

# Grao en Bioloxía

## Memoria do Traballo de Fin de Grao

**Identidade taxonómica dos poliquetos explotados do xénero *Diopatra* na Praia da Ribeira (Miño, A Coruña)**

**Identidad taxonómica de los poliquetos explotados del género *Diopatra* en la Praia da Ribeira (Miño, A Coruña)**

**Taxonomic identity of the exploited bristle worms of the genus *Diopatra* in Praia da Ribeira (Miño, A Coruña)**



**Selena del Mar Fraguío Núñez**

Xullo, 2021

*Director(es) Académico(s): Lucía Couceiro López  
Ramón José Muiño Boedo*



## ÍNDICE

<b>Resumen</b>	4
<b>Abstract</b>	4
<b>Palabras clave</b>	4
1. Introducción	5
2. Objetivos	8
3. Material y métodos	8
4. Resultados	12
5. Discusión	18
6. Conclusiones	25
7. Conclusions	26
8. Bibliografía	26
<b>Anexo 1</b>	30

## Resumen

Los poliquetos pertenecientes al género *Diopatra* constituyen un amplio grupo de 55 especies, muchas de las cuales llevan a cabo un importante papel ecológico en las costas en las que habitan. Su importancia trasciende también al ámbito económico, siendo la especie *Diopatra neapolitana* delle Chiaje ampliamente explotada en las costas de Galicia como cebo de pesca. En el año 2012, la presencia de una nueva especie de este género fue registrada en las costas europeas, *Diopatra biscayensis*, que había sido confundida durante años con *D. neapolitana* debido al gran parecido morfológico que comparten. Diversos estudios se han centrado desde entonces en descubrir si *D. biscayensis* es una especie nativa o introducida, así como en establecer una serie de caracteres morfológicos apropiados para diferenciarla de *D. neapolitana*, algo complicado ya que se tratan de especies crípticas.

El objetivo de este trabajo es determinar la identidad taxonómica de los poliquetos del género *Diopatra* presentes en la Playa da Ribeira (Miño, A Coruña), mediante el empleo de caracteres de diagnóstico basados en la morfología de los individuos y en la apariencia de los tubos en los que residen. A pesar de que en este tipo de casos suelen recurrirse a análisis moleculares, estudios previos han probado que la identificación de estas dos especies es posible mediante el empleo de los caracteres diagnóstico adecuados, por lo que los resultados obtenidos a partir de estos deberían ser definitivos.

## Abstract

The polychaetes belonging to the genus *Diopatra* constitute a large group of 55 species, many of which play an important ecological role on the coasts they inhabit. Their importance also extends to the economic sphere, with the species *Diopatra neapolitana* delle Chiaje being widely exploited along the coasts of Galicia as fishing bait. In 2012, the presence of a new species of this genus was recorded on the European coasts, *Diopatra biscayensis*, which had been confused for years with *D. neapolitana* due to the close morphological resemblance they share. Since then, several studies have focused on discovering whether *D. biscayensis* is a native or an introduced species, as well as on establishing a series of appropriate morphological characters to differentiate it from *D. neapolitana*, a difficult task since they are cryptic species.

The aim of this work is to determine the taxonomic identity of the polychaetes of the genus *Diopatra* present at Playa da Ribeira (Miño, A Coruña), using diagnostic characters based on the morphology of the individuals and the appearance of the tubes in which they reside. Although molecular analyses are usually used in this type of cases, previous studies have proven that the identification of these two species is possible by using the appropriate diagnostic characters, so the results obtained from these should be definitive.

## Palabras clave

*Diopatra neapolitana*, *Diopatra biscayensis*, Playa da Ribeira, poliquetos, taxonomía, especies crípticas, caracteres diagnóstico, caracteres morfológicos, tubos

## 1. Introducción

Ernst Mayr no solo revolucionó la biología con el desarrollo del concepto de “especie” más empleado y aceptado a día de hoy, sino que también fue el primero en hablar de la idea de “especie críptica” (Mayr, 1948). Estas pueden definirse como dos o más especies morfológicamente similares, muy difíciles o casi imposibles de distinguir basándonos en caracteres de este tipo, y que han sido clasificadas erróneamente como una sola (Bickford et al., 2007; Mayr & Ashlock, 1991). A pesar de esta definición ampliamente aceptada, no existe un criterio concreto para determinar si diferentes especies son crípticas, e incluso el uso de este término puede variar dependiendo de los grupos taxonómicos y autores (Knowlton, 1993). Por otra parte, puede darse el caso de que una especie críptica que en un primer momento se consideró que solo podía ser diferenciada mediante técnicas moleculares finalmente sí presente diferencias morfológicas que antes no se habían considerado; en este caso, la especie recibiría el nombre de pseudo-críptica (Sáez & Lozano, 2005). Pese a ser morfológicamente muy semejantes, las especies crípticas pueden presentar disimilitudes en su biología reproductiva, alimentación, hábitat, tolerancia a factores como la anoxia, la salinidad, los cambios de temperatura, etc. (Nygren, 2013).

El medio marino cuenta con la mayor diversidad de especies crípticas de la Tierra (Bickford et al, 2007), a lo que contribuye nuestra ignorancia sobre la biología básica de la mayoría de los organismos que habitan sus ecosistemas. Las causas de dicho desconocimiento son, por una parte, los métodos que se emplean para conservar los ejemplares y que destruyen caracteres importantes para su identificación, como pueden ser partes de tejido blando o la coloración; este problema se ve agravado, además, por el hecho de que las especies marinas son muy poco accesibles para la observación *in situ* (Knowlton, 1993). Por otra parte, los protocolos experimentales que se suelen emplear para analizar cómo de importante es la variabilidad morfológica y si ésta está asociada a la variabilidad genética o al ambiente, son difíciles de aplicar en organismos marinos, por lo que suele aceptarse la existencia de una amplia variedad intraespecífica como algo normal. Por último, a diferencia de lo que ocurre en el medio terrestre, la falta de fronteras bien definidas ha hecho que se acepte que muchos grupos de organismos marinos tienen una distribución geográfica muy extensa, como consecuencia de una dispersión oceánica potencialmente amplia (Knowlton, 1993).

Los poliquetos, animales fundamentalmente marinos pertenecientes al Phylum Annelida, con sus más de 12.000 especies aceptadas a día de hoy, según la plataforma web WoRMS, World Register of Marine Species (WoRMS Editorial Board, 2021). No iban a ser una excepción a la hora de albergar especies crípticas. Muy pocos de estos animales se sometieron a análisis moleculares antes de la década de 1990, y desde principios del siglo XXI, la gran mayoría de los trabajos sobre especies crípticas en poliquetos se han basado en el estudio de secuencias mitocondriales y nucleotídicas (e.j. Chen et al., 2002; Mahon et al., 2009; y Borda et al., 2013). Muchos autores sostienen que la mejor manera de identificar estas especies en poliquetos es haciendo uso de la mayor cantidad de datos posibles, no solo atendiendo a diferencias moleculares, de manera que deberían considerarse también la ecología, la fisiología, la biología reproductiva, etc. El número de especies crípticas dentro de este grupo de animales es muy elevado, y algunos de los muchos ejemplos que pueden encontrarse son: cinco especies crípticas dentro de la

especie morfológica *Eumida sanguinea* en aguas boreales (Nygren & Pleijel, 2011), tres especies del taxón tradicionalmente conocido como *Chaetozone setosa* en un área de 65 kilómetros (Christie, 1985), y el hallazgo de tres especies de *Gyptis* (Pleijel et al., 2009), en un área homogénea menor de 100m<sup>2</sup> (Pleijel et al., 2009).

Lo lógico sería pensar que los poliquetos más propensos a presentar especies crípticas son aquellos que habitan zonas extremas, con morfologías corporales más simples o, también aquellos que presentan distribuciones geográficas muy amplias, acompañadas de periodos de vida larvarios cortos e incluso desarrollo directo. Sin embargo, no han sido halladas evidencias de que esto ocurra (Ahrens et al., 2013; Westheide et al., 2003; Schulze, 2006; Meyer et al., 2008). Se ha sugerido también que caracteres como la coloración variable o la poecilogonía (esto es, la existencia de más de un modo de desarrollo) en una misma especie podrían ser motivo de sospecha de la existencia de un complejo de especies crípticas (Hoagland & Robertson, 1988; Nygren & Pleijel, 2011), pero tampoco se han encontrado pruebas de que esto sea algo que siempre se cumple (Nygren, 2013). En definitiva, con los datos disponibles a día de hoy no se pueden hacer generalizaciones sobre qué tipo de poliquetos o con qué características es más probables que presenten diversidad críptica (Nygren, 2013).

Un otro caso particular de especies crípticas en el grupo de los poliquetos puede encontrarse dentro del género *Diopatra*, de gran importancia tanto por su actuación como ingenieros del ecosistema (Jones, Lawton & Shachak, 1994) como por su valor económico como cebo de pesca (Gambi et al., 1994). En el oeste de Europa, durante alrededor de 150 años solo se tuvo constancia de una especie dentro de este género, *Diopatra neapolitana* delle Chiaje, distribuida ampliamente desde el océano Atlántico hasta el Índico. En el año 2008, Wetthey & Woodin notificaron que esta especie estaba ampliando su rango de distribución, apareciendo más al norte de lo que nunca antes se había registrado, en la Bretaña francesa. Sin embargo, Berke et al. (2010) demostraron mediante análisis moleculares de la subunidad I de la enzima citocromo c oxidasa (COI) que lo que estaba ocurriendo no era un caso de expansión de una especie, sino que se había encontrado una nueva especie de *Diopatra*, que en su momento recibió el nombre provisional de *Diopatra* sp. A. Poco después, Fauchald, Berke & Woodin (2012) reportaron que realmente esta nueva especie, bautizada ahora como *Diopatra biscayensis*, podía diferenciarse morfológicamente por presentar dos lóbulos posquetales en los parápodos anteriores, en lugar de uno, algo que solo ocurre en 8 de las 55 especies que a día de hoy conforman el género. *D. biscayensis* es la única representante del género con esta característica que aparece en el océano Atlántico; las siete especies restantes son todas naturales de la zona del Pacífico, lo que hace sospechar que esta especie podría ser originaria de esta región (Wetthey et al., 2016). No obstante, es importante tener presente que también existen importantes diferencias entre *D. biscayensis* y estas especies pacíficas como es su modo de reproducción (Wetthey et al., 2016).

Uno de los temas más discutidos en torno a *D. biscayensis* es precisamente si se trata de un organismo nativo o, por el contrario, fue introducida. A pesar de que estudios previos (Woodin et al., 2014) habían resaltado que algunas poblaciones se encontraban cerca de zonas con elevada actividad de cultivo de mejillones y que cabía la posibilidad de que se hubiera producido un aporte de juveniles transportados en las cuerdas de los barcos,

Arias & Paxton (2015) encuentran esta teoría poco probable. Después de analizar algunas colecciones históricas de *Diopatra*, descubrieron ejemplares de esta especie de más de un siglo de antigüedad, junto con ejemplares de *Diopatra neapolitana*, por lo que debería considerarse una especie nativa hasta que otros estudios demuestren lo contrario. Sin embargo, en el último estudio publicado hasta la fecha sobre esta cuestión, Wetthey et al. (2016) sostiene que, teniendo en cuenta que los tubos en los que habita *Diopatra biscayensis* son más grandes, están más decorados y son más evidentes que los de *D. neapolitana*, es poco probable que los científicos del siglo XIX y XX pasasen por alto su presencia. Además, cabe destacar que las simulaciones históricas llevadas a cabo en este trabajo, tampoco apoyan la hipótesis de que *D. biscayensis* sea nativa. Por último, mencionar que la diversidad genética de esta especie es mucho menor que la observada para *D. neapolitana*, algo compatible con evento fundador relativamente reciente.

