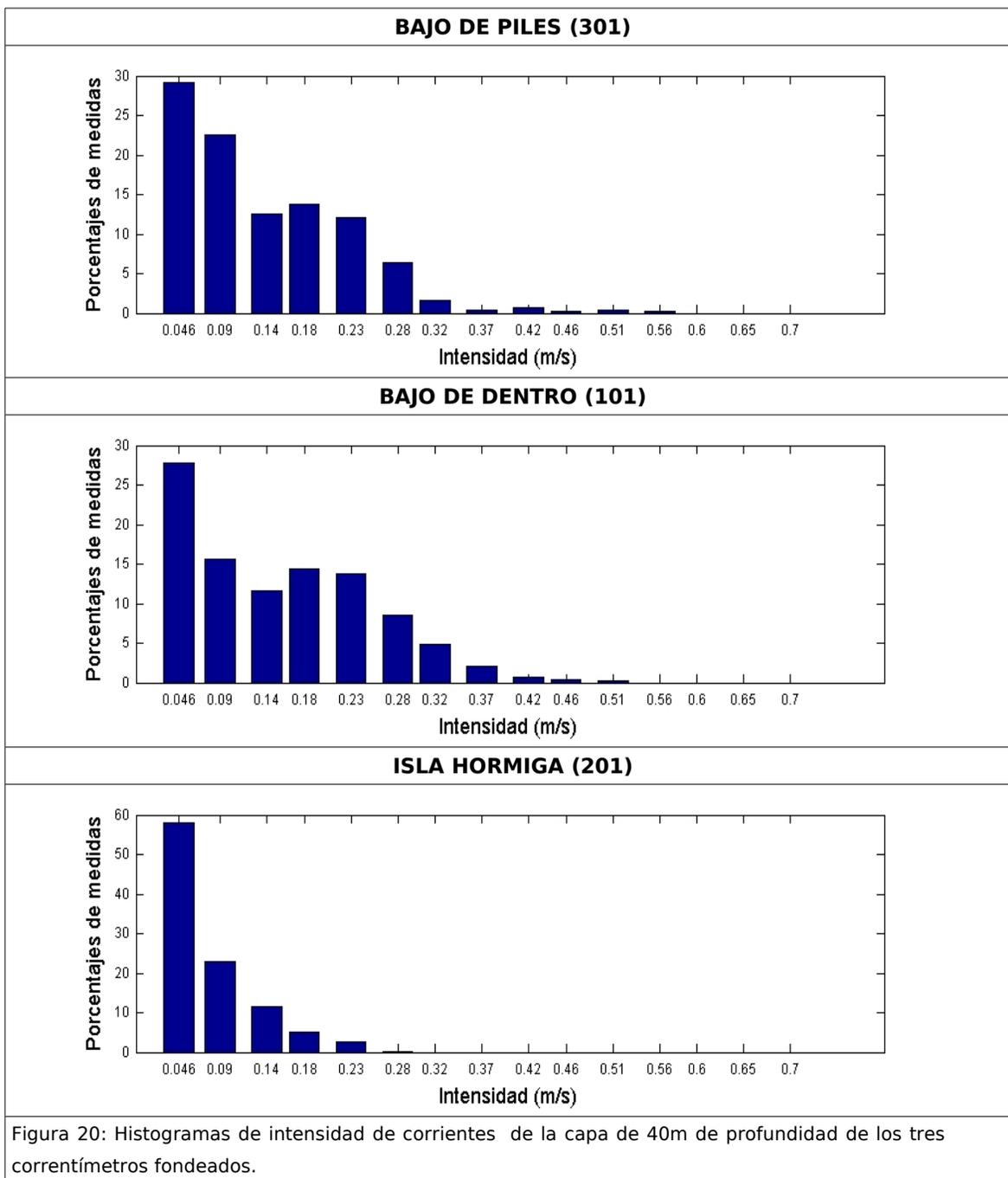
Los histogramas muestran que la posición del instrumento próximo a Isla Hormiga está influenciado por el rozamiento de la columna de agua, con las paredes de los extraplomos de la cara oeste de la isla, dando como resultado un frenado de la corriente que repercute en valores de menor magnitud que las otras posiciones más libres de obstáculos. Igualmente, las velocidades decrecen progresivamente con el incremento la profundidad. También se pone de manifiesto la gran similitud que existe en los datos registrados por los correntímetros ubicados en los bajos, cuyas orientaciones son mucho más semejantes en cuanto a la presencia de obstáculos que la ubicación de la isla.

Con respecto a las series temporales, se presentan la totalidad de los registros, pero hay que hacer notar que los períodos de medida fueron distintos, debido a la diferente duración de las baterías de cada perfilador, como ya se comentó, se pueden identificar los diferentes episodios de alta intensidad de corriente en las gráficas teniendo en cuenta este desplazamiento. Esta correspondencia puede apreciarse con más detalle en las series temporales del periodo sincronizado de registros utilizados para el análisis comparativo figuras 25 a 28.









