



Sección de Biología  
Universidad de La Laguna

Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal

**Distribución y potencial invasor de macroalgas  
introducidas en el Archipiélago Canario:  
*Womersleyella setacea* (Rhodophyta).**

**Distribution and invasive potential of alien  
macroalgae in the Canary Islands:  
*Womersleyella setacea* (Rhodophyta).**

Ana Belén Martínez Santaella

Grado en Biología

Junio 2022

Tutorizado por:

Carlos Alberto Sangil Hernández

Nereida M Rancel Rodríguez

Grado en Biología

2022

## Índice.

1.Resumen. ....	3
2.Introducción. ....	4
3.Objetivos. ....	10
4.Material y Métodos. ....	10
4.1 Estudio del hábito de <i>Womersleyella setacea</i> . ....	10
4.2 Búsqueda bibliográfica. ....	11
4.3 Distribución en Canarias.....	11
5.Resultados. ....	14
5.1 Estudio de la morfología de <i>Womersleyella setacea</i> . ....	14
5.2 Distribución en Canarias.....	16
6.Discusión. ....	17
7.Conclusiones.....	19
8.Bibliografía.....	22

## 1. Resumen.

*Womersleyella setacea* es un alga roja perteneciente a la familia *Rhodomelaceae*; originaria de las Islas Hawaii. En aguas mediterráneas, se considera una especie invasora debido a su rápido crecimiento formando densas poblaciones. Se ha citado para las Islas Baleares, donde sus poblaciones han crecido de manera alarmante, y actualmente se encuentra en expansión en las costas catalanas, así como las costas de Italia, Francia, Grecia, Malta y el Mar Adriático. En todas las comunidades receptoras esta especie invasora afecta negativamente a la diversidad taxonómica y funcional del hábitat, compitiendo con otras especies de macroalgas marinas. Teniendo en cuenta que esta especie se citó para las islas Canarias en 1986, en este trabajo de fin de grado se ha realizado una revisión bibliográfica para conocer su distribución y su abundancia, con el fin de conocer la posible evolución de sus poblaciones en el Archipiélago y prever sus posibles consecuencias en los ecosistemas marinos de Canarias. Con los datos obtenidos se puede determinar que no se encuentra extendida de manera alarmante, aunque no se descarta que pueda estarlo en un futuro.

**Palabras clave:** invasión, Islas Canarias, mar Mediterráneo, no nativas, *Polysiphonia setacea*.

## Abstract.

*Womersleyella setacea* is a red alga belonging to the *Rhodomelaceae* family; native to the Hawaiian Islands. In the Mediterranean sea, it is now considered as an alien species due to its rapid growth, forming dense populations. It has been reported for the Balearic Islands, where its populations have grown dramatically, and it is currently in expansion on the Catalanian shores, as well as the coasts of Italy, France, Greece, Malta, and the Adriatic Sea. In all the host communities this invasive species adversely impacts the taxonomic and functional diversity of the habitat, out-competing with other marine macroalgae species. Since this species was cited for the Canary Islands in 1986, in this final degree thesis a bibliographic revision has been carried out to determine its distribution and abundance, in order to know the potential evolution of its populations in the archipelago, and anticipate its impact on the marine ecosystems of the Canary Islands. Based on the collected data, it is possible to confirm that it is not widespread in an alarming way, though it is not discarded that it might be in the foreseeable

**Keywords:** invasion, Canary Island, Mediterranean Sea, non-native, *Polysiphonia setacea*.

## 2. Introducción.

La introducción de especies no nativas es una de las mayores amenazas ambientales y económicas de las últimas décadas a nivel global. Numerosas actividades relacionadas con el aumento del desarrollo urbano costero son las principales desencadenantes de este aumento de especies invasoras en los ecosistemas marinos (Castro *et al.*, 2022). Las *invasiones biológicas*, considerando la llegada, establecimiento y difusión de las nuevas especies, en las comunidades marinas se producen a través de procesos como las vías de introducción y el potencial de las zonas de distribución. El crecimiento poblacional en el área de distribución consiste en la dispersión por mecanismos naturales en una región donde la especie no existía anteriormente. Sin embargo, las vías de introducción residen en el transporte mediado por la actividad humana a áreas en las que la especie no existía con anterioridad (Carlton, 1987). Por lo tanto, como consecuencia de ambos procesos desencadenan la llegada y el posible asentamiento de especies no nativas (Carlton, 1987).