*Diopatra biscayensis* se encuentra distribuida por todo el Golfo de Vizcaya, y desde Arcachon, Francia, hasta La Trinité-sur-Mer, en la Bretaña francesa, con límite final al norte en la bahía del Mont-Saint-Michel. Sin embargo, las simulaciones de Wetthey et al. (2016) muestran que, con los aumentos en la SST (temperatura de la superficie del mar) previstos, es probable que se expanda por el mar de Irlanda, el Canal de la Mancha y el sur del mar del Norte. Las consecuencias de dicha expansión ya fueron discutidas en su momento por Berke et al. (2010): *D. biscayensis* interferiría en los hábitats ocupados por *Arenicola marina*, una especie muy diferente. Ambos poliquetos son ingenieros del ecosistema, especies clave en los ambientes en los que viven; no obstante, *A. marina* es un bioturbador, mientras que *D. biscayensis* es un estabilizador de sedimentos. Cabe por tanto esperar que una interacción entre dichas especies cause cambios en la geología, en la geoquímica del sustrato, en la estructura de la comunidad y en la producción del hábitat.

El estudio de las especies crípticas no es un tema baladí; no reconocerlas o no tenerlas en cuenta da como resultado una ciencia de mala calidad. Esto queda evidenciado de múltiples maneras, como las que se exponen a continuación. Se ha descubierto que varios taxones empleados como indicadores ambientales en el medio marino son en realidad complejos de especies crípticas cuyas diferencias deben de tenerse en cuenta a la hora de realizar los bioensayos (Grassle & Grassle, 1976; Knowlton et al., 1992; Lobel et al., 1990). Las especies crípticas también han sido descubiertas en pesquerías, lo que implica problemas en su ordenación y modo de explotación; algunos ejemplos pueden encontrarse en Lavery & Shaklee (1991), Palumbi & Metz (1991) y Smith & Robertson (1981). Las medidas de conservación son otra cuestión afectada por este tema, ya que su desarrollo efectivo puede verse comprometido por la falta de reconocimiento de las especies crípticas (e.j. Davis, Roberts & Ayre, 1999). Pero tal vez uno de los problemas más importantes que plantea sea subestimar la riqueza específica, sobre todo en un medio como el marino que ya de por sí presenta muchas lagunas en este sentido, en el contexto de un mundo que se enfrenta a una crisis de biodiversidad (Bickford et al., 2007; Nygren, 2013).

A pesar de lo expuesto anteriormente, no todo son desventajas ante la existencia de estos organismos. Estos conjuntos de especies proporcionan un nuevo marco de estudio para disciplinas como la biología comparada, permitiendo probar teorías sobre la evolución en los ciclos de vida, entre otras ventajas (Knowlton & Jackson, 1993). También puede



ayudar a comprender y paliar problemas como los que generan las especies invasoras o la tolerancia a patógenos (Nygren, 2013). Por lo tanto, las especies crípticas no deben verse solo como una molestia taxonómica o de gestión, sino como un regalo, tal y como sostiene Knowlton (1993).

## 2. Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo es averiguar si en la Playa da Ribeira, en la localidad de Miño, A Coruña, se encuentra solo la especie *Diopatra neapolitana*, como se ha sostenido hasta ahora, o si ésta está acompañada por *Diopatra biscayensis*. Existen indicios de que podría darse este segundo escenario; por un lado, la morfología que presentan los tubos en los que viven estos animales llega a ser marcadamente diferente dentro de la misma playa, y dichas diferencias (sobresalir varios centímetros por encima del sustrato, mayor ornamentación, etc.) han sido asociadas con la especie *D. biscayensis*. Además, teniendo en cuenta los testimonios de las personas que se dedican a recolectar los poliquetos para su venta, durante la primavera en algunos tubos pueden observarse masas de huevos pegadas a su pared externa, una característica atribuida de nuevo a *Diopatra biscayensis* (*D. neapolitana*, es un broadcast spawner, de manera que los gametos son liberados a la columna de agua).

Reconocer qué especies del género *Diopatra* se encuentran en dicha localidad es importante por varias razones. Por una parte, se notificaría la presencia de *D. biscayensis* donde nunca antes se había detectado, coexistiendo con *D. neapolitana* y siendo confundida con ella. La presencia en esta área de un organismo diferente al que se pensaba previamente podría provocar que se replanteasen los planes existentes para su gestión y explotación en la zona, (como se explicó anteriormente, *Diopatra* spp. es un animal frecuentemente capturado para su venta como cebo de pesca), al presentar estas especies biología reproductiva diferente (Arias & Paxton, 2015). Además, el no haber encontrado antes esta especie en la zona estudiada, podría abrir una vía de investigación nueva sobre las capacidades de expansión de *D. biscayensis*, sus rangos de tolerancia a parámetros como la SST y las causas climáticas que podrían estar implicadas en dicha expansión. Por último, en el caso de que no se trate de ninguna de las dos especies anteriormente mencionadas y nos encontremos ante una especie nueva o nunca antes descrita en la zona, esto proporcionaría un mayor conocimiento sobre la biodiversidad marina de nuestra comunidad.

## 3. Material y métodos

- Área de estudio y recogida de datos

La localidad seleccionada para llevar a cabo el presente trabajo fue la Playa da Ribeira en Miño (A Coruña), también conocida como Playa Pequeña de Miño o Playa de Sumiño. Su localización en el fondo de la ría de Betanzos permite que se encuentre resguardada del viento y que sus aguas sean tranquilas (Figura 1). Presenta un sustrato mayoritariamente de tipo fango, con una capa anóxica a una profundidad de alrededor de 0.50 cm. Los principales macroinvertebrados bentónicos que se pueden encontrar en su zona intermareal son el berberecho común (*Cerastoderma edule*), poliquetos tubícolas del



género *Diopatra* y el poliqueto infaunal *Arenicola marina*; con respecto a los organismos autótrofos destaca la fanerógama marina *Zostera noltii* y algas verdes del género *Ulva*.



Figura 1. Mapa con la situación de la playa da Ribeira, en la desembocadura del río Mandeo, en la zona interna de la ría de Betanzos y fotografía aérea de la misma.

Considerando que autores como Wethey et al. (2016) han establecido que los individuos de *Diopatra* que presentan tubos que sobresalen por encima del sustrato y están altamente ornamentados pertenecerían a la especie *D. biscayensis* mientras que aquellos con la abertura más cerca del sustrato y con menos ornamentación serían de *D. neapolitana*, el día 12 de abril de 2021 se establecieron cuatro puntos de muestreo (Figura 1), teniendo en cuenta la apariencia de los tubos presentes: A ( $43^{\circ} 20' 55.3''$  N  $8^{\circ} 12.38' 4''$  W) y B ( $43^{\circ} 20' 57''$  N  $8^{\circ} 12.38' 7''$  W), con unos tubos cuya morfología se ajustaba a lo descrito para *D. biscayensis* (Figura 2A), y C ( $43^{\circ} 20.57' 1''$  N  $8^{\circ} 12' 43.6''$  W) y D ( $43^{\circ} 20' 53.6''$  N  $8^{\circ} 12' 40''$  W), con unos tubos similares a los descritos para *D. neapolitana* (Figura 2B).



Figura 2. Ejemplos de tubos que presentes los individuos del género *Diopatra*. A) Tubo ornamentado que sobresale por encima del sustrato de la especie *D. biscayensis*; B) Tubo con escasa ornamentación que sobresale poco por encima del sustrato de *D. neapolitana*; imágenes tomada de Wetthey et al. (2016).

Ese mismo día, con la ayuda de los poliqueteiros que se encontraban en la zona, se recogieron 12 individuos en los puntos A-B y 10 individuos en los puntos C-D. El método utilizado para la captura de estos 22 individuos fue el mismo que el empleado durante su extracción comercial y consistió en la adición de una solución hipersalina en el interior del tubo que obliga al animal a salir parcialmente del mismo, momento en el que es apresado.

Finalmente, en cada uno de los puntos de muestreo también se midió en 50 individuos la distancia al congénere más próximo, utilizando una cinta métrica. Como se explicó en la introducción, a pesar de pertenecer al mismo género, *D. neapolitana* y *D. biscayensis* presentan modos de reproducción completamente distintos (Arias & Paxton, (2012), lo cual es esperable que influya en la distribución espacial de los individuos (Woodin et al. 2014). Concretamente, en *D. neapolitana* el esperma y los ovocitos se liberan a la columna de agua (un proceso conocido como broadcast spawning), mientras que *D. biscayensis* retiene los ovocitos en una masa gelatinosa que adhiere a la pared externa del tubo; así, es lógico pensar que las distancias interindividuales en el caso de esta última especie deben ser menores que en el caso de *D. neapolitana*.

En visitas posteriores a esta localidad, se escogieron al azar 10 tubos en cada uno de los cuatro puntos de muestreo con el fin de caracterizar su aspecto. En particular, el día 25 de mayo de 2021 se recopilaron los datos relativos a los puntos A-C (30 tubos en total), mientras que un mes después, el 25 de junio, se repitió esta tarea para el punto restante (punto D, 10 tubos). Se estudiaron características relativas tanto a la región expuesta como a la enterrada. En el primer caso, se tuvo en cuenta: i) orientación de la apertura (tres categorías posibles: hacia arriba, lateral o hacia abajo), ii) la altura sobre el sedimento (tres categorías posibles: a ras de suelo, mayor que el diámetro del tubo o menor que el diámetro del tubo), iii) el grado de decoración (tres categorías posibles: alto, medio, bajo o ninguno); además, iv) se midió la longitud expuesta, y v) se anotaron los materiales que presentaba. Para el caso de la región en enterrada, i) se midió su longitud, y ii) también se registraron los materiales que presentaba.

- Estudio en el laboratorio de los especímenes recolectados.

Los 22 individuos recolectados el 12 de abril del 2021 fueron trasladados vivos al laboratorio y, tras su narcotización empleando cloruro de magnesio ( $(\text{MgCl}_2)$  al 7%, al que los poliquetos estuvieron expuestos entre 40 y 60 minutos, se midió su longitud total empleando un metro, así como la anchura del décimo setígero con un calibre digital; además, también se determinó su peso fresco con la ayuda de una balanza). Finalmente, los individuos se fijaron en etanol 70°.

En los días posteriores, los individuos fueron cuidadosamente observados bajo el microscopio estereoscópico con el fin de estudiar los caracteres de diagnóstico recogidos en la literatura (Arias & Paxton, 2015; Pires et al. 2010). Así, en primer lugar se llevó a cabo la disección del primer parápodo anterior, para comprobar el número de lóbulos posquetales presentes (Figura 3).