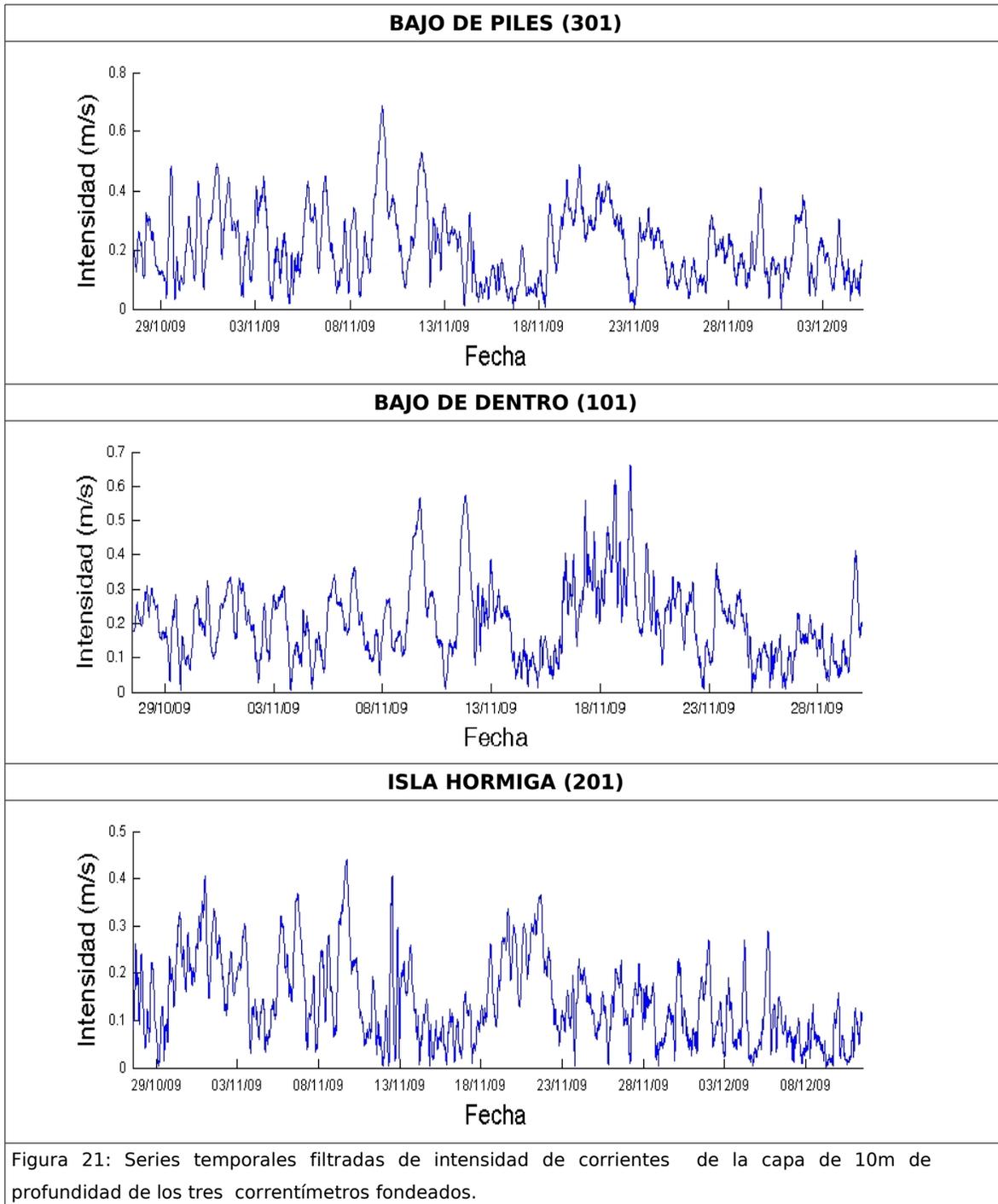
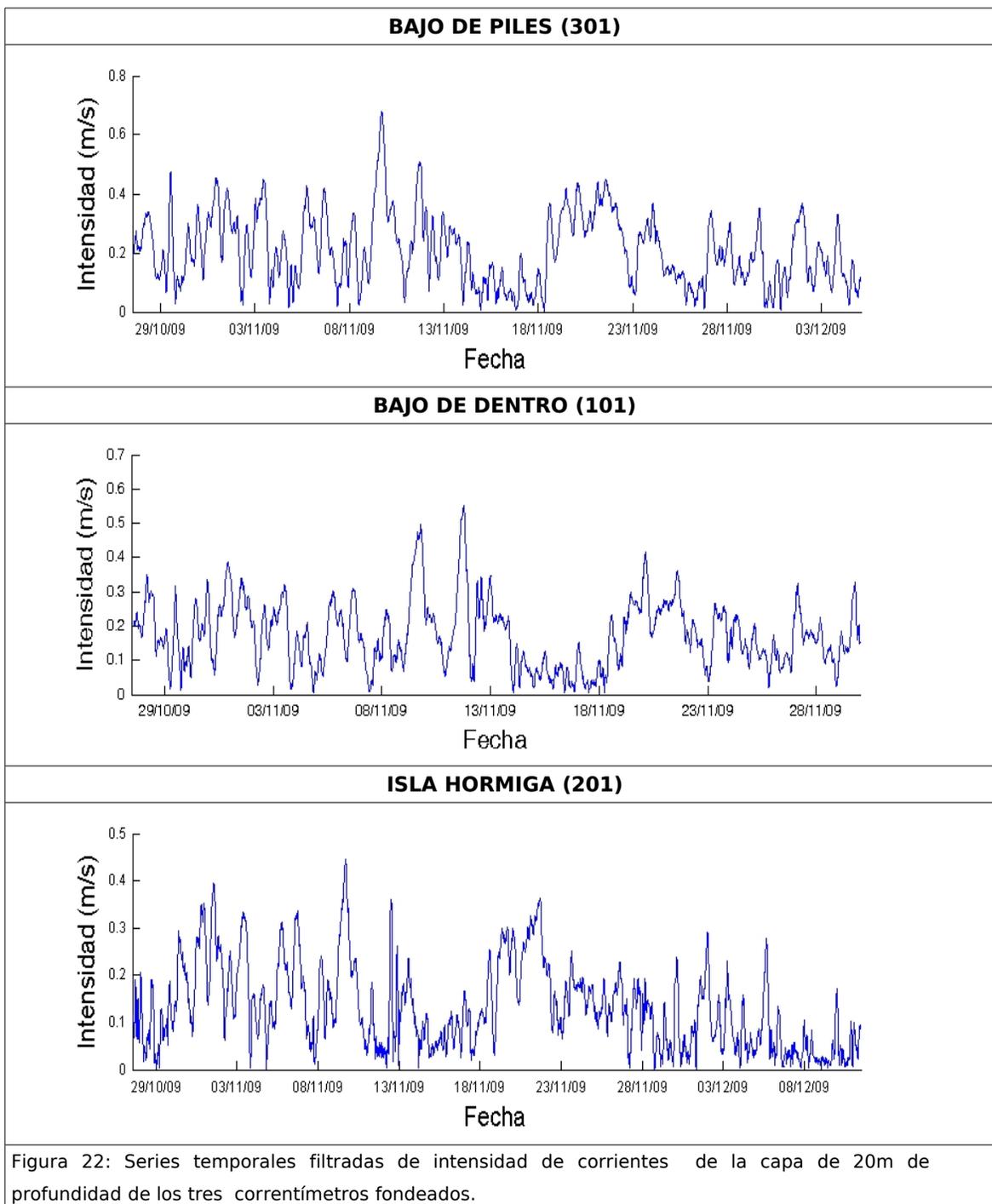