Una de las especies que presenta un potencial carácter invasor en la actualidad es *Womersleyella setacea* (Hollenberg) R.E. Norris, (*Rhodomelaceae*, *Floridophyceae*). Descrita por primera vez en Oahu (Islas Hawaii) por Hollenberg en 1968 como *Polysiphonia setacea*, y para distintas localidades del Pacífico e Indico con posterioridad (Womersley, 1979), considerando ambos océanos sus áreas nativas de distribución. Sus áreas de distribución han ido aumentando con el paso del tiempo y el aumento de trabajos científicos sobre esta especie; citada para Costa Rica y El Salvador (Hollenberg, 1968), Bermudas (Oliveira-Filho & Cordeiro-Marino, 1970), Islas Johnston, Islas de la Sociedad, Samoa Americana, Islas Fiji, Islas Marshall, Islas Carolinas, Filipinas e Indonesia (Hollenberg, 1968), Tailandia (Egerod, 1971) y Colombia (Schnetter & Bula-Meyer, 1982). En el Océano Atlántico y el mar Mediterráneo (Fig 1) se considera a *W. setacea* una especie no nativa (Nikolic *et al.*, 2010). Se desconoce con certeza su procedencia en las costas españolas, o sus posibles vías de entrada, aunque se sospecha de una expansión causada por el tráfico marítimo. Desde la primera referencia de esta especie (Verlaque, 1989) en las costas francesas, la especie se ha expandido rápidamente por el resto del Mediterráneo (Airoldi *et al.*, 1995, Athanasiadis, 1997, Ballesteros *et al.*, 1997, Furnari *et al.*, 1999). Es una especie en activo y agresivo proceso de invasión en las costas españolas mediterráneas. En menos de quince años esta especie ha colonizado la mayoría de los fondos rocosos de Baleares situados por debajo de 10-15 m de

profundidad y hasta los 60 m aproximadamente, por todo lo expuesto esta especie ha sido incluida dentro del Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras (Real Decreto 630/2013, 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras, ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, BOE-A-2013-8565). Sobre su distribución en el mar Mediterráneo, como se ha mencionado con anterioridad, *W. setacea* se citó en 1986 por primera vez en Italia (Benedetti-Cecchi & Cinelli, 1989) y en la costa de Francia en 1987 (Verlaque, 1989). Más tarde, se extendió por toda la costa mediterránea, desde Grecia hasta España. (Airoldi *et al.*, 1995; Athanasiadis, 1997; Ballesteros *et al.*, 1997; Gómez Garreta *et al.*, 2001; Piazzzi & Cinelli, 2001). En el mar Adriático al norte de la isla Cres, se encontró en 1997 compartiendo hábitat con otra especie invasora *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh, observando que *W. setacea* presenta un carácter invasor en hábitats más profundos, por el contrario *C. racemosa* lo presenta en hábitats más someros (Piazzzi & Balata, 2009). Entre 2005 y 2009 se registraron un total de 50 zonas invadidas por *W. setacea* en el mar Adriático (48 en Croacia, 1 en Montenegro y 1 en Italia), distribuyéndose entre 7 - 72 m. de profundidad. A estas profundidades se observó que los céspedes más extensos se encontraban entre los 15-40 m., creciendo tanto sobre fondos rocosos como arenosos, incluso como epífita sobre otras macroalgas como por ejemplo *Posidonia oceánica* (L.) Delile.