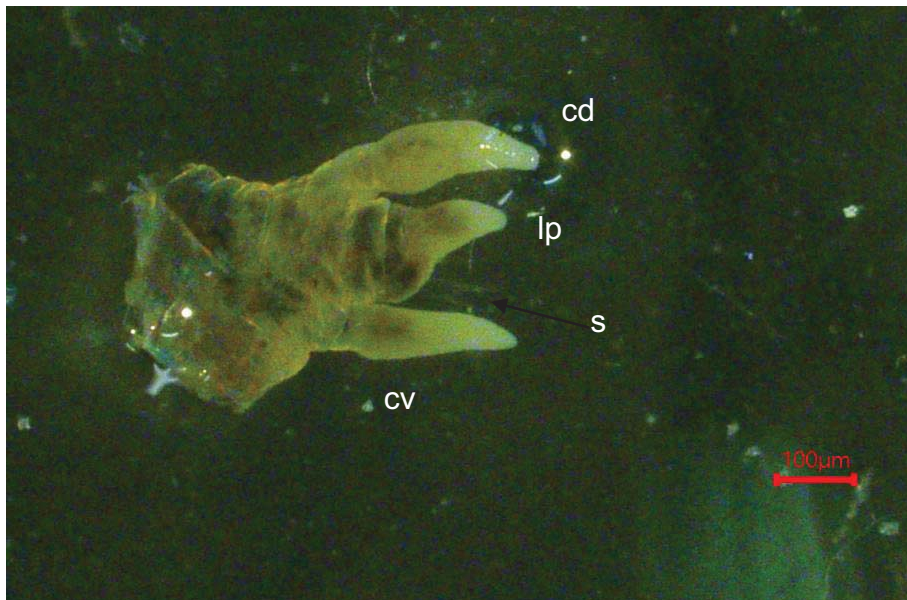


Figura 3. Vista posterior del parápodo derecho del primer setígero de un individuo de *Diopatra* sp. cd) cirro dorsal; lp) lóbulo posquetal; cv) cirro ventral; s) sedas).

El segundo carácter analizado fue el número de ceratóforos (anillos que componen la base de las antenas, Figura 4), para lo cual se seleccionó siempre la antena superior derecha.

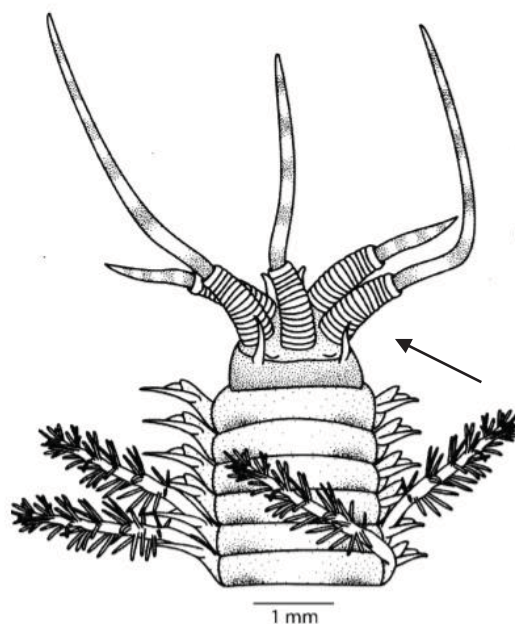


Figura 4. Vista dorsal de la parte anterior de un poliqueto, en este caso *Diopatra micrura*; la flecha señala los ceratóforos y la antena en la que estos se contaron; ilustración tomada de Pires et al. (2010).

#### - Análisis estadístico de los datos.

Los análisis estadísticos que se detallan a continuación, se llevaron a cabo empleando el programa R en su versión 3. 4. 4. (R Core Team 2018), y el paquete RCommander (Fox, 2017).

En primer lugar, se comprobó si los datos se ajustaban a una distribución normal utilizando la prueba de Shapiro Wilk (variables: longitud total del individuo (mm), anchura

del décimo setígero (mm), peso fresco (mm), número de ceratóforos, longitud emergida (cm), y longitud enterrada (cm)), o la prueba T (variable: distancia al congénere más próximo (cm)). A continuación se testó su homocedasticidad empleando la prueba de Bartlett (variables: longitud total del individuo, anchura del décimo setígero, peso fresco, y número de ceratóforos) o el test F (variables: distancia al congénere más próximo, longitud emergida, y longitud enterrada). Los conjuntos de datos que resultaron no normales y/o heterocedásticos se transformaron usando la siguiente fórmula:  $x_1 = \log(x_0)$ .

Por último, la existencia de diferencias significativas entre los individuos capturados en los puntos A-B y los individuos capturados en los puntos C-D fue investigada utilizando una prueba T de Student.

Además, también se construyeron histogramas para observar mejor la distribución de las frecuencias de las siguientes variables: i) distancias interindividuales, ii) grado de decoración, iii) altura sobre el sedimento, y iv) orientación de la apertura en ambos grupos de individuos.

#### 4. Resultados

##### - Biometrías

Los análisis estadísticos llevados a cabo muestran que existen diferencias significativas entre los individuos capturados en los puntos A-B y los individuos procedentes de los puntos C-D para las siguientes variables: i) longitud total, para la cual se obtuvo una media de  $374.60 \pm 141.43$  mm en el caso de los individuos procedentes de los puntos A-B, y de  $611.70 \pm 144.77$  mm para los procedentes de los puntos C-D (Figura 5); y ii) peso fresco, con medias de  $5.88 \pm 2.72$  g y  $11.72 \pm 3.36$  g para los individuos capturados en A-B y los capturados en C-D, respectivamente, es decir, una diferencia de casi el doble de peso (Figura 6).

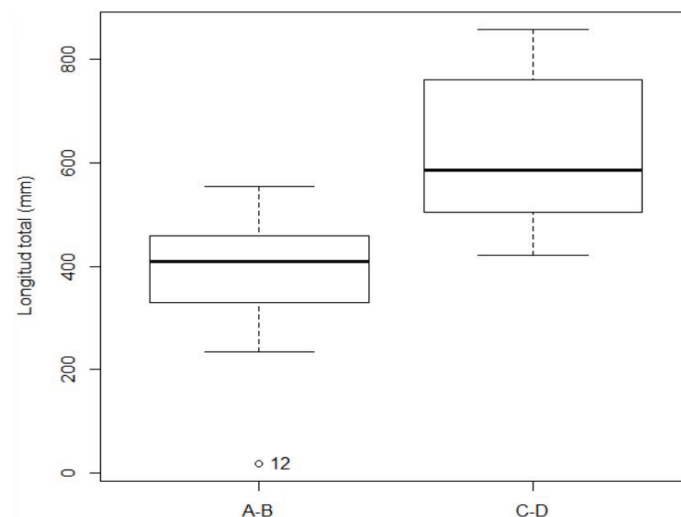


Figura 5. Box-plot del carácter longitud total, para los individuos de los puntos A-B, los individuos de los puntos C-D.



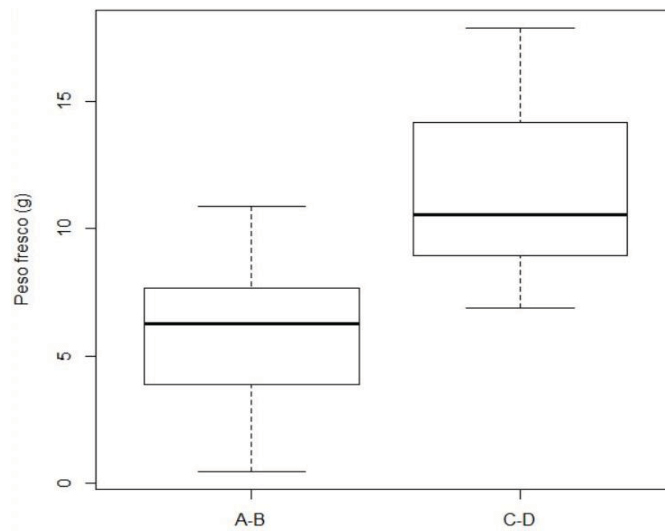


Figura 6. Box-plot del carácter peso fresco, para los individuos de los puntos A-B, y los individuos de los puntos C-D.

Tabla 1. Resultados de los análisis estadísticos para las biometrías, los caracteres diagnóstico, distancia al congénere más próximo y caracteres cuantitativos de los tubos. \* Se transformaron los datos con la ecuación  $x_1 = \log(x_0)$ .

	N(A+B)/ N(C+D)	Media $\pm$ SD para los puntos A-B	Media $\pm$ SD para los puntos C-D	p-valor de la t de Student
<b>Biometrías</b>				
Longitud total (mm)	12/10	374.60 $\pm$ 141.43	611.70 $\pm$ 144.77	0.001
Anchura del décimo setífero (mm)	12/10	6.93 $\pm$ 0.38	7.58 $\pm$ 0.85	0.100
Peso fresco (g)	12/10	5.88 $\pm$ 2.72	11.72 $\pm$ 3.36	0.001
<b>Caracteres diagnóstico</b>				
Número de ceratóforos	12/10	13.92 $\pm$ 2.19	14.80 $\pm$ 1.40	0.267
<b>Distancia al congénere más próximo</b>				
Distancia al congénere más próximo (cm)	100/100	10.00 $\pm$ 6.70	22.35 $\pm$ 14.01	1.102x10 <sup>-5</sup>
<b>Caracteres cuantitativos de los tubos</b>				
Longitud enterrada (cm) *	20/20	14.25 $\pm$ 4.85	22.08 $\pm$ 8.70	0.001
Longitud expuesta (cm)*	20/20	3.53 $\pm$ 1.77	4.00 $\pm$ 1.41	0.355

Por el contrario, estas diferencias significativas no se hallaron para la variable anchura del décimo setífero, donde la anchura media de dicho segmento para los individuos capturados en los puntos A-B fue de  $6.93 \pm 0.38$  mm, mientras que este mismo valor fue de  $7.58 \pm 0.85$  mm para C-D (Figura 7).

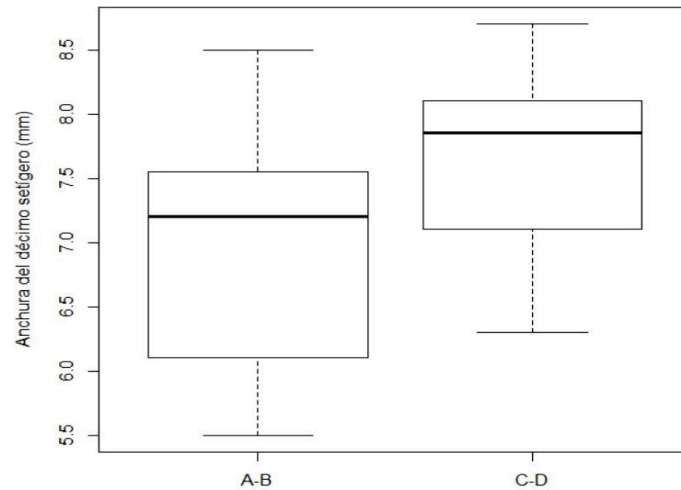


Figura 7. Box-plot del carácter anchura del décimo setífero, para a) los individuos de los puntos A-B, y b) los individuos de los puntos C-D.

En la Tabla 1 se recogen los resultados anteriormente mencionados, junto con el p-valor de la t de Student correspondiente.

#### - Caracteres diagnóstico

No se llevó a cabo ningún análisis estadístico para el carácter número de lóbulos posquetales, ya que todos los individuos estudiados, independientemente de su origen, presentaban solo uno, tanto en los ejemplares identificados en el punto A-B como los de los puntos C-D. En las Figuras 8 pueden verse dos ejemplos de dicho carácter en el caso de individuos capturados en los puntos A-B, mientras que en las Figuras 9, se muestran otros dos ejemplos, en este caso relativos a individuos capturados en los puntos C-D.