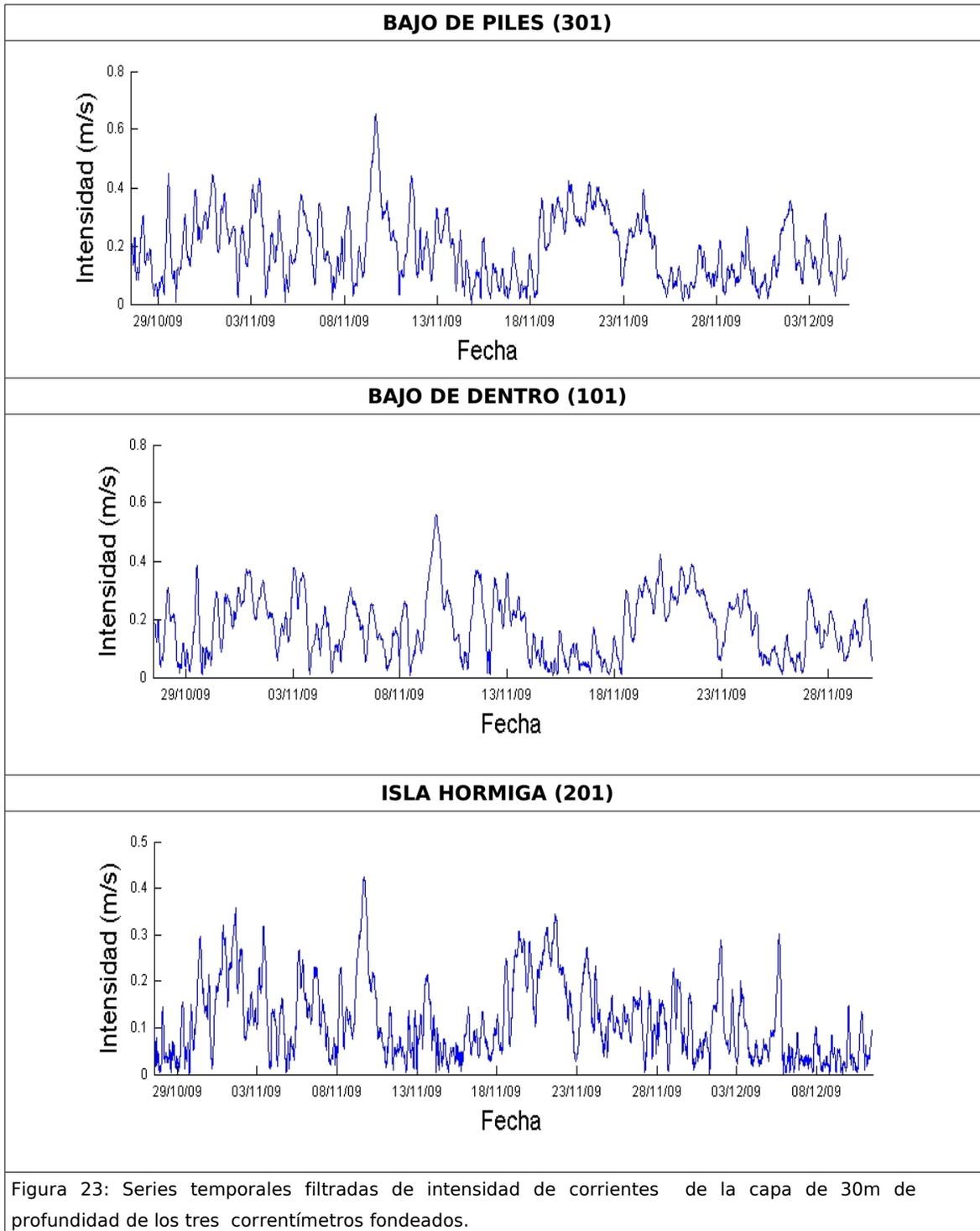
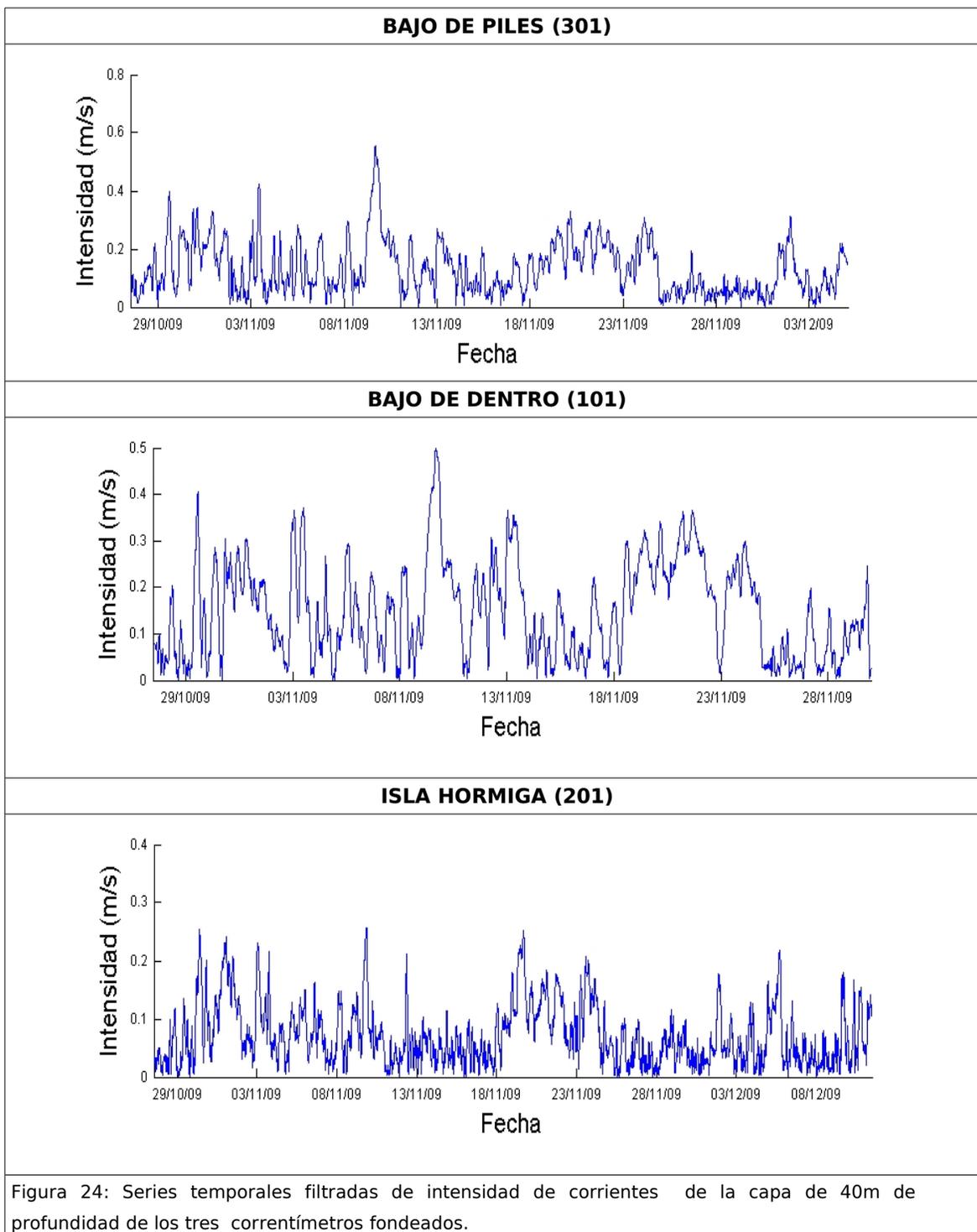