**Fig 1:** Mapa de distribución mundial de *W. setacea*; en verde se han señalado las áreas de distribución natural y en rojo las áreas invadidas. Datos obtenidos en la base de datos AlgaeBase (Guiry & Guiry, 2022).

En cuanto a la situación de *W. setacea* en España, se citó por primera vez en las islas Canarias en el año 1983. Fue encontrada en la playa de Las Canteras en la isla de Gran Canaria (Rojas-González & Afonso-Carrillo, 2000). Una década más tarde, en 1994 se pudo observar en el Mediterráneo por primera vez. Fue en las islas Baleares, concretamente en Menorca (Ballesteros *et al.*, 1997; Gómez Garreta *et al.*, 2001). En la actualidad, se encuentra muy extendida en el archipiélago Balear (creciendo entre los 15-60 m de profundidad) y en alarmante expansión en la costa catalana (Weitzmann *et al.*, 2009). Fabio Rindi y colaboradores, iniciaron una serie de investigaciones en las que se ponía en duda las afirmaciones que realizó Verlaque en 1994, sobre la creencia de que *W.setacea* fuera una introducción reciente en el Mar Mediterráneo, tanto por su abundancia, y capacidad de expansión en hábitats submareales de profundidad, como por su parecido con otras especies mediterráneas como *Lophosiphonia scopulorum* (Harvey), lo que sin duda llevó a errores de identificación taxonómica según los autores. De esta manera se contempla la idea de que esta macroalga creciera en el Mediterráneo antes de que se citara por primera vez en 1989 (Rindi *et al.*, 1999).

Esta especie de alga roja se asienta principalmente sobre fondos coralígenos y otros tipos de fondos rocosos, dominados por algas esciáfilas y hemiesciáfilas; aunque menos abundante, también se puede localizar en praderas de *Posidonia oceánica*, asentada sobre sus rizomas (Ballesteros, 2006; Cebrián *et al.*, 2012), siempre constituyendo agregados compactos y persistentes (Ballesteros, 2004). Está favorecida en aquellas zonas con perturbaciones relacionadas con el movimiento y deposición de sedimentos (Airoldi *et al.*, 1996; Airoldi & Cinelli, 1997; Airoldi, 1998; Airoldi & Virgilio, 1998; Piazzzi & Cinelli, 2001). Se puede localizar mezclada con *Acrothamnion preissii*, otra alga roja que invade las aguas mediterráneas. En la franja sublitoral, forma filamentos delgados e individuales que se arrastran entre otras especies de algas.