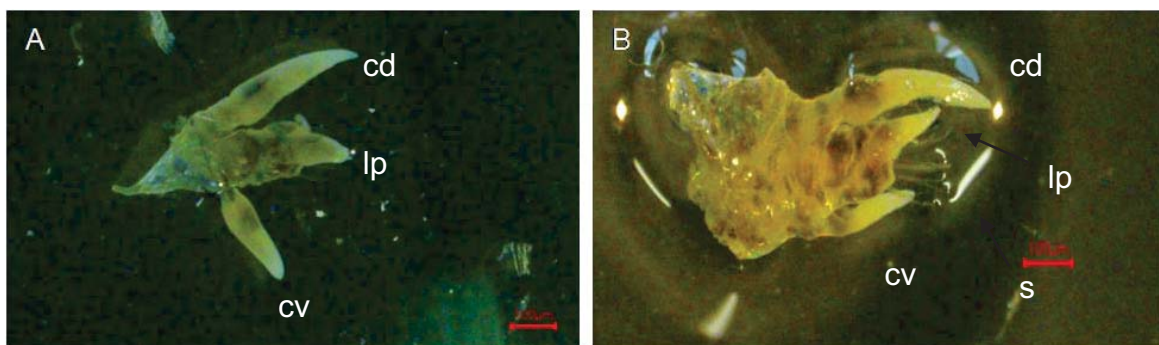


Figura 8. Primer parápodo en vista posterior de dos ejemplares recogidos en los puntos A-B. cd) cirro dorsal; lp) lóbulo posquetal; cv) cirro ventral; s) sedas)



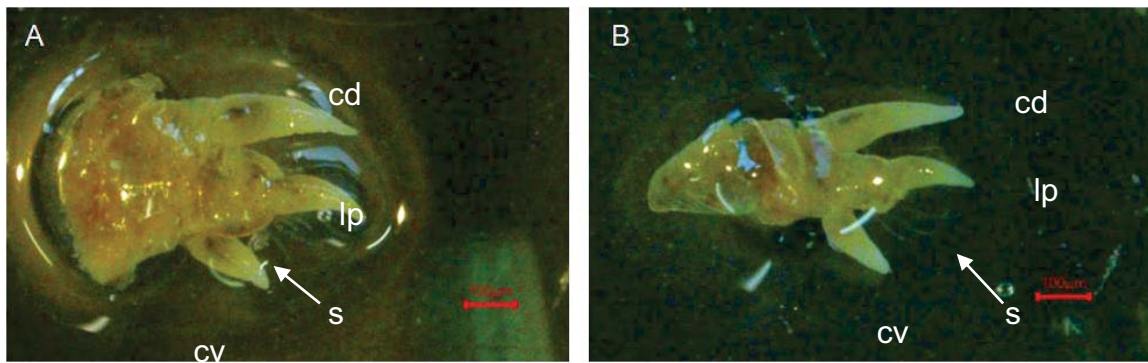


Figura 9. Primer parápodo en vista posterior de dos ejemplares recogidos en los puntos C-D. cd) cirro dorsal; lp) lóbulo posquetal; cv) cirro ventral; s) sedas).

Por otro lado, el número de ceratóforos en los individuos capturados en los puntos A-B osciló entre 9 y 18 ( $13.92 \pm 2.19$ ), mientras que dicho rango fue de 12-17 ( $14.80 \pm 1.40$ ) para los puntos C-D. De acuerdo con estos valores, como se ve en la Tabla 1, no se encontraron diferencias significativas entre las medias de ambos grupos ( $p\text{-valor} > 0.005$ ).

#### - Distancias al congénere más próximo

La distancia media al congénere más próximo fue considerablemente menor en el caso de los puntos A y B que en el caso de los puntos C y D. En concreto, dicho valor medio fue igual a  $10.06 \text{ cm} \pm 7.39 \text{ cm}$  y  $9.94 \pm 5.99 \text{ cm}$  para los puntos A y B, respectivamente, pero aproximadamente dos veces mayor,  $23.18 \pm 13.08 \text{ cm}$  y  $21.52 \pm 14.93 \text{ cm}$ , para los puntos C y D. De acuerdo con lo expuesto anteriormente, no se encontraron diferencias significativas entre las distancias medias de los puntos A y B ( $p\text{-valor} > 0.005$ ), ni tampoco entre las de los puntos C y D ( $p\text{-valor} > 0.005$ ).

En la Figura 10 se muestra la distribución de frecuencias de dichas distancias para cada pareja de puntos ( $p\text{-valor} < 0.005$ ).

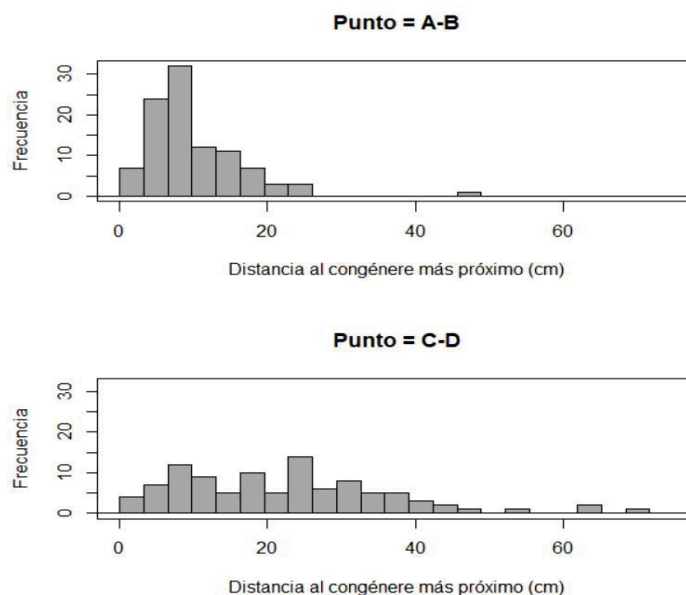


Figura 10. Histogramas de las distribuciones de frecuencias para distancias interindividuales en los puntos A-B, y distancias interindividuales en los puntos D-C.

#### - Caracteres de los tubos

Para los caracteres cualitativos analizados, se estudió cómo se distribuían las frecuencias de los datos recogidos. En la Figura 11 se representan las frecuencias para el carácter altura sobre el sustrato. Como se puede ver en la misma, la mayoría de tubos, tanto de los puntos A-B como de los puntos C-D (Tabla 2), sobresalen del sustrato con una elevación mayor que el diámetro del tubo; de hecho, el número de tubos asignados a esta categoría fue casi idéntico en ambos grupos (18 y 19, respectivamente). Dos tubos, uno de cada grupo de puntos (5% para ambos grupos), presentaron una altura menor que el diámetro del propio tubo, y solo uno de los tubos analizados, procedente de los puntos A-B, se encontraba a ras de suelo (5%). En la Figura A (Anexo 1) se muestran ejemplos de cómo se veían estas categorías en el campo.

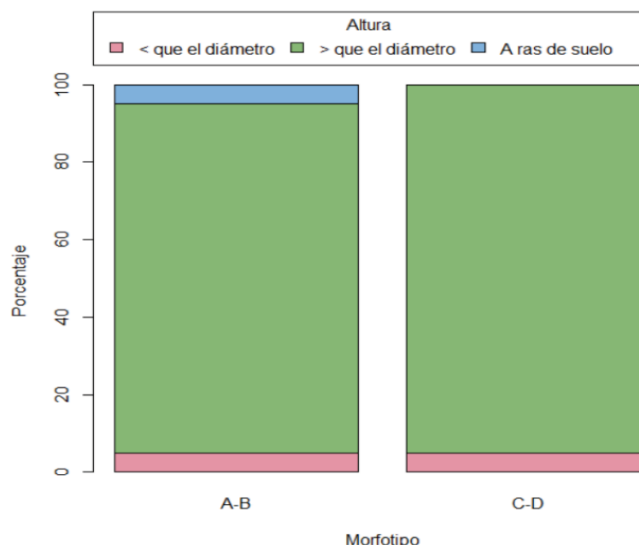


Figura 11. Distribución de frecuencias de la variable cualitativa altura sobre el sustrato.

Con respecto al grado de decoración, se diferenciaron cuatro categorías (alto, medio, bajo y ninguno), cuya distribución de frecuencias se muestran en la Figura 12. Los valores para ambos grupos de puntos son similares en todas las categorías (Tabla 2), presentándose las diferencias más grandes en la categoría grado bajo, con 8 tubos para los puntos C-D (40%) y un poco más de la mitad para los puntos A-B, 5 (25%). En cambio, en la categoría ninguno, se observó el mismo número de tubos en ambos grupos (3), mientras que para las otras dos categorías restantes los resultados fueron: para la categoría grado alto, en los puntos A-B y en los puntos C-D se encontró el mismo número (5), y para la categoría medio, los valores fueron muy próximos (5 tubos en los puntos A-B y 4 en los puntos C-D). En la Figura B (Anexo 1) se muestran algunos ejemplos de tubos pertenecientes a cada una de las categorías contempladas para este carácter.

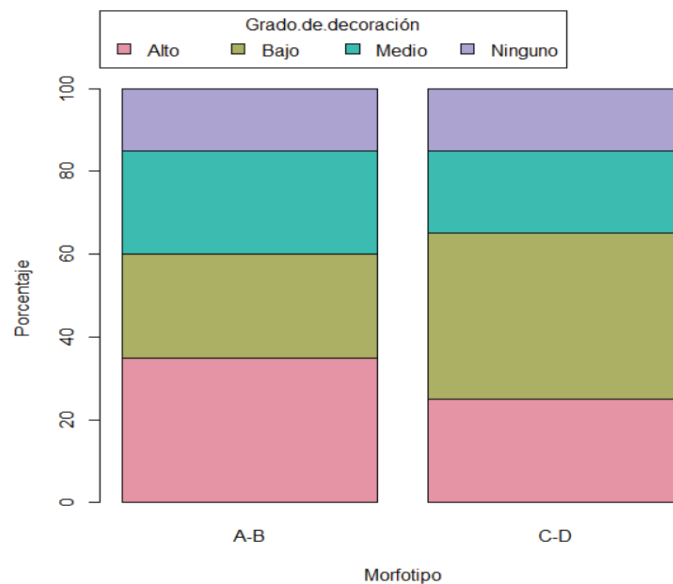


Figura 12. Distribución de frecuencias de la variable cualitativa grado de decoración.

En cuanto a la orientación, de las tres categorías consideradas i) hacia arriba, ii) lateral y iii) hacia abajo, no se encontró ningún ejemplo de esta última. Los resultados para la distribución de frecuencias pueden verse en la Figura 13. Claramente, la mayoría de los tubos muestreados presentaban una orientación lateral (Tabla 2). En la Figura C (Anexo 1) se muestran ejemplos de las dos categorías encontradas durante el muestreo en el campo.