Figura 21: Series temporales filtradas de intensidad de corrientes de la capa de 10m de profundidad de los tres correntímetros fondeados.







### 3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMPARATIVO DE LAS CORRIENTES DE LOS TRES INSTRUMENTOS

#### 3.4.1. CORRELACIONES DE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE

Después de un primer análisis de correlación entre los datos de direcciones e intensidades de los tres instrumentos, se pone de manifiesto que la profundidad a la que se produce una mayor correspondencia entre los datos es a 30m, debido a que representa la profundidad donde la columna de agua encuentra mayor libertad de movimiento, libre de la influencia directa del viento y del rozamiento con el lecho marino.

Fecha	Dirección 101	Dirección 201	Dirección 301	Intensidad 101	Intensidad 201	Intensidad 301
27/10/2009	172,113	196,068	274,702	0,128	0,079	0,155
28/10/2009	217,751	146,360	221,504	0,162	0,077	0,154
29/10/2009	182,841	174,785	186,001	0,143	0,087	0,162
30/10/2009	168,018	153,151	153,576	0,185	0,180	0,207
31/10/2009	164,507	152,453	138,070	0,274	0,181	0,312
01/11/2009	166,914	157,539	142,873	0,264	0,254	0,282
02/11/2009	170,262	153,703	137,717	0,171	0,142	0,201
03/11/2009	166,564	160,120	145,238	0,248	0,173	0,279
04/11/2009	172,554	185,649	169,221	0,144	0,098	0,187
05/11/2009	171,803	169,203	142,441	0,198	0,151	0,243
06/11/2009	184,532	174,718	155,875	0,177	0,167	0,217
07/11/2009	246,034	192,916	220,644	0,116	0,086	0,140
08/11/2009	162,897	154,542	141,548	0,147	0,133	0,178
09/11/2009	168,374	158,725	146,165	0,368	0,288	0,411
10/11/2009	195,902	201,040	166,208	0,180	0,137	0,247
11/11/2009	243,422	190,928	322,532	0,238	0,080	0,226
12/11/2009	131,440	175,942	85,127	0,229	0,085	0,195
13/11/2009	182,500	214,544	154,432	0,219	0,140	0,245
14/11/2009	226,385	209,648	229,012	0,090	0,070	0,115
15/11/2009	197,553	220,459	178,485	0,084	0,058	0,117
16/11/2009	220,103	232,734	183,566	0,075	0,087	0,086
17/11/2009	202,139	237,436	168,515	0,082	0,084	0,103
18/11/2009	194,712	196,220	159,003	0,157	0,135	0,183
19/11/2009	165,630	147,797	135,753	0,292	0,256	0,306
20/11/2009	164,974	161,518	135,305	0,285	0,218	0,324
21/11/2009	173,884	162,813	142,191	0,336	0,282	0,364
22/11/2009	176,160	172,462	148,611	0,209	0,150	0,249
23/11/2009	186,435	165,670	156,551	0,216	0,183	0,236
24/11/2009	194,046	209,807	155,758	0,193	0,117	0,235
25/11/2009	272,907	295,053	258,910	0,077	0,120	0,087
26/11/2009	275,865	312,033	230,241	0,084	0,137	0,076
27/11/2009	253,830	208,285	281,623	0,193	0,105	0,130
28/11/2009	302,437	273,305	253,488	0,135	0,120	0,124
29/11/2009	302,628	274,000	263,786	0,178	0,143	0,140
30/11/2009	117,932	343,860	122,627	0,054	0,175	0,111

Tabla 8: Resumen promediado diario de los datos de dirección e intensidad, a la profundidad de 30m, la de mayor correlación entre los instrumentos. (101: Bajo de Dentro; 201: Isla Hormiga; 301: Bajo de Piles).

De esta primera aproximación a los datos de corrientes se desprende que existe una correlación muy alta entre las direcciones de corriente registradas por los tres instrumentos, como puede observarse para la capa de 30m en la Tabla 9 con valores de 0,97 (entre la Isla Hormiga y el bajo de Dentro) y 0,93 (entre la Isla Hormiga y el

bajo de Piles). No obstante, el principal interés de este estudio es la identificación de corrientes de intensidad tal que puedan comprometer la seguridad de los buceadores deportivos en los diferentes bajos; y los resultados para las correlaciones de la intensidad de corriente son de 0,6 entre la isla y los bajos. El análisis, posterior pone de manifiesto que esto es debido en parte a que las corrientes registradas por el instrumento de la isla (201), se ubicó mucho más próximo a los extraplomos de la cara NE de la isla, viéndose influenciado por el rozamiento con la orografía de la isla; como resultado los datos son algo más bajos.

<b>10m</b>				<b>20m</b>			
<b>Correlaciones de intensidad de corriente</b>				<b>Correlaciones de intensidad de corriente</b>			
	<b>101</b>	<b>201</b>	<b>301</b>		<b>101</b>	<b>201</b>	<b>301</b>
<b>101</b>	1			<b>101</b>	1		
<b>201</b>	0,3078859	1		<b>201</b>	0,5231338	1	
<b>301</b>	0,4746001	0,5353328	1	<b>301</b>	0,7944868	0,5989509	1
<b>Correlaciones direcciones de corriente</b>				<b>Correlaciones direcciones de corriente</b>			
	<b>101</b>	<b>201</b>	<b>301</b>		<b>101</b>	<b>201</b>	<b>301</b>
<b>101</b>	1			<b>101</b>	1		
<b>201</b>	0,8505410	1		<b>201</b>	0,8957187	1	
<b>301</b>	0,7212206	0,9471954	1	<b>301</b>	0,6574285	0,8972825	1
<b>30m</b>				<b>40m</b>			
<b>Correlaciones de intensidad de corriente</b>				<b>Correlaciones de intensidad de corriente</b>			
	<b>101</b>	<b>201</b>	<b>301</b>		<b>101</b>	<b>201</b>	<b>301</b>
<b>101</b>	1			<b>101</b>	1		
<b>201</b>	0,6174664	1		<b>201</b>	0,3930737	1	
<b>301</b>	0,8261710	0,6238587	1	<b>301</b>	0,7078807	0,3526505	1
<b>Correlaciones direcciones de corriente</b>				<b>Correlaciones direcciones de corriente</b>			
	<b>101</b>	<b>201</b>	<b>301</b>		<b>101</b>	<b>201</b>	<b>301</b>
<b>101</b>	1			<b>101</b>	1		
<b>201</b>	0,9720843	1		<b>201</b>	0,7392557	1	
<b>301</b>	0,8656632	0,932678	1	<b>301</b>	0,7028143	0,9892021	1

Tabla 9: Correlaciones entre los datos de de intensidad y direcciones de corrientes para cada una de las capas elegidas para el estudio (10, 20, 30 y 40m). (101: Bajo de Dentro; 201: Isla Hormiga; 301: Bajo de Piles).

Con la intención de caracterizar con mayor precisión la correspondencia entre los registros del instrumento de la isla (201) con los bajos (101 y 301), para aquellas corrientes que son de mayor intensidad y por tanto peligrosidad; se realizó un estudio de correlación entre las intensidades de corrientes medias y máximas (Tabla 10) registradas por los tres instrumentos. Los resultados muestran que las mayores correlaciones para las intensidades máximas se obtienen en la capa de 20m 0,72 y 0,58 entre la isla y los dos bajos respectivamente. En cambio para las intensidades medias se obtiene mayor correspondencia a 30m 0,88 y 0,84 entre la isla y los dos bajos respectivamente.

10m				20m			
<b>Correlaciones de intensidad media</b>				<b>Correlaciones de intensidad media</b>			
	101	201	301	Correlaciones	101	201	301
101	1			101	1		
201	0,2029180	1		201	0,6986173	1	
301	0,2116950	0,8327813	1	301	0,6037236	0,6685104	1
<b>Correlaciones de intensidad máxima</b>				<b>Correlaciones de intensidad máxima</b>			
	101	201	301		101	201	301
101	1			101	1		
201	0,0569424	1		201	0,7196788	1	
301	-0,125621	0,5734081	1	301	0,2126149	0,5843897	1
30m				40m			
<b>Correlaciones de intensidad media</b>				<b>Correlaciones de intensidad media</b>			
	101	201	301	Correlaciones	101	201	301
101	1			101	1		
201	0,8765143	1		201	0,8397679	1	
301	0,7681001	0,8384067	1	301	0,9142442	0,8738055	1
<b>Correlaciones de intensidad máxima</b>				<b>Correlaciones de intensidad máxima</b>			
	101	201	301	Correlaciones	101	201	301
101	1			101	1		
201	0,4635925	1		201	0,5328108	1	
301	0,7963700	0,5957817	1	301	0,8074658	0,3917301	1

Tabla 10: Correlaciones entre los datos de de intensidad media e intensidad máxima de corriente para cada una de las capas elegidas para el estudio (10, 20, 30 y 40m). (101: Bajo de Dentro; 201: Isla Hormiga; 301: Bajo de Piles).

De la representación promediada diariamente de las series temporales tanto de dirección como de intensidad de corriente, se desprende que existen ciertas direcciones de corriente, en los que la correspondencia entre los instrumentos no tiene correspondencia, como puede observarse en la Figura 27, concretamente entre los días 11 y 15 de noviembre. Estas diferencias son debidas a la influencia de la presencia de la Isla, con respecto a los instrumentos de los Bajos. Esta influencia se puede ver con mayor claridad en la representación de las rosas de corrientes sobre el mapa de localización de los instrumentos (Figura 31), donde se observa que el instrumento próximo al Bajo de Piles (301), presenta una rosa más directiva, con prácticamente ningún registro de corriente en el eje Este - Oeste; sin embargo se puede observar la influencia de la proximidad de hitos orográficos en los instrumentos ubicados en el Bajo de Dentro y en la Isla.