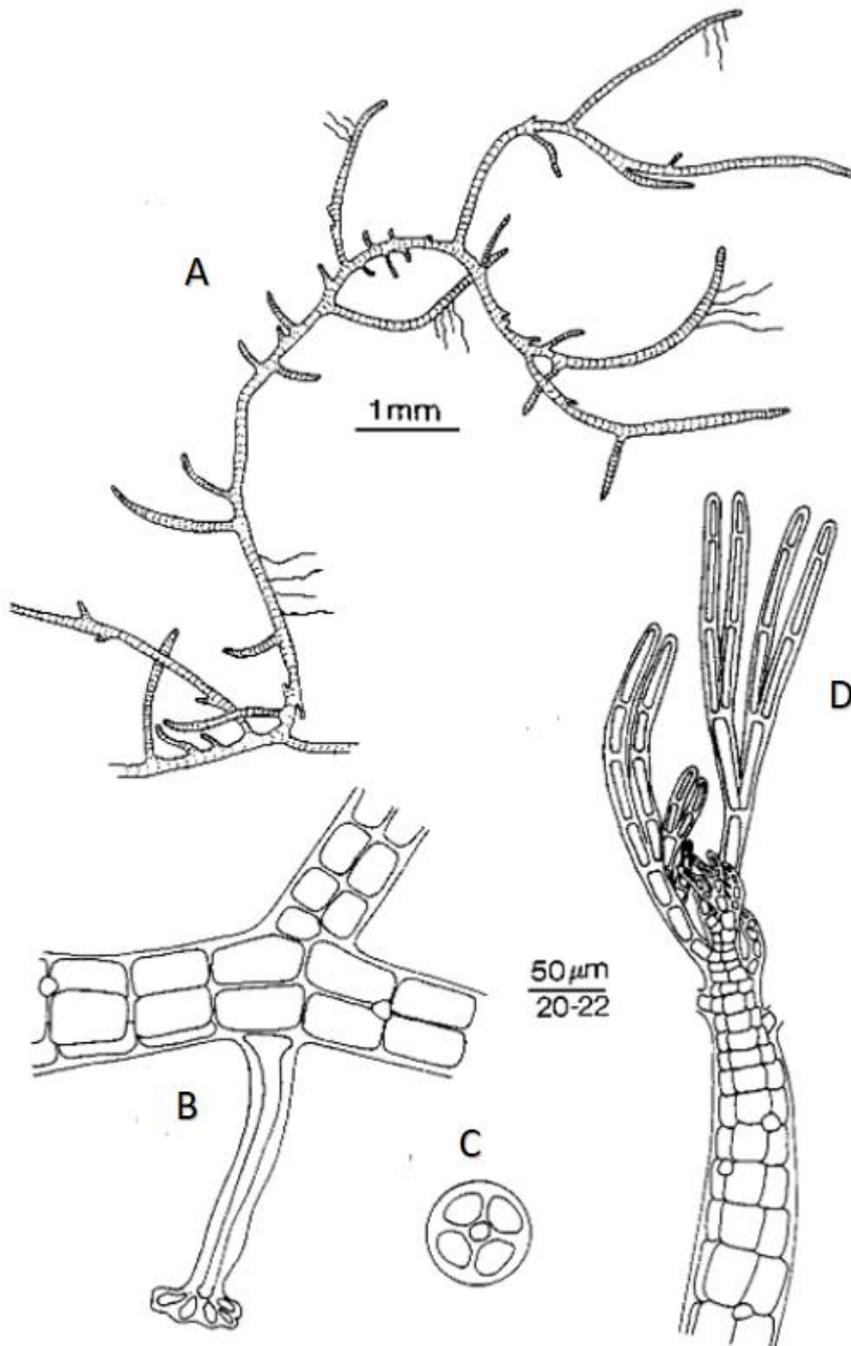
La especie fue inicialmente incluida dentro del género *Polysiphonia*, más tarde transferida al género *Womersleyella*. En 1992, Norris observó en esta especie presenta 4 células pericentrales, algo que no pasa en el género *Polysiphonia*, donde es habitual encontrar entre 5-13. Observó que las especies del primer género no tienen tricoblastos caducos en el sistema postrado. Sin embargo, incidió en la delicadeza de esta observación dado el hábito decumbente de algunas especies de *Polysiphonia* en las que las ramas erectas, tras convertirse en decumbentes pueden parecer postradas. Los rizoides de la

mayoría de las especies de *Polysiphonia* permanecen unicelulares en las puntas distales expandidas, mientras que son multicelulares en al menos algunas especies de *Womersleyella*. Norris concluyó que los primordios multicelulares con origen en las células derivadas de tricoblastos caducos suelen estar presentes en *Womersleyella*, considerando ambos géneros sinónimos y por esto *Womersleyella* puede considerarse como un sinónimo heterotípico de *Polysiphonia*. Por ello propuso adjudicar la especie *Polysiphonia setacea* al género *Womersleyella*, considerando que las especies de *Polysiphonia* que tienen sistemas postrados con ramas cortas ramas verticales pueden confundirse con el género *Womersleyella*. Otros autores, también consideraron que los rasgos morfológicos que caracterizan al género *Womersleyella* no son lo suficientemente estables como para acreditar su separación como género, por lo que *Womersleyella* puede considerarse como un sinónimo heterotípico de *Polysiphonia* (Abbott & Millar, 1999).