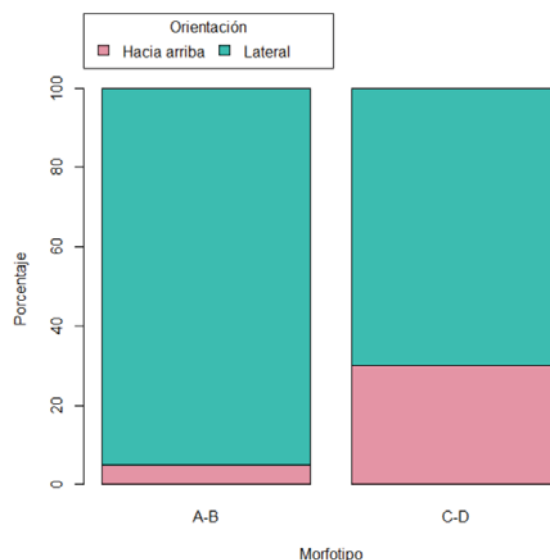


Figura 13. Distribución de frecuencia de la variable cualitativa orientación sobre el sustrato.

Finalmente, la prueba t de Student reveló la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos de puntos muestreados en lo relativo a la longitud de tubo enterrada. Como se puede ver en la Tabla 1, la longitud media enterrada fue considerablemente menor en el caso de los tubos procedentes de los puntos A-B ( $14.25 \pm 4.85$  cm) que para el caso de los tubos procedentes de C-D ( $22.08 \pm 8.70$  cm). Para la longitud expuesta, sin embargo, el p-valor de la prueba t de Student reveló que en este caso no existían diferencias significativas entre ambos grupos ( $p\text{-valor} > 0.005$ ) (Tabla 1).

Tabla 2. Características cualitativas de los tubos.

	A+B N (%)	C+D N (%)
<b>Grao de decoración</b>		
Ninguno	3 (15%)	3 (15%)
Bajo	5 (25%)	8 (40%)
Medio	5 (25%)	4 (20%)
Alto	7 (35%)	5 (25%)
<b>Altura sobre el sustrato</b>		
A ras	1 (5%)	0 (0%)
Mayor que el diámetro	18 (90%)	19 (95%)
Menor que el diámetro	1 (5%)	1 (5%)
<b>Orientación sobre el sustrato</b>		
Hacia arriba	1 (5%)	6 (30%)
Hacia abajo	0 (0%)	0 (0%)
Lateral	19 (95%)	14 (70%)

## 5. Discusión

*Diopatra neapolitana* fue una de las primeras especies descritas dentro de su género y, a pesar de que las características empleadas inicialmente para describirla eran más apropiadas para diferenciar al género que a la especie, sí se tenía certeza de que presentaba una extensa distribución costera (Arias, Paxton & Budaeva, 2016). *Diopatra biscayensis*, en cambio, es una de las especies del género más recientemente descubiertas y, aunque hasta ahora solo ha sido descrita en la costa francesa y algunos lugares del norte de España, el número de localidades donde la especie se ha encontrado ha ido aumentando desde su descubrimiento en el año 2012 hasta la actualidad (Arias & Paxton, 2015; Wetthey et al., 2016). Por el momento, no se ha reportado su presencia en el Mediterráneo (Arias, Paxton & Budaeva, 2016). Sin embargo, existe la posibilidad de que sí esté presente en dichas costas, o que al menos lo estuviera hace un siglo, ya que Lo Bianco (1899) comenta la presencia de masas de ovocitos recubiertos de una sustancia gelatinosa, unidas a los tubos de *D. neapolitana*, en el Golfo de Nápoles. Estudios recientes sobre la biología reproductiva de *D. neapolitana* han demostrado no obstante que esta especie es un broadcast spawner (Arias & Paxton, 2015; Dagli, Ergen & Çinar, 2005), por lo que, a no ser que las observaciones de Lo Bianco (1899) correspondan a una especie de *Diopatra* desconocida, lo más probable es que se tratase de *D. biscayensis* (Arias & Paxton, 2015).

Datos como estos sugieren que *D. biscayensis* puede presentar una distribución más amplia de la que se conoce actualmente, tanto en el sur de Europa como en las costas del norte de España. De hecho, en algunos puntos de la costa gallega como el estudiado en

el presente trabajo (Playa da Ribeira, Miño, A Coruña) la apariencia de los tubos de *Diopatra* sp., en algunos casos recuerda lo descrito para esta especie (Wetthey et al., 2016). Es más, los poliqueteiros que explotan este recurso en la zona aseguran haber observado en primavera en dicha localidad globos de consistencia gelatinosa adheridos a las paredes de los tubos, una observación que podría corresponderse con las masas de ovocitos de *D. biscayensis*.

- Biometrías de los individuos de *Diopatra* sp. en la Playa da Ribeira

A pesar de no ser considerados caracteres diagnóstico *per se*, la longitud total, el peso fresco o, en el caso de los onúfidios del género *Diopatra*, la anchura del décimo setígero, son rasgos que pueden ayudar a descartar una especie u otra de manera rápida.

En el presente trabajo, la longitud total de los individuos capturados en los puntos A-B fue significativamente diferente de la presentada por los individuos de los puntos C-D, un resultado que a primera vista podría evidenciar la existencia de dos especies distintas. Sin embargo, las diferencias observadas no se ajustan a lo registrado en la literatura para las especies *Diopatra neapolitana* y *Diopatra biscayensis*. Así, aunque en base al aspecto general de los tubos cabría esperar que en los puntos A-B se encontrara *D. biscayensis*, los valores de longitud total aquí registrados son considerablemente mayores que los obtenidos por Paxton & Arias (2017) para esta especie. En concreto, en el citado trabajo, los individuos de *D. biscayensis* analizados no pasaban de los 208.00 mm, un valor muy lejos de los 374.60 mm de media que se encontró en los puntos A-B en la localidad de Miño. También se encuentran muy lejos de este valor las cifras recogidas en otros estudios, como el de Arias & Paxton (2015), en el que la longitud máxima para los individuos examinados, procedentes de diferentes puntos del área de distribución conocida de la especie, desde el Golfo de Vizcaya hasta la Bretaña francesa, se sitúa en 250.00 mm.

Por el contrario, los valores observados para los puntos C-D, inicialmente atribuidos a la especie *D. neapolitana*, sí recuerdan en cierto modo a lo recogido en la literatura para esta especie. Los individuos capturados en Miño en los puntos C-D presentaban una longitud total media de 611.70 mm, con un máximo de 858.00 mm y un mínimo de 420.00 mm. Este rango de valores concuerda con la descripción que Arias, Paxton & Budaeva (2016) hacen de esta especie (800.00 mm de máximo) y también con los valores de longitud total registrados para la misma por estos autores en el NO peninsular (580-600 mm en individuos preservados procedentes de la localidad de Vigo). En menor medida, estas dimensiones también encajan con lo encontrado por Paxton & Arias (2017) en individuos de *Diopatra neapolitana* de la región macaronésica (longitud máxima 600.00 mm)

Con respecto al peso fresco, las diferencias significativas entre los puntos A-B y C-D son las esperadas teniendo en cuenta los resultados para la variable longitud total. De hecho, en ambos casos parece existir una relación directa entre ambas variables (Figura 14). No obstante, no se han encontrado estudios con los que comparar los resultados de este trabajo.

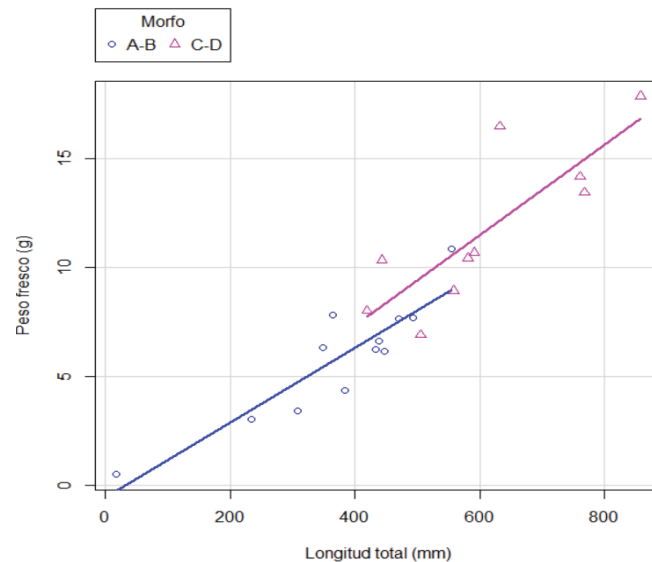


Figura 14. Diagramas de dispersión con recta de mínimos cuadrado para las variables longitud total (mm) y peso fresco (g) en los puntos A-B ( $y = 0.017x - 0.599$ ;  $r^2=0.81$ ), y en los puntos C-D ( $y = 0.020x - 0.968$ ;  $r^2=0.68$ ).

Otros factores aparte de la taxonomía podrían explicar las diferencias espaciales encontradas en la Playa da Ribeira para las dos anteriores variables. Por una parte, en los puntos A-B, donde se encontraron los individuos de menor tamaño, también son los puntos que quedan expuestos al aire durante más tiempo debido a que se ubican en un nivel más alto del intermareal, lo que pudiera limitar el aporte de recursos y aumentar el estrés salino, térmico, etc. Otra explicación posible sería que la especie sigue una segregación de nichos en función de la edad: los individuos más jóvenes y más pequeños se situarían más arriba en el intermareal (puntos A-B), donde la fuerza de la corriente y, consecuentemente, la probabilidad de arrastre es menor, mientras que los adultos, más grandes, aparecerían en los puntos más expuestos (puntos C-D). También deben tenerse en cuenta las densidades poblacionales: en los puntos A-B, como se comenta más adelante, hay una mayor cantidad de individuos por unidad de superficie, lo cual puede provocar una mayor competencia por el alimento, dando lugar a individuos de menor tamaño que los situados en los puntos C-D, donde la densidad es menor.

En cuanto al ancho del décimo setígero, aunque los valores obtenidos para los puntos A-B y C-D no mostraron diferencias significativas, sí parecen coherentes con lo encontrado por Paxton & Arias (2017) para *D. biscayensis* y *D. neapolitana* respectivamente. Brevemente, estos autores indican que la anchura máxima para el décimo setígero en la especie *D. biscayensis*, es 8.50 mm, mientras que en el caso de *D. neapolitana* dicho valor es ligeramente superior, 9.00 mm. Como se mencionó antes, pese a no encontrarse diferencias significativas para esta variable entre los puntos A-B y C-D, los valores en el primer caso se ajustan a lo descrito para *D. biscayensis*, mientras que en el caso de los puntos C-D el ajuste es mayor con la especie *D. neapolitana*. Una posible explicación para la ausencia de diferencias significativas en esta variable, teniendo en cuenta que en la longitud total y en el peso fresco sí las hay, sería que la misma no guarde una relación lineal con ninguna de las otras dos variables. De hecho, esta variable es una de las que más solapamiento muestra para ambas especies, variando de unas regiones a otras y también con la edad de los individuos (Arias, Paxton & Budaeva, 2016; Paxton & Arias,



2017), siendo por tanto una de las variables menos indicadas para la identificación específica.

Además, es importante tener presente que el número de individuos examinados, tanto para esta variable como para la longitud total, el ancho del décimo setífero, y los dos caracteres diagnóstico (número de lóbulos posquetales y número de ceratóforos) es muy pequeño, de modo que nuestras muestras podrían no ser representativas de lo que se encuentra en la Playa da Ribeira.

- Caracteres diagnóstico de los individuos de *Diopatra* sp en la Playa da Ribeira

La presencia de uno o dos lóbulos posquetales es considerada un carácter diagnóstico clave para diferenciar las especies de *Diopatra* (Arias & Paxton, 2015; Fauchald, Berke & Woodin, 2012; Paxton & Arias, 2017), siendo hasta la fecha *Diopatra biscayensis* la única con doble lóbulo en las costas europeas, según Arias & Paxton (2015). Todos los individuos analizados en el presente estudio, procedentes de la Playa da Ribeira presentaron un primer parápodo con la apariencia de los que se muestran en las Figura 8 y 9, muy distinto al que Arias & Paxton (2015) recogen en su estudio para la especie *D. biscayensis* (Figura 15).