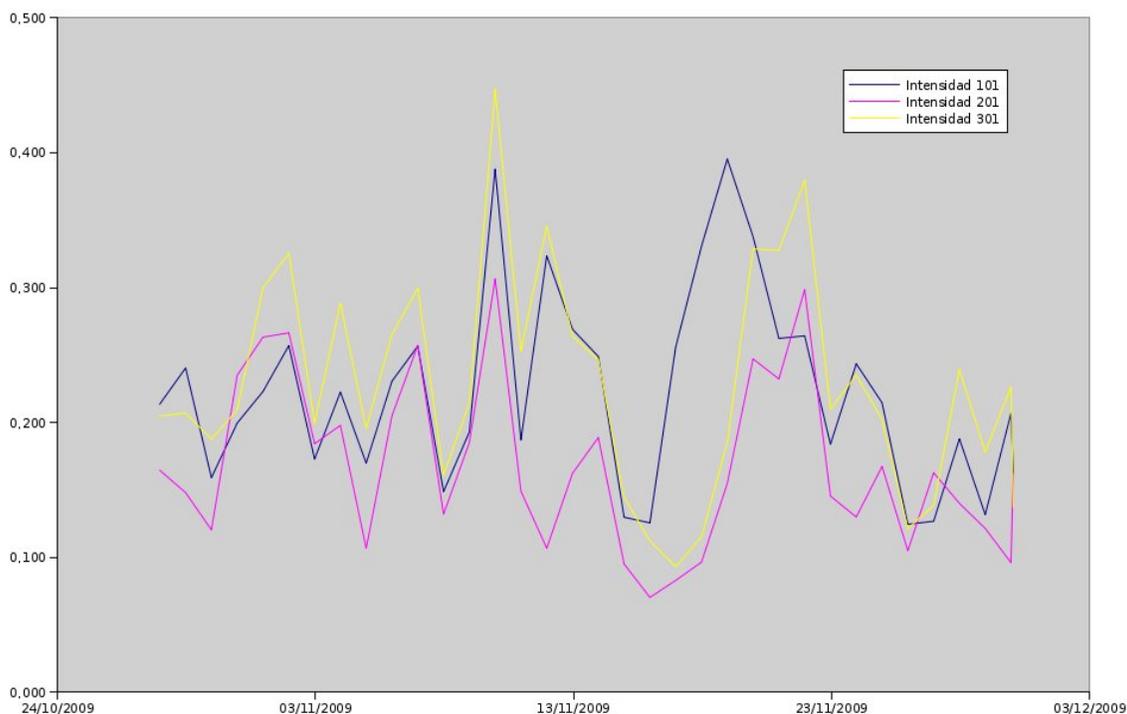


Figura 25: Series temporales promediadas a datos diarios de intensidad de corriente de los tres instrumentos, para la capa de 10m. (101: Bajo de Dentro; 201: Isla Hormiga; 301: Bajo de Piles).

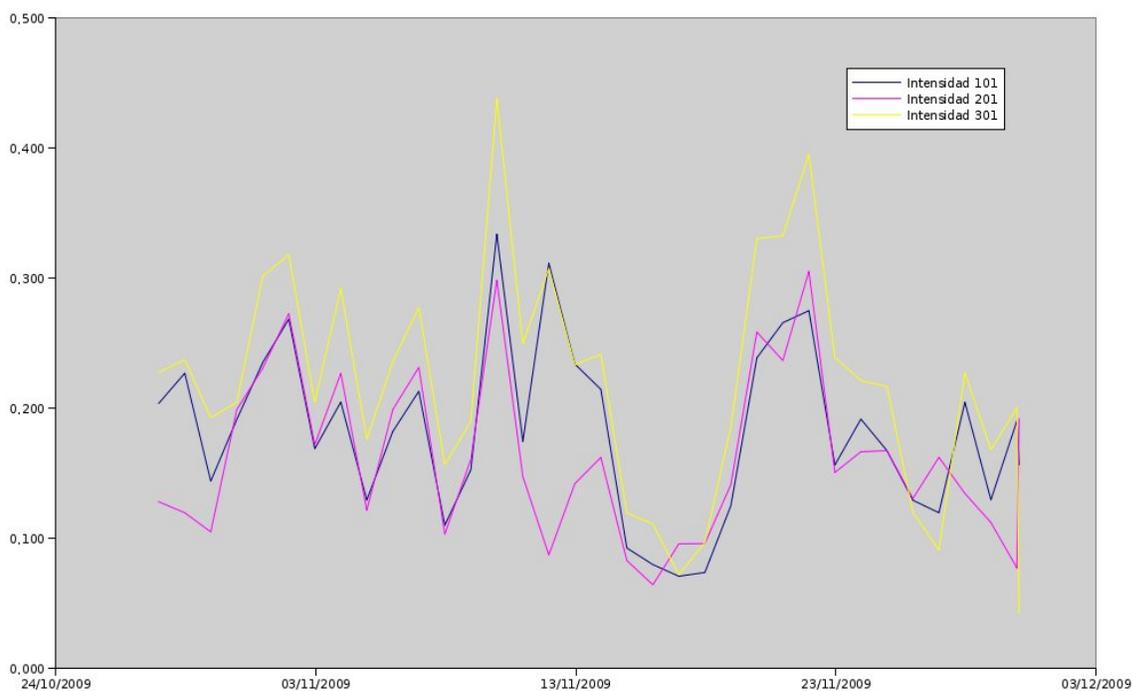


Figura 26: Series temporales promediadas a datos diarios de intensidad de corriente de los tres instrumentos, para la capa de 20m. (101: Bajo de Dentro; 201: Isla Hormiga; 301: Bajo de Piles).