En cuanto a su morfología la diferencia más notable observada entre los ejemplares mediterráneos y tropicales es que en los primeros, los tricoblastos están muy desarrollados, alcanzando dimensiones de hasta 900  $\mu\text{m}$  de largo, con 3 o 4 dicotomías, mientras que en los tropicales rara vez están presentes, y si lo están cuentan con 2 o 3 dicotomías y un tamaño que no llega a superar los 300  $\mu\text{m}$  de longitud. Cabe mencionar también que las especies tropicales tienen límites térmicos superiores para el crecimiento y la reproducción bastante más altos que las mediterráneas. Apoyándose en este dato, Breeman en 1988 sugirió que las poblaciones mediterráneas perteneciesen a otro taxón distinto de las tropicales, insinuando la posibilidad de la aparición de ecotipos térmicos. Algo curioso en cuanto a su fenología reproductiva es que únicamente en los ejemplares registrados en el Océano Pacífico se han encontrado tetrasporangios dispuestos en espiral en las zonas terminales de las ramas erectas, siendo las únicas estructuras reproductivas observadas para esta especie hasta la fecha, presentando un ciclo de vida trifásico con gametofitos y esporofitos isomorfos (Schnetter & Bula-Meyer, 1982). El resto de muestras que se han recolectado no se han considerado fértiles, debido a la ausencia de cualquier tipo de estructura reproductora (Rindi & Cinelli, 1995). Dicho esto, resulta curioso que, aun reproduciéndose principalmente de forma vegetativa, presente la capacidad de formar céspedes de gran densidad sobre rocas en charcos del intermareal, e incluso cubriendo completamente los sustratos rocosos profundos y sublitorales (Airoldi, 1995; Athanasadis, 1997). También se han encontrado ejemplares de *W. setacea*

compartiendo hábitat con otras algas en zonas de grandes acumulaciones de arena o en sustratos artificiales (Rojas-González, 2000).

Las plantas examinadas en distintos estudios de las islas Canarias (Fig 2 A-D) poseen las características mostradas en descripciones previas en otras regiones. Presentan talos con dimensiones comprendidas entre los 50-100  $\mu\text{m}$  de diámetro constituidos por ejes postrados que a su vez dan lugar a ejes erectos pocos ramificados sin una disposición particular (Rodríguez-Prieto *et al.*, 2013). Presentan coloración principalmente rojiza, aunque a veces puede acercarse a un tono más pardo (Rojas-González & Afonso-Carrillo, 2000). Se caracteriza por la presencia de 4 células periaxiales que rodean a una célula axial de menor tamaño de diámetro (Fig 2, C), tricoblastos rápidamente caducos en disposición de espiral (uno en cada segmento), dejando al caer una célula cicatriz, que pueden ser reemplazados por ramas en algunos intervalos irregulares de segmentos. (Verlaque, 1989). Se fija al sustrato a través de rizoides unicelulares separados por un tabique que finalizan en un disco pluricelular, originados a partir de las células periaxiales de los ejes postrados y erectos (Fig 2, A-D).



**Fig 2:** *Womersleyella setacea* (Hollenberg) R. E. Norris. Tomada de Rojas-González y Afonso-Carrillo 2000. Manteniendo la numeración original: **A:** Hábito general de la planta, en donde se pueden distinguir los caracteres morfológicos que la identifican. **B:** Eje postrado con un rizoides cortado de la célula periaxial terminada en un discoide multicelular retenido. **C:** Sección transversal del eje mostrando cuatro células periaxiales rodeando la célula axial central. **D:** Ápice de un eje erecto.