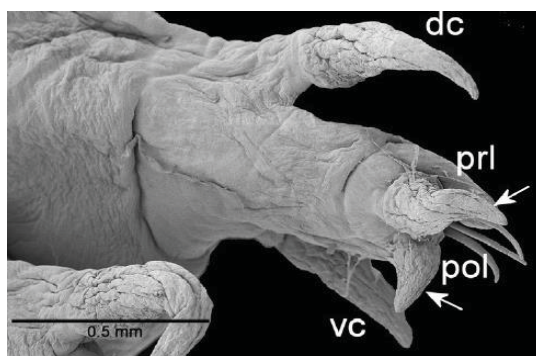


Figura 15. Primer parápodo en vista posterior, con las flechas apuntando a los lóbulos posquetales. dc: cirro dorsal, pol: lóbulo posquetal, prl: lóbulo prequetal, vc: cirro ventral; imagen tomada de Arias & Paxton (2015).

Tampoco los dos grupos de individuos analizados en el presente estudio mostraron diferencias significativas para el número de ceratóforos. La literatura muestra que el número de estos anillos en la especie *Diopatra neapolitana* oscila entre 8 y 17, mientras que en *D. biscayensis* lo hace entre 8 y 12 (Paxton & Arias, 2017). En todos los puntos muestreados en este trabajo, los individuos presentaron un rango de valores más próximos a lo descrito para *D. neapolitana* (9-18 ceratóforos).

- Distancias al congénere más próximo en los individuos de *Diopatra* sp. en la Playa da Ribeira

Como ya se ha explicado con anterioridad, *Diopatra neapolitana* y *Diopatra biscayensis* son especies que difieren en su modo de reproducción. Las hembras de *D. biscayensis* adhieren una masa gelatinosa de huevos a la pared externa de los tubos durante los meses de reproducción (Arias & Paxton, 2015). Aunque dichas masas gelatinosas no pudieron ser observadas durante este trabajo, los poliqueteiros de la zona aseguran haber visto unas masas semejantes a las descritas en algunos de los tubos de esta misma localidad. *Diopatra neapolitana*, por su parte, liberta tanto los gametos femeninos como los masculinos a la columna de agua (Arias & Paxton, 2015). Cabría esperar, en

consecuencia, que los individuos de *D. neapolitana* apareciesen más separados que los de *D. biscayensis*, pues el éxito reproductivo en esta última especie será una función de la separación entre los individuos adultos (Woodin, Wethey & Dubois, 2014). Las diferencias significativas encontradas en el presente trabajo entre ambos pares de puntos para las distancias al congénere más próximo parecen apoyar esta hipótesis. De acuerdo con nuestras expectativas iniciales basadas en el aspecto general de los tubos, la distancia media al congénere más próximo en el caso de los puntos A-B fue de 10.00 cm, mientras que dicho valor medio en el caso de los puntos C-D fue de 22.35 cm.

No obstante, tanto la predicción de Woodin, Wethey & Dubois (2014) como los resultados obtenidos en este trabajo contrastan con lo encontrado en la literatura. En el único trabajo donde se ha documentado la presencia de ambas especies en la misma localidad, *D. biscayensis* presenta densidades muy inferiores a las exhibidas por *D. neapolitana* y, aunque los autores de este estudio atribuyen este hecho a que la especie se encontraría en el límite meridional de su distribución (Arias & Paxton, 2015), esta explicación dejaría de ser válida en el caso de que *D. biscayensis* estuviera presente en nuestras costas.

Cabe destacar, sin embargo, que las diferencias para esta variable podrían deberse a que los individuos de los puntos A-B se encuentran en una zona más desfavorable para la reproducción, ya que el nivel del agua varía con más frecuencia. Esto provocaría que los individuos necesitasen estar más cerca unos de otros para llevar a cabo la reproducción de manera satisfactoria, de modo que lo que podría estar ocurriendo en estos puntos sería una agregación de individuos en zonas especialmente adecuadas este fin.

- Características generales de los tubos de los individuos de *Diopatra* sp. en la playa da Ribeira

Los tubos de los poliquetos muestran un amplio rango de complejidad, desde formas muy simples hechas de mucus, al cual se unen partículas minerales de arena o fango, hasta estructuras muy ornamentadas con grandes trozos de materiales de diferente naturaleza (Richards, 1978). Los onúridos, como los pertenecientes al género *Diopatra*, suelen adornar sus tubos, en mayor o menor medida, con trozos de algas o conchas (Hartman, 1968). La función de dicha decoración todavía es incierta, pero en el caso de especies como *Diopatra cuprea* se sabe que está implicada en la alimentación (Brenchley & Tidball, 1980; Magnum, Santos & Rhodes, 1968), y la amplificación de la capacidad sensorial del animal (dichos elementos decorativos intervendrían en la transmisión de señales hasta la pared del tubo y ayudarían tanto a evitar la depredación como en la captura de presas; (Brenchley, 1976). Algunos estudios incluso han sugerido la posibilidad de que esta decoración esté implicada en la crípsis, haciendo que los tubos sean visualmente menos reconocibles como presas (Berke & Woodin, 2008).

A pesar de que en un primer momento Fauchald, Berke & Woodin (2012) no consideraron el aspecto de los tubos de *Diopatra* como algo a tener en cuenta para diferenciar a las especies dentro del género, estudios posteriores sí lo han hecho (Paxton & Arias, 2017). De hecho, Wethey et al. (2016) incluso comentan que los tubos de *Diopatra biscayensis* y *Diopatra neapolitana* son tan diferentes que es prácticamente imposible que los científicos de los siglos XIX y XX pasasen por alto la presencia de *D. biscayensis* en las costas de Francia, reforzando su hipótesis de que esta especie ha sido introducida recientemente en las costas de Europa.

En nuestra primera visita a la localidad de Miño, sí parecieron apreciarse diferencias a simple vista entre los tubos que podrían evidenciar la presencia de dos especies distintas de estos gusanos tubícolas; de hecho, dichas diferencias condicionaron nuestra selección de los puntos de muestreo (puntos A-D). No obstante, en las visitas posteriores observamos que la apariencia de las cuatro zonas y sus tubos había cambiado de modo que los tubos de los puntos A-B ya no mostraban un aspecto tan marcadamente diferente de los presentes en los puntos C-D.

La hipótesis que se baraja para explicar este hecho, es la dinámica de la playa, esto es, el movimiento de los sedimentos y de los materiales que los poliquetos emplean para construir los tubos en los que viven podría estar influyendo en que estos presenten un mayor o menor grado de decoración, o incluso en que sobresalgan más o menos por encima del sustrato. Además, es preciso tener en cuenta que la clasificación de los tubos atendiendo a su grado de decoración está sujeta a cierto nivel de subjetividad. Así, en algunos casos, como los que se muestran en la Figura B (Anexo 1), pueden existir diferencias muy evidentes, pero en otros, éstas no son tan marcadas.

En el presente estudio no se encontraron diferencias destacables entre los puntos A-B y los puntos C-D en lo relativo al grado de decoración (Tabla 2). Las variaciones observadas, por lo tanto, no parecen estar relacionadas con el tamaño de los individuos, con el hecho de que estos sean juveniles o adultos, o con la situación de los mismos en la zona intermareal. Es importante tener presente sin embargo que nuestros datos no permiten establecer una relación perfecta entre el aspecto de los individuos (biometrías y caracteres diagnóstico) y el aspecto de los tubos, pues ambos conjuntos de datos fueron tomados en días distintos debido a la necesidad de trabajar con la marea baja.

Por otro lado, si bien en este estudio se encontraron diferencias significativas entre los puntos A-B y los puntos C-D para la longitud enterrada, siendo mayor en los puntos C-D, donde los individuos también eran significativamente más grandes, debe tenerse en cuenta que en muchos casos se produjo la rotura de los tubos a la hora de extraerlos del sustrato. Además, tampoco se han encontrado referencias en la literatura acerca de la importancia de esta variable para diferenciar las especies del género *Diopatra*.

Con respecto a la longitud expuesta, Wetthey et al. (2016) sostienen que ésta es mucho mayor para *D. biscayensis* que para *D. neapolitana*, y Arias & Paxton (2015) concretan que en la primera especie suele encontrarse en el rango de 4.00 y 5.00 cm. En Miño, se observó que las alturas medias de los tubos eran de 3.53 cm para los puntos A-B y de 4.00 cm para los puntos C-D, si bien no se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos. En la inmensa mayoría de los casos (39 de 40), también se vio que los tubos sobresalían por encima del sustrato una altura mayor que el diámetro del tubo, siendo la frecuencia prácticamente igual para A-B (18 tubos) que para C-D (19 tubos) (Figura 11). Así pues, atendiendo a dicha característica, la práctica totalidad de los tubos de la Playa da Ribeira, independientemente de su origen, eran muy evidentes a simple vista, algo relacionado con la especie *D. biscayensis*, como se ha comentado con anterioridad. Solamente tres tubos, aparecieron a ras de suelo o a una altura menor que el diámetro de la apertura (de los cuales dos estaban en A-B y uno estaba en C-D); este aspecto, no tan evidente, sería el propio de *D. neapolitana*.

Wetthey et al. (2016) también muestran en su estudio que *D. biscayensis* presenta en la gran mayoría de los casos la abertura del tubo orientada hacia abajo; sin embargo, este rasgo no fue observado en ninguno de los tubos de nuestro trabajo. La mayoría de los tubos (n=33) presentaron la apertura orientada lateralmente, y en los restantes (n=7) la orientación de la misma era hacia arriba; además, en este último caso todos excepto uno se encontraron en los puntos C-D (Figura 13). Estas dos últimas disposiciones parecen ser más típicas de *D. neapolitana* que de *D. biscayensis*, aunque pueden aparecer en ambas especies (Wetthey et al., 2016).

Por último, cabe destacar que en la localidad de Miño estudiada pudieron encontrarse algunos tubos como los que se muestran en la Figura 16A. La presencia de un tubo más pequeño unido a otro de mayor tamaño, podría apoyar la hipótesis de que el aspecto de los tubos varía a lo largo del tiempo a medida que también lo hace el área en la que se encuentra. Así, las variaciones en la altura del sedimento, la acción de las corrientes o incluso la acción de los propios poliqueteiros a la hora de sacar los individuos de los tubos podrían dañar estas estructuras que luego los animales tendrían que reconstruir.

Arias & Paxton (2015) también documentaron la presencia de pequeños tubos adheridos a otros de mayor tamaño en *D. biscayensis*. Sin embargo, según estos autores, dichos tubos minúsculos corresponderían a los machos de la especie, pues al igual que otras especies del género, *D. biscayensis* es un hermafrodita protándrico. Como puede verse en la Figura 16B, la apariencia de estos tubos es muy diferente a la de los encontrados en el presente trabajo, por lo que en un principio se descarta el mismo origen.