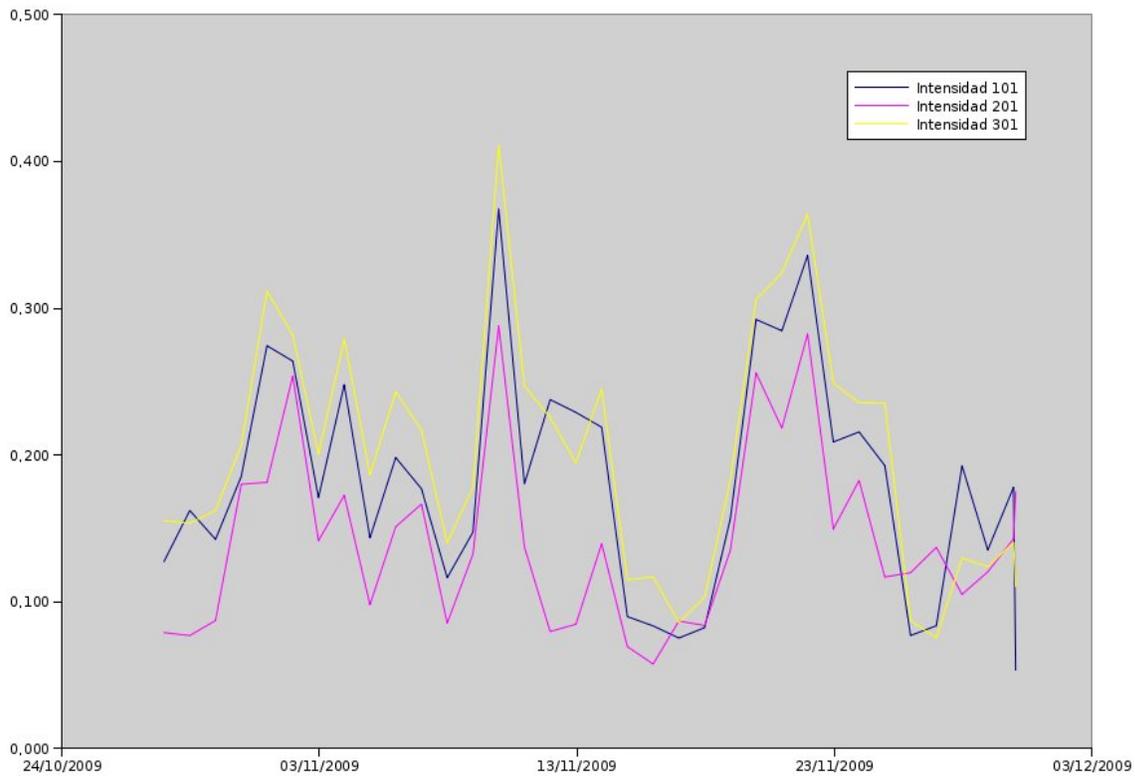


Figura 27: Series temporales promediadas a datos diarios de intensidad de corriente de los tres instrumentos, para la capa de 30m. (101: Bajo de Dentro; 201: Isla Hormiga; 301: Bajo de Piles).

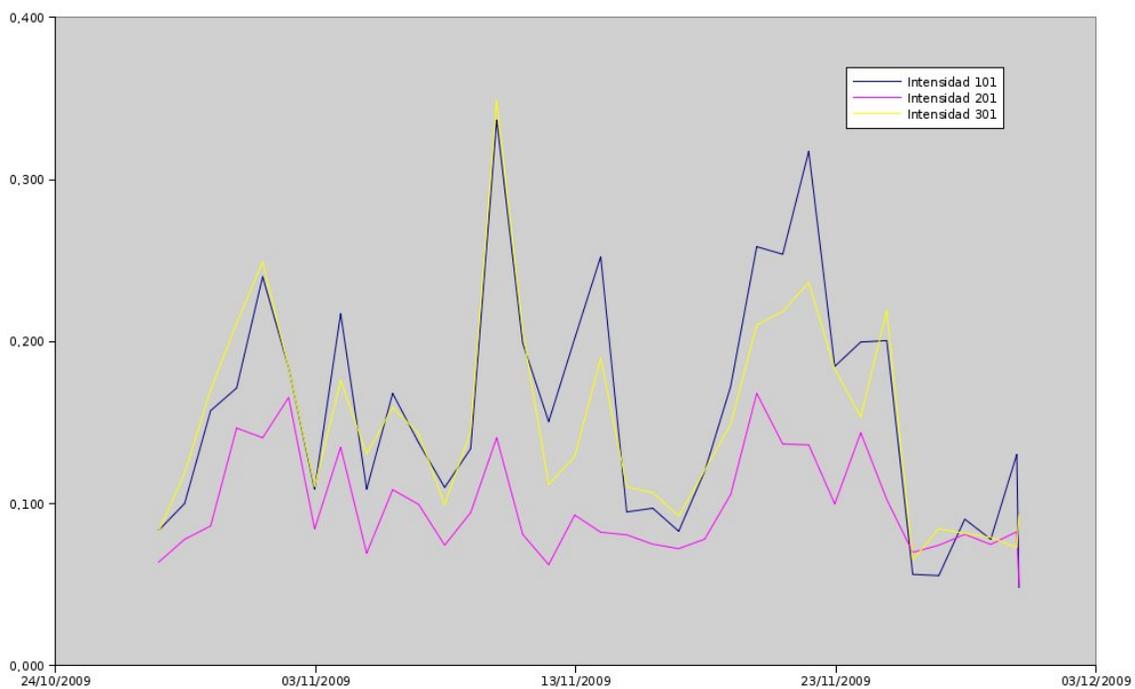


Figura 28: Series temporales promediadas a datos diarios de intensidad de corriente de los tres instrumentos, para la capa de 40m. (101: Bajo de Dentro; 201: Isla Hormiga; 301: Bajo de Piles).

Est. Corrientes Cabo Palos / DT2009/065

Haciendo un análisis de correlación del viento registrado por la boya de Cabo de Palos de Puertos del Estado, no se encuentra una correlación directa, es preciso un análisis

más detallado y con mayor periodo de registro de vientos, de manera que permita un cierto desplazamiento en las series temporales. Debido a que un episodio de viento en una cierta dirección tarda un tiempo en transmitirse a la lámina de agua según la intensidad y el fetch de la zona. Gráficamente pueden identificarse algunos episodios de viento que se corresponden con un incremento de corriente en la columna de agua, pero no es posible determinar en qué medida el viento supone el forzante de las corrientes en la zona.

Correlaciones de direcciones de corrientes y vientos				
	101	201	301	viento
101	1,000			
201	0,173	1,000		
301	0,440	-0,082	1,000	
viento	<b>0,086</b>	<b>0,158</b>	<b>0,034</b>	1,000

Correlaciones de intensidad de corrientes y vientos				
	101	201	301	viento
101	1,000			
201	-0,098	1,000		
301	0,637	-0,198	1,000	
viento	<b>0,257</b>	<b>0,191</b>	<b>0,255</b>	1,000

Figura 29: Correlaciones entre los datos de intensidad de corriente y el viento para cada una de las capas elegidas para el estudio (30m). (101: Bajo de Dentro; 201: Isla Hormiga; 301: Bajo de Piles).