### 3.Objetivos.

Los objetivos de este Trabajo de Fin de Grado son los siguientes:

1. Obtención de material fotográfico para facilitar la identificación de la especie a estudiar.
2. Analizar el estado actual de *Womersleyella setacea* en las Islas Canarias y su posible impacto en las comunidades bentónicas de este archipiélago.
3. A partir de los datos obtenidos, valorar si esta especie es invasora o no en Canarias, así como predecir su expansión en los próximos años.

### 4.Material y Métodos.

#### 4.1 Estudio del hábito de *Womersleyella setacea*.

Las características del hábito y los aspectos morfológicos de la especie seleccionada, se basan en el estudio de todos los pliegos, así como con muestras conservadas en medio líquido (formalina al 4% en agua de mar) de *Womersleyella setacea* depositadas en el Herbario de la Universidad de La Laguna<sup>1</sup> (TFC-Phyc; Herbario Tenerife Ciencias, Facultad de Ciencias, ULL). Se realizó una búsqueda bibliográfica del estudio de esta especie de alga roja en las islas Canarias; como tesis y tesis licenciatura (Rojas-González & Afonso-Carrillo, 2000; Sangil, 2003, Sangil, 2011). Teniendo en cuenta la antigüedad del material del herbario, y aun sirviéndonos de ayuda, para el estudio anatómico y la confirmación de la especie decidimos trabajar detalladamente con una muestra reciente depositada en el herbario TFC Phyc de la Universidad de La Laguna (N.º TFC Phyc 16306). Para la recolección y tratamiento de la muestra se siguió la metodología general del grupo de BotMar de la Universidad de la Laguna para el correcto estudio de macroalgas (Tsuda & Abbott, 1985; Afonso-Carrillo & Sansón, 1999). La muestra se recolectó el 26 de Abril del 2022 en la localidad de El Puertito de Adeje por el investigador y colaborador del grupo D. Álvarez Canali; al llegar al laboratorio se fijó en formalina al 4% en agua de mar. Se procedió al estudio el hábito general de la especie, con la ayuda de microscopio estereoscópico Leica EZ4 con sistema óptico Greenough

---

<sup>1</sup> : Listado de números de pliegos y muestras líquidas en el subapartado: Distribución en Canarias dentro del apartado 4 Material y Métodos.

(Leica Microsystems, Wetzlar, Alemania). Cuando fue necesario, se realizaron preparaciones microscópicas de visiones superficiales o secciones transversales (realizadas a mano alzada con una cuchilla de afeitar) de las estructuras vegetativas. Las observaciones microscópicas se realizaron en un microscopio Leica DM500 (Leica Microsystems, Wetzlar, Alemania). La identificación y la clasificación en tipos de hábitos se llevó a cabo siguiendo los criterios propuestos en Afonso-Carrillo & Sansón (1999). Se realizó un estudio biométrico de las estructuras vegetativas. Todas las dimensiones celulares fueron obtenidas a partir de 10 mediciones, recogiendo en la descripción la media de cada una de ellas. Las fotografías se obtuvieron con una cámara fotográfica (Sistema de cámara dual de 12 Mpx Iphone 11 con gran angular y ultra gran angular) acoplada a un microscopio Leica DM500.

## 4.2 Búsqueda bibliográfica.

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica, consultado, clasificando y analizando de manera sistemática artículos relacionados con la especie de estudio y su potencial carácter invasor. Se recopiló toda la información actualmente disponible de *W. setacea* referida tanto a su morfología vegetativa y reproductora como a su distribución mundial. Estos datos se extrajeron de numerosos artículos y documentos publicados en sitios web como Scopus o Google Scholar mediante el uso de las siguientes palabras clave: *Womersleyella setacea*, *Polysiphonia setacea*, invasión, impacto, macroalgas, no nativa, mar Mediterráneo, Islas Canarias; así como a través de la base de datos Algaebase (Guiry & Guiry, 2022).