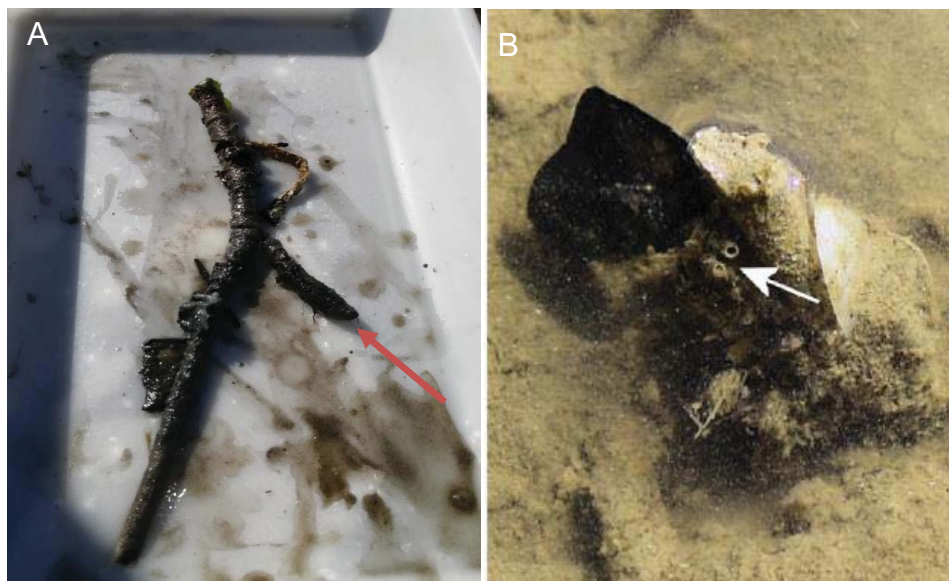


Figura 16. A) Tubo de poliqueto del género *Diopatra* procedente de la Playa da Ribeira, Miño; la flecha señala un segundo tubo más pequeño adherido al tubo principal. B) Tubos de machos pequeños adheridos a los de una hembra más grande en la especie *D. biscayensis*; imagen tomada de Arias & Paxton (2015).

- ¿Qué especie de *Diopatra* se encuentra en la Playa da Ribeira?

El empleo de caracteres morfológicos para la identificación de especies de anélidos puede ser una tarea extremadamente complicada o, en algunos casos, imposible (Rouse & Pleijel, 2001). Muchas de las primeras descripciones para estas especies son pobres y se han basado en caracteres diagnóstico que a día de hoy ya no son útiles (Elgetany et



al. 2020). Además, el hecho de que durante mucho tiempo se haya considerado que los invertebrados marinos presentan rangos de distribución cosmopolitas y una amplia variabilidad en sus caracteres morfológicos (Fauvel, 1953) supone otro obstáculo que aun a día de hoy causa problemas a la hora de diferenciar especies.

Dichos problemas se vieron aliviados con la entrada de los análisis genéticos en la taxonomía (Elgetany et al. 2020), donde muchas especies han pasado a ser reconocidas ahora como complejos de especies crípticas (Bickford et al. 2007; Nygren, 2014). En el caso concreto de *Diopatra*, se han llevado a cabo algunos estudios moleculares para comprender mejor sus diferencias genéticas y su filogenia (ej. Arias, Paxton & Budaeva, 2016), aunque dichos estudios no son abundantes. Estos mismos autores sostienen que, si bien es cierto que las especies de este género son muy similares entre sí y difíciles de identificar, los miembros del complejo *D. neapolitana* presentan una serie de trazos morfológicos que, examinados con detenimiento, pueden ser empleados perfectamente como caracteres diagnóstico. Entre estos trazos morfológicos se encuentran los utilizados en este trabajo, el número de ceratóforos y el número de lóbulos posquetales, y también otros como el número de setígeros, el setígero en el que empiezan las branquias o el número de setígeros con cirros ventrales (Arias, Paxton & Budaeva, 2016).

A pesar de que estudios como los de Wethey et al. (2016) o Arias & Paxton (2017) sostienen que el aspecto externo de los tubos es un método viable para la discriminación de algunas especies, ninguno de estos trabajos ha tenido en cuenta la posible influencia de la dinámica de la playa en la morfología y composición de los mismos. Debido a esto y a la falta de estudios genéticos que digan lo contrario, con los datos recopilados en el presente trabajo únicamente es posible concluir que en la Playa da Ribeira solamente se encuentra la especie *Diopatra neapolitana*, tal y como se había pensado hasta ahora.

## 6. Conclusiones

Los caracteres diagnóstico más frecuentemente utilizados con el objetivo de discriminar especies dentro del género *Diopatra* (número de lóbulos posquetales y número de ceratóforos) indican que en la Playa da Ribeira (Miño, A Coruña), a pesar de la variabilidad observada en el aspecto general de los tubos, la única especie presente es *Diopatra neapolitana*.

Los caracteres biométricos investigados muestran resultados contradictorios y, mientras que algunos de ellos apuntan la existencia de diferencias entre los dos grupos definidos *a priori*, otros no permiten alcanzar dicha conclusión.

Aunque algunos autores han propuesto recientemente que las especies crípticas *Diopatra neapolitana* y *Diopatra biscayensis* pueden diferenciarse atendiendo al grado de ornamentación de los tubos, su elevación sobre el sustrato, o la orientación de la apertura, nuestro trabajo sugiere que dichas características exhiben una considerable variabilidad temporal en relación con el dinamismo de la zona en la que se encuentran.

## 7. Conclusions

The diagnostic characters most frequently used in order to discriminate species within the *Diopatra* genus (number of postchaetal lobes and number of ceratophores) indicate that in Playa da Ribeira (Miño, A Coruña), despite the variability observed in the general appearance of the tubes, the only species present is *Diopatra neapolitana*.

The biometric characters investigated show contradictory results and, while some of them point to the existence of differences between the two groups defined *a priori*, others do not allow to conclude this.

Although some authors have recently proposed that the cryptic species *Diopatra neapolitana* and *Diopatra biscayensis* can be differentiated according to the degree of ornamentation of the tubes, their elevation above the substrate, or the orientation of the opening, our work suggests that these characteristics exhibit considerable temporal variability in relation to the dynamism of the area in which they are located.

## 8. Bibliografía

- Ahrens, J. B., Borda, E., Barroso, R., Paiva, P. C., Campbell, A. M., Wolf, A., Nugues, M. M., Rouse, G. W. & Schulze, A. (2013). The curious case of *Hermodice carunculata* (Annelida: Amphinomidae): evidence for genetic homogeneity throughout the Atlantic Ocean and adjacent basins. *Molecular Ecology* 22 (8): 2280-2291
- Arias, A. & Paxton, H. (2015). The cryptogenic bait worm *Diopatra biscayensis* Fauchald et al., 2012 (Annelida: Onuphidae) – revisiting its history, biology and ecology. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 163: 22-36
- Arias, A. & Paxton, H. (2017). Unveiling a surprising diversity of the genus *Diopatra* Audouin & Milne Edwards, 1833 (Annelida: Onuphidae) in the Macaronesian region (eastern North Atlantic) with the description of four new species. *Zootaxa* 4300 (4): 505–535
- Arias, A., Paxton, H. & Budaeva, N. (2016). Redescription and biology of *Diopatra neapolitana* (Annelida: Onuphidae), a protandric hermaphrodite with external spermaducal papillae. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 174: 1-17
- Berke, S.K., Mahon, A.R., Lima, F.P., Halanych, K.M., Wetthey, D.S. & Woodin, S.A. (2010). Range shifts and species diversity in marine ecosystem engineers: patterns and predictions for European sedimentary habitats. *Global Ecology Biogeography* 19 (2): 223-232
- Berke, S.K. & Woodin, S. A. (2008). Tube decoration may not be cryptic for *Diopatra cuprea* (Polychaeta: Onuphidae). *Biological Bulletin* 214 (1): 50-56
- Bickford, D., Lohman, D. J., Sodhi, N. S., Ng, P. K. L., Meier, R., Winker, K., Ingram, K. K. & Das, I. (2007). Cryptic species as a window on diversity and conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 22 (3): 148-155
- Borda, E., Kudenov, J. D., Chevaldonne, P., Blake, J. A., Desbruyeres, D., Fabri, M.C., Hourdez, S., Pleijel, F., Shank, T. M., Wilson, N. G., Schulze, A. & Rouse, G. W. (2013).



- Cryptic species of Archinome (Annelida: Amphinomida) from vents and seeps  
 Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 280, 20131876
- Brenchley, G. A. (1976). Predator detection and avoidance: ornamentation of tube-caps of *Diopatra* spp. (Polychaeta: Onuphidae). *Marine Biology* 38: 179–188
- Brenchley, G. A., & J. G. Tidball. (1980). Tube-cap orientations of *Diopatra cuprea* (Bosc) (Polychaeta): the compromise between physiology and foraging. *Marine Behaviour and Physiology* 7 (1): 1–13
- Chen, C. A., Chen, C. P., Fan, T. Y., Yu, J. K. & Hsieh, H. L. (2002). Nucleotide sequences of ribosomal internal transcribed spacers and their utility in distinguishing closely related *Perinereis* polychaets (Annelida; Polychaeta; Nereididae). *Marine Biotechnology* 4:17-29
- Christie, G. (1985). A comparative study of the reproductive cycles of three Northumberland populations of *Chaetozone setosa* (Polychaeta: Cirratulidae) *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 65 (1): 239-254
- Dagli, E., Ergen, Z., Çinar, M.E. (2005). One-year observation on the population structure of *Diopatra neapolitana* Delle Chiaje (Polychaeta, Onuphidae) in Izmir Bay (Aegean Sea, eastern Mediterranean). *Marine Ecology* 26 (3): 265-272
- Davis A.R., Roberts D. & Ayre D.J. (1999). Conservation of sessile marine invertebrates: you do not know what you have got until it is gone. In Ponder W. and Lunney D. (eds) *The other 99%: the conservation and biodiversity of invertebrates*. Mosman: Royal Zoological Society of New South Wales, 325–329
- Elgetany, A.H., van Rensburg, H., Hektoen, M., Matthee, C., Budaeva, N., Simon, C.A. & Struck, T.H., (2020). Species delineation in the speciation grey zone—The case of *Diopatra* (Annelida, Onuphidae). *Zoologica Scripta* 49(4): 516–534
- Fauchald, K., Berke, S.K. & Woodin, S.A., (2012). *Diopatra* (Onuphidae: Polychaeta) from intertidal sediments in southwestern Europe. *Zootaxa* 3395(1): 47-58
- Fauvel, P. (1953). *The Fauna of India, including Pakistan, Ceylon, Burma and Malaya: Annelida Polychaeta*. The Indian Press 507
- Fox, J. (2017). *Using the R Commander: A Point-and-Click Interface for R*. Chapman and Hall/CRC Press, Boca Raton, FL.
- Gambi, M.C., Castelli, A., Giangrande, A., Lanera, P., Prevedelli, D. & Zunarelli- Vandini, R. (1994). Polychaetes of commercial and applied interest in Italy: an overview. *Mémoires du Museum National d'Histoire Naturelle* 162: 593-602
- Grassle, J.P. & Grassle, J.F. (1976). Sibling species in the marine pollution indicator *Capitella* (Polychaeta). *Science* 192(4239): 567-69
- Hartman, O. (1968). *Atlas of the Errantiate Polychaetous Annelids from California*. Allan Hancock Foundation, University of Southern California, Los Angeles, CA.
- Hoagland, K. E. & Robertsson, R. (1988). An assessment of poecilogony in marine invertebrates: phenomenon or fantasy? *Biological Bulletin* 174(2): 109-125