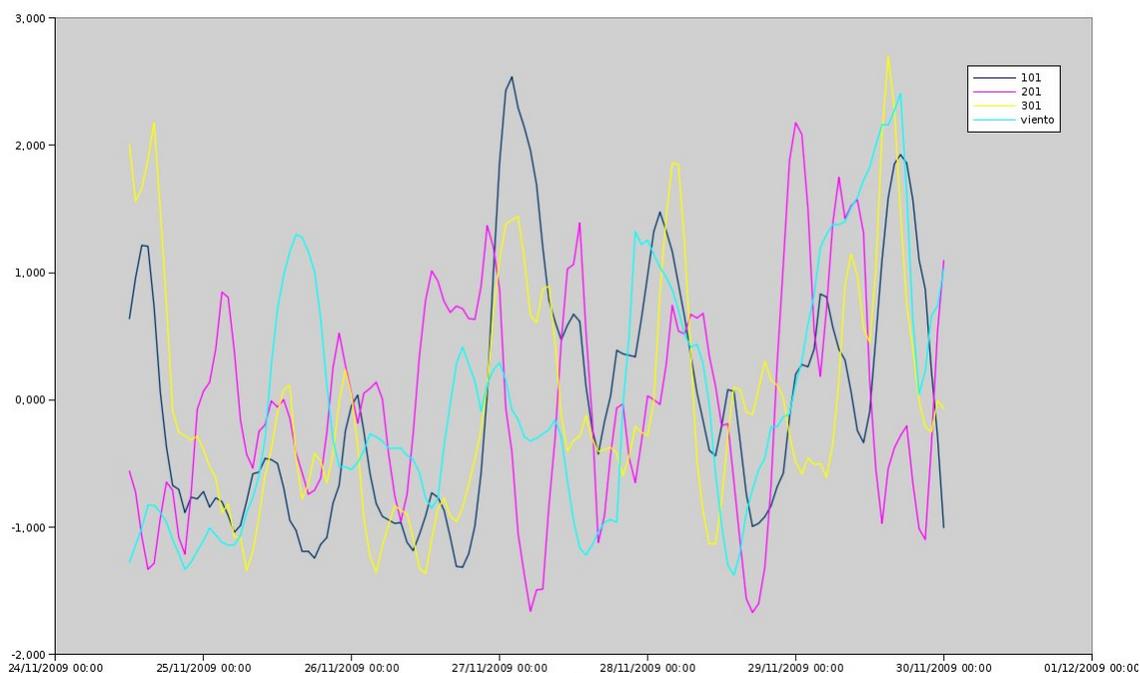


Figura 30: Series temporales promediadas y estandarizados a datos diarios de intensidad de corriente de los tres instrumentos, para la capa de 30m y el viento. (101: Bajo de Dentro; 201: Isla Hormiga; 301: Bajo de Piles).

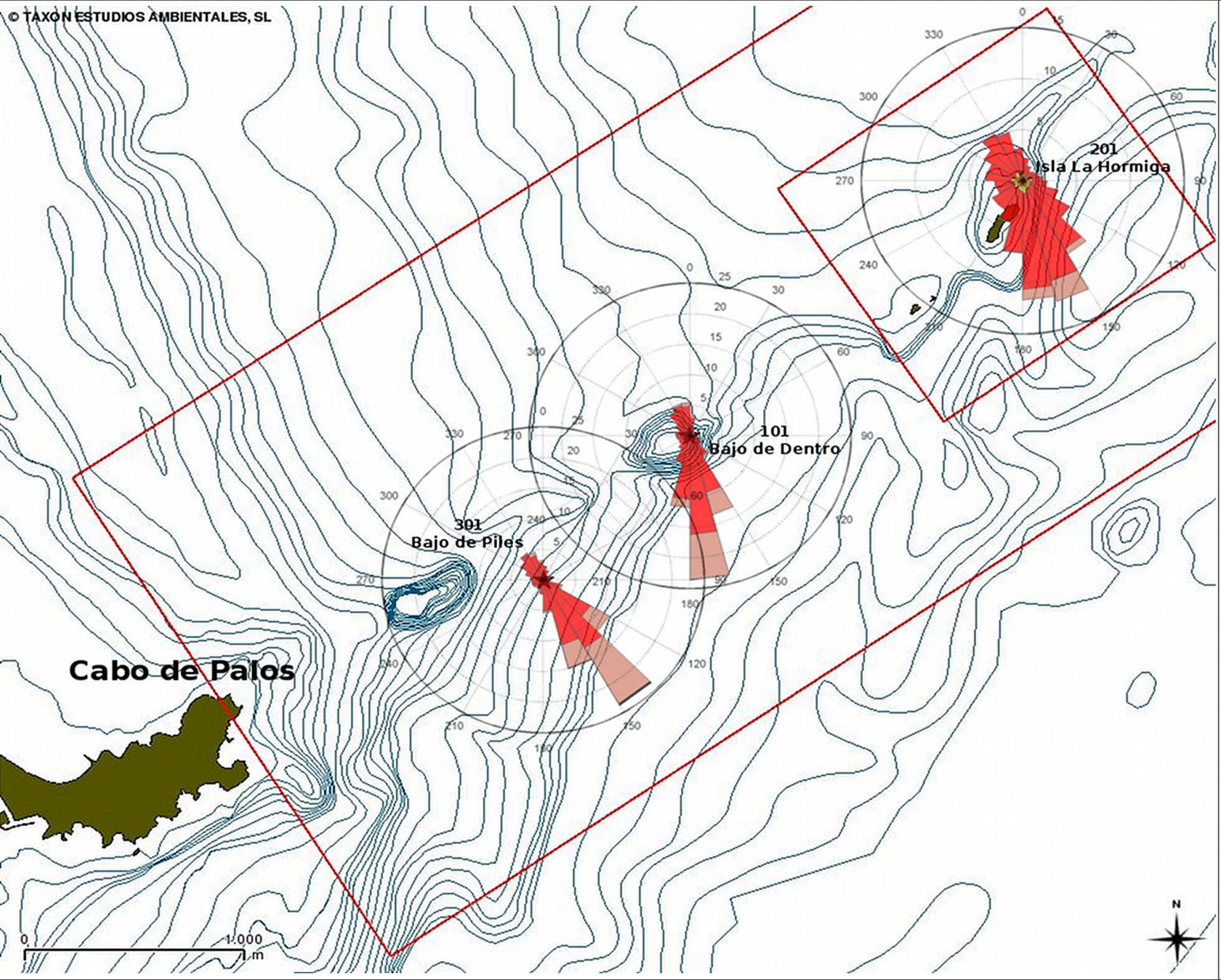


Figura 31: Mapa de representación de las rosas de corrientes sobre las posiciones de los correntímetros en la capa de profundidad de mayor correlación (30m). (101: Bajo de Dentro; 201: Isla Hormiga; 301: Bajo de Piles).

Green	>1.2m/s
Blue	0.9<...<1.2
Black	0.6<...<0.9
Brown	0.3<...<0.6
Red	0.05<...<0.3
Yellow	0.0<...<0.05

### 3.4.2. CORRELACIONES DE LAS COMPONENTES

Para identificar con mayor precisión la naturaleza de las no correspondencias de los episodios registrados por el correntímetro de la Isla y asegurar que no son debidos a cambios en el patrón general de corrientes que impidan utilizar esta ubicación como predicción del estado de las corrientes en las zonas de buceo, se ha procedido a descomponer la velocidad de la corriente en sus correspondientes componentes en los ejes U y V que corresponden a los ejes E-O y N-S respectivamente.

El análisis de correlación de los vectores (Tabla 11) muestran precisamente un alto grado de correlación entre las velocidades registradas en el eje N-S (vector V) 0,77 0,73 entre la Isla y los dos bajos respectivamente. No obstante, la correlación en las velocidades registradas en el eje E-O son bajas debido la influencia de los obstáculos que la morfología del fondo marino impone sobre la ubicación elegida para los instrumentos.

<i>Correlaciones de los vectores U</i>			
	<i>U101</i>	<i>U201</i>	<i>U301</i>
<i>U101</i>	1		
<i>U201</i>	0,4149054	1	
<i>U301</i>	0,5951680	0,4718383	1

<i>Correlaciones de los vectores V</i>			
	<i>V101</i>	<i>V201</i>	<i>V301</i>
<i>V101</i>	1		
<i>V201</i>	0,7771805	1	
<i>V301</i>	0,8948282	0,7349934	1

Tabla 11: Correlaciones entre los datos de intensidad de corriente de los vectores U y V, en la capa de 30m. (101: Bajo de Dentro; 201: Isla Hormiga; 301: Bajo de Piles).