- Jones, C., Lawton, J. & Shachak, M. (1994). Organisms as ecosystem engineers. Ecosystem Management Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4018-1\\_14](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4018-1_14)
- Knowlton, N., Weil, E., Weigt, L.A. & Guzman, H.M. (1992). Sibling species in *Montastraea annularis*, coral bleaching, and the coral climate record. *Science* 255(5042): 330-33
- Knowlton, N. & Jackson, J.B.C. (1993). In-breeding and outbreeding in marine invertebrates. In *The Natural History of Inbreeding and Outbreeding*, ed. NW Thornhill, 200-49. Chicago: Univ. Chicago Press
- Knowlton, N. (1993). Sibling species in the sea. *The Annual Review of Ecology and Systematics* 24: 189-216
- Lavery, S. & Shaklee, J.B. (1991). Genetic evidence for separation of two sharks, *Carcharhinus limbatus* and *C. tilstoni*, from northern Australia. *Marine Biology* 108: 1-4
- Lobel, P.B., Belkhome, S.P., Jackson & S.E., Longerich, H.P. (1990). Recent taxonomic discoveries concerning the mussel *Mytilus*: implications for biomonitoring. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 19: 508-12
- Lo Bianco, S. (1899). Notizie biologiche riguardanti specialmente il periodo di maturita sessuale degli animali del Golfo di Napoli. *Mittheilungen aus der Zoologischen Station zu Neapel* 13: 448-573
- Mangum, C. P., S. L. Santos, & W. R. Rhodes, Jr. (1968). Distribution and feeding in the onuphid polychaete, *Diopatra cuprea* (Bosc). *Marine Biology* 2: 33–40
- Mahon, A. R., Mahon, H. K., Dauer, D. M. & Halanych, K. M. (2009). Discrete genetic boundaries of three *Streblospio* (Spionidae, Annelida) species and the status of *S. shrubsolii*. *Marine Biology Research* 5(2): 172-178
- Masuda, Y., Takeoka, S., Tabeta, O. & Dotsu, Y. (1987). Genetic differences between two newly described swell- fishes of the genus *Lagocephalus* from southern Kyushu, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi* 53: 767-72
- Mayr, E. & Ashlock, P.D. (1991). Principles of Systematic Zoology. New York: McGraw-Hill. 2nd ed.
- Mayr, E. (1948). The bearing of the new systematics on genetical problems. The nature of species. *Advances in Genetics Incorporating Molecular Genetic Medicine* 2: 205-37
- Meyer, A., Bleidorn, C., Rouse, G. W. & Hausen, H. (2008). Morphological and molecular data suggest a cosmopolitan distribution of the polychaete *Proscloporos cygnochaetus* Day, 1954 (Annelida, Orbiniidae). *Marine Biology* 153: 879-889
- Nygren, A. (2014). Cryptic polychaete diversity: A review. *Zoologica Scripta* 43(2): 172-183
- Nygren, A. & Pleijel, F. (2011). From one to ten in a single stroke—resolving the European *Eumida sanguinea* (Phyllodocidae, Annelida) species complex. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 58(1): 132-141
- Nygren, A., Pleijel, F. & Sundberg, P. (2005). Genetic relationships between *Nereimyra punctata* and *N. woodsholea* (Hesionidae, Polychaeta). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 43(4): 273–276

- Palumbi, S.R. & Metz, E.C. (1991). Strong reproductive isolation between closely related tropical sea urchins (genus *Echinometra*). *Molecular Biology and Evolution* 8(2): 227-39
- Pires, A., Paxton, H., Quintino, V. & Rodrigues, A. M. (2010). *Diopatra* (Annelida: Onuphidae) diversity in European waters with the description of *Diopatra micrura*, new species. *Zootaxa* 2395(1): 17–33
- Pleijel, F., Rouse, G. & Nygren, A. (2009). Five colour morphs and three new species of *Gyptis* (Hesionidae, Annelida) under a jetty in Edithburg, South Australia. *Zoologica Scripta* 38(1): 89-99
- R Core Team. (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria
- Richards, K. S. (1978). Epidermis and cuticle. *Physiology of Annelids*, P. J. Mill, ed. Academic Press, London. 33–61
- Rouse, G. W., & Pleijel, F. (2001). *Polychaetes*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Sáez, A. G. & Lozano, E. (2005). Body doubles. *Nature* 433: 111
- Schulze, A. (2006). Phylogeny and genetic diversity of Palolo worms (Palola, Eunicidae) from the tropical North Pacific and the Caribbean. *Biological Bulletin* 210(1): 25-37
- Smith, P.J. & Robertson, D.A. (1981). Genetic evidence for two species of sprat (*Sprattus*) in New Zealand waters. *Marine Biology* 62: 227-33
- Westheide, W., Haß-Cordes, E., Krabusch, M. & Müller, M. C. M. (2003). *Ctenodrilus serratus* (Polychaeta: Ctenodrilidae) is a truly amphi-Atlantic meiofauna species-evidence from molecular data. *Marine Biology* 142: 637-642
- Wetthey, D. S., Woodin, S. A., Berke, S. K. & Dubois, S. F. (2016). Climate hindcasts: Exploring the disjunct distribution of *Diopatra biscayensis*. *Invertebrate Biology* 135(4): 345-356
- Woodin, S.A., Wetthey, D.S. & Dubois, S.F. (2014). Population structure and spread of the polychaete *Diopatra biscayensis* along the French Atlantic coast: human-assisted transport by-passes larval dispersal. *Marine Environmental Resources* 102: 110-121
- WoRMS Editorial Board (2021). WorldRegister of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2021-03-09. doi:10.14284/170



## Anexo 1

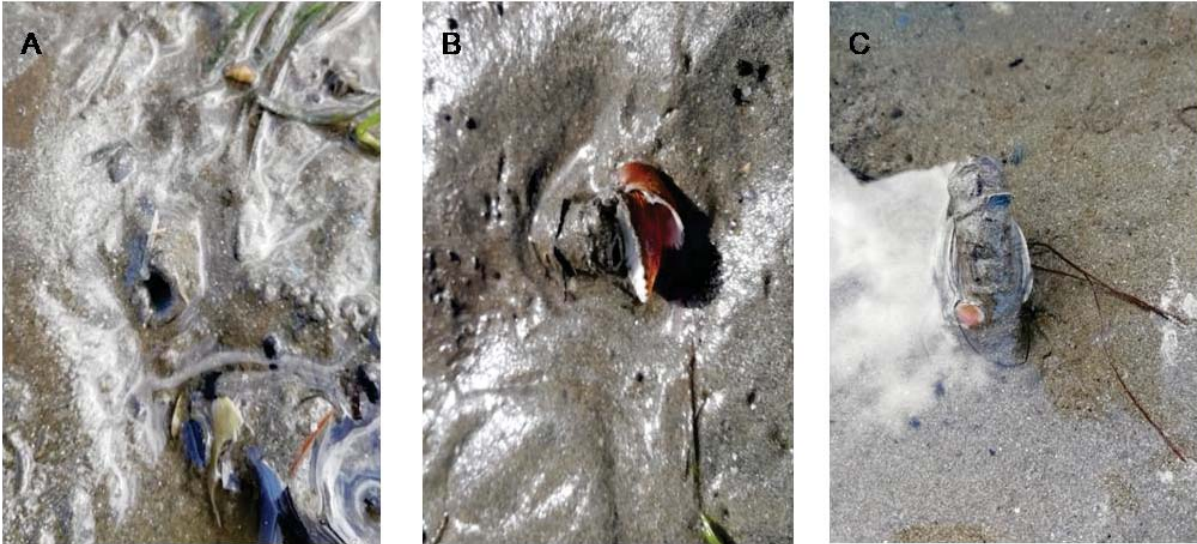


Figura A. Ejemplos de las tres categorías contempladas para el carácter altura sobre el sustrato; A) a ras de suelo, B) menor que el diámetro del tubo, C) mayor que el diámetro del tubo.

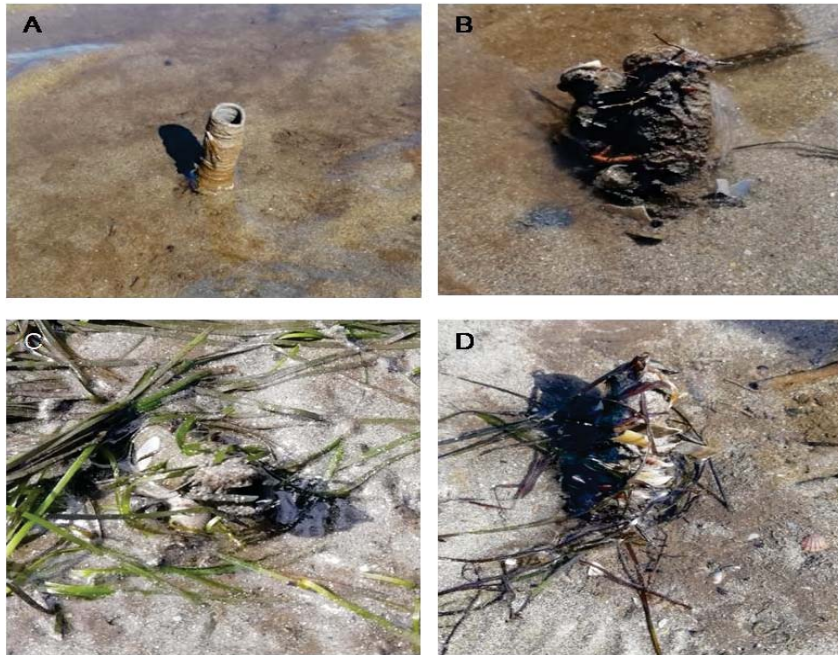


Figura B. Ejemplos de las cuatro categorías contempladas para el carácter grado de decoración; A) ninguno, B) bajo, C) medio, y d) alto.

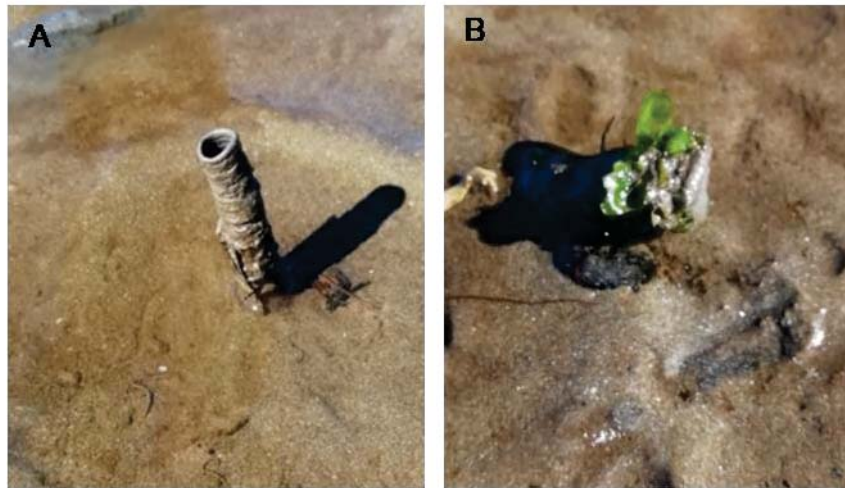


Figura C. Ejemplos de las categorías encontradas en el campo para el carácter orientación sobre el sustrato: A) hacia arriba, y B) lateral.