Como ya se ha comentado el fondeo de la Isla Hormiga (201) y el del Bajo de Dentro (101) en menor medida, se encuentran a cubierto de las corrientes de dirección este, mientras que el instrumento situado en las inmediaciones del bajo de Piles (301), prácticamente se encuentra libre de obstáculos. Esto implica que las correlaciones entre los instrumentos situados en los bajos son mayores (0,6) que las correlaciones detectadas entre éstos con los de la Isla en el eje Este Oeste

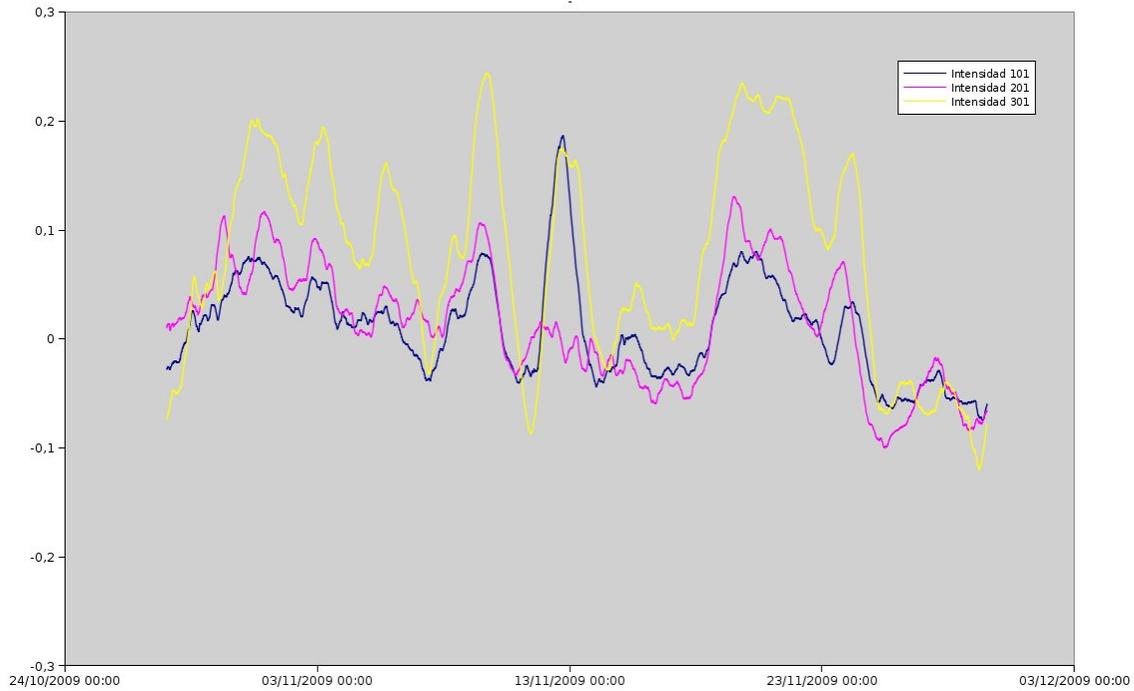


Figura 32: Series temporales promediadas a datos diarios de intensidad de corriente del vector U de los tres instrumentos, para la capa de 30m. (101: Bajo de Dentro; 201: Isla Hormiga; 301: Bajo de Piles).

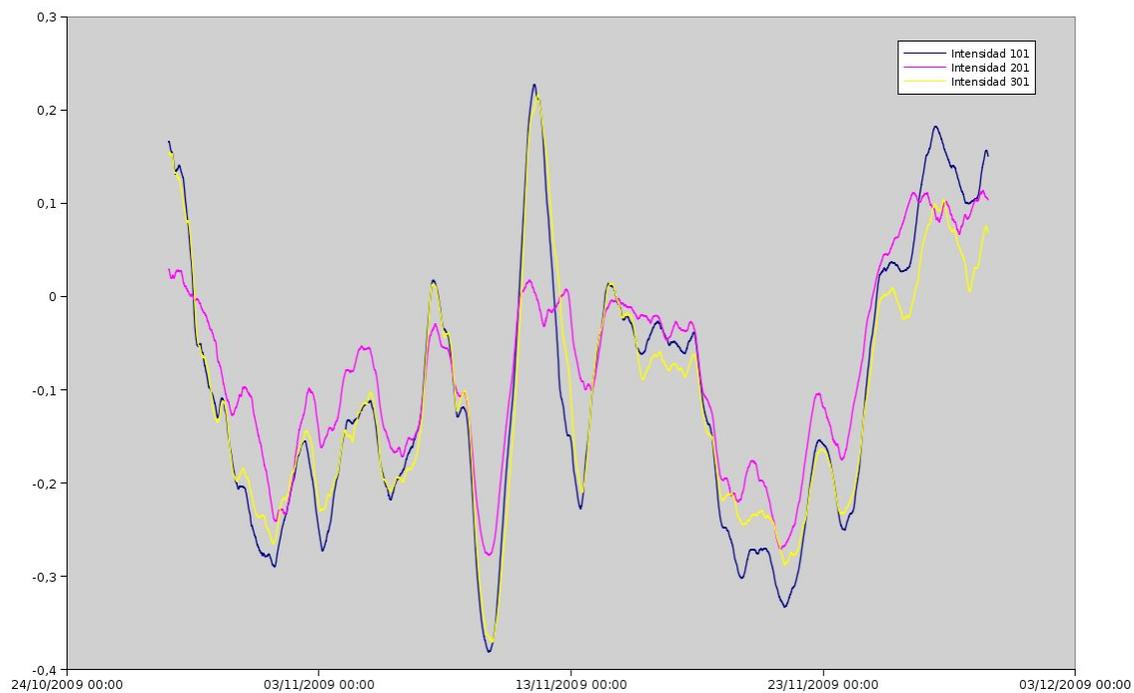


Figura 33: Series temporales promediadas a datos diarios de intensidad de corriente del vector V de los tres instrumentos, para la capa de 30m. (101: Bajo de Dentro; 201: Isla Hormiga; 301: Bajo de Piles).

Est. Corrientes Cabo Palos / DT2009/065

## 4. Conclusiones generales

En general se ha observado una alta correlación entre los datos de corrientes registrados por el correntímetro de la Isla Hormiga, con respecto a los instrumentos ubicados en las zonas de buceo en los bajos de Dentro y de Piles respectivamente. Esto indica que es posible correlacionar los datos registrados en la Isla con las situaciones que se dan simultáneamente en los bajos y probablemente en todo el ámbito de la Reserva. No obstante, la identificación de ciertas direcciones de no coincidencia debido a la presencia de obstáculos submarinos que apantallan las medidas de los instrumentos, hacen necesario el estudio de una mejor ubicación en el entorno de la Isla que minimice estos efectos y que garanticen un pronóstico del estado de las corrientes más preciso que repercutirá en la seguridad de los usuarios de un futuro sistema de alerta de situaciones de potencial peligrosidad para la actividades de buceo deportivo.

Por otra parte según estudios anteriores las direcciones en las que la correlación es menor se corresponden con aquellas con intensidad también menor, por lo tanto, con menor riesgo para las actividades subacuáticas. Esto indica, a falta de estudios más locales que permitan afirmar con mayor certeza que las direcciones este-oeste son muy poco frecuentes y de baja intensidad y consecuentemente no suponen un obstáculo para la predicción de situaciones de riesgo potencial para las actividades subacuáticas.

Finalmente resaltar que según los resultados obtenidos y considerando las puntualizaciones anteriores, parece viable el establecimiento de un sistema de predicción de situaciones de riesgo potencial que sirva de apoyo informativo para los usuarios de actividades subacuáticas dentro de la reserva.

En Murcia a 30 de diciembre de 2009

José Miguel Gutiérrez Ortega

(Colegiado nº 06657-J)