## 4.3 Distribución en Canarias.

Para poder conocer la distribución de la especie en las islas Canarias, se utilizaron los recursos ya citados en este mismo apartado (pliegos y muestras líquidas del Herbario TFC-ULL, tesis/tesinas depositadas en la Universidad de La Laguna; artículos científicos publicados y disponibles en las bases de datos). Los datos fueron introducidos en una tabla Excel, diseñada con las siguientes columnas: longitud, latitud, localidad, isla, año, origen del dato, N.º de pliego de Herbario TFC-ULL, fenología, hábitat, determinativo, referencia y comentarios. Se consideró si había sido citada como *Womersleyella setacea* o *Polysiphonia setacea*. Esta tabla se resumió y a partir de ella se realizó otra más específica con un menor número de columnas (Tabla 1).

Por último, se representó visualmente la distribución tanto mundial como en las Islas Canarias de la especie (Fig 1) donde se han señalado con un punto verde las zonas de distribución natural mundial de *W.setacea* y con un punto rojo aquellas zonas consideradas como invadidas alrededor del mundo. En el segundo mapa (Fig 4), se han marcado con un punto de color rojo 46 localidades donde la especie estudiada ha sido citada en el archipiélago Canario. A continuación, todo el material examinado para el estudio morfológico y la distribución de la especie, a excepción de los ejemplares de la Palma depositados en Herbario TFC-Phyc que no se pudieron examinar morfológicamente por situación de obras y mejoras en el mismo.

Material examinado: Las Canteras (09.02.1983, González, TFC Phyc 5376), Punta del Hidalgo (06.11.1990, Elejabeitia, TFC Phyc 7027), Punta del Hidalgo (27.03.91, Rojas *et* Ibeas, TFC Phyc 9201), Puerto de la Cruz (21.06.1991, Pinedo, TFC Phyc 5856), La Tejita (01.11.1991, Rojas *et* Ibeas, TFC Phyc 9206), La Restinga (22.11.1991, Rojas *et* Afonso, TFC Phyc 9206), Las Teresitas (14.02.1992, Rojas *et* Ibeas, TFC Phyc 9200), Puerto de la Cruz (19.02.1992, Rojas *et* Ibeas, TFC Phyc 9198), Punta del Hidalgo (21.02.1992, Rojas *et* Ibeas, TFC Phyc 9190), La Restinga (20.02.1992, Rojas *et* Afonso, TFC Phyc 9201), La Restinga (21.03.1992, Rojas *et* Afonso, TFC Phyc 9191), Mesa del Mar (05.05.1992, Rojas *et* Ibeas, TFC Phyc 9204), Valle Gran Rey (13.06.1992, Sansón *et* Reyes, TFC Phyc 9211), Arenas Blancas (16.06.1992, Rojas *et* Afonso, TFC Phyc 9208), Las teresitas (12.08.1992, Rojas *et* Ibeas, TFC Phyc 9197), La Restinga (13.11.1992, Rojas *et* Afonso, TFC Phyc 9210), Las Teresitas (29.11.1992, Rojas *et* Ibeas, TFC Phyc 9202), Mesa del Mar (10.03.1993, Rojas *et* Ibeas, TFC Phyc9203), Arenas Blancas (21.04.1993, Rojas *et* Afonso, TFC Phyc 9192), Orzola (08.05.1993, Rojas *et* Ibeas, TFC Phyc 9193), Las Caletas (03.07.1993, Rojas *et* Ibeas, TFC Phyc 9194), Fajana (05.07.1993, Rojas *et* Ibeas, TFC Phyc 9195), Las Teresitas (28.07.1993, Rojas *et* Ibeas, TFC Phyc 9196), Los Silos (04.09.1993, Martín, TFC Phyc 9209), Abades (20.08.1993, Rojas *et* Ibeas, TFC Phyc 9213), El Puertito de Adeje (26.04.2022, Álvarez, TFC Phyc 16306).

**Tabla 1:** Tabla de datos sobre la distribución de *W. setacea* en las islas Canarias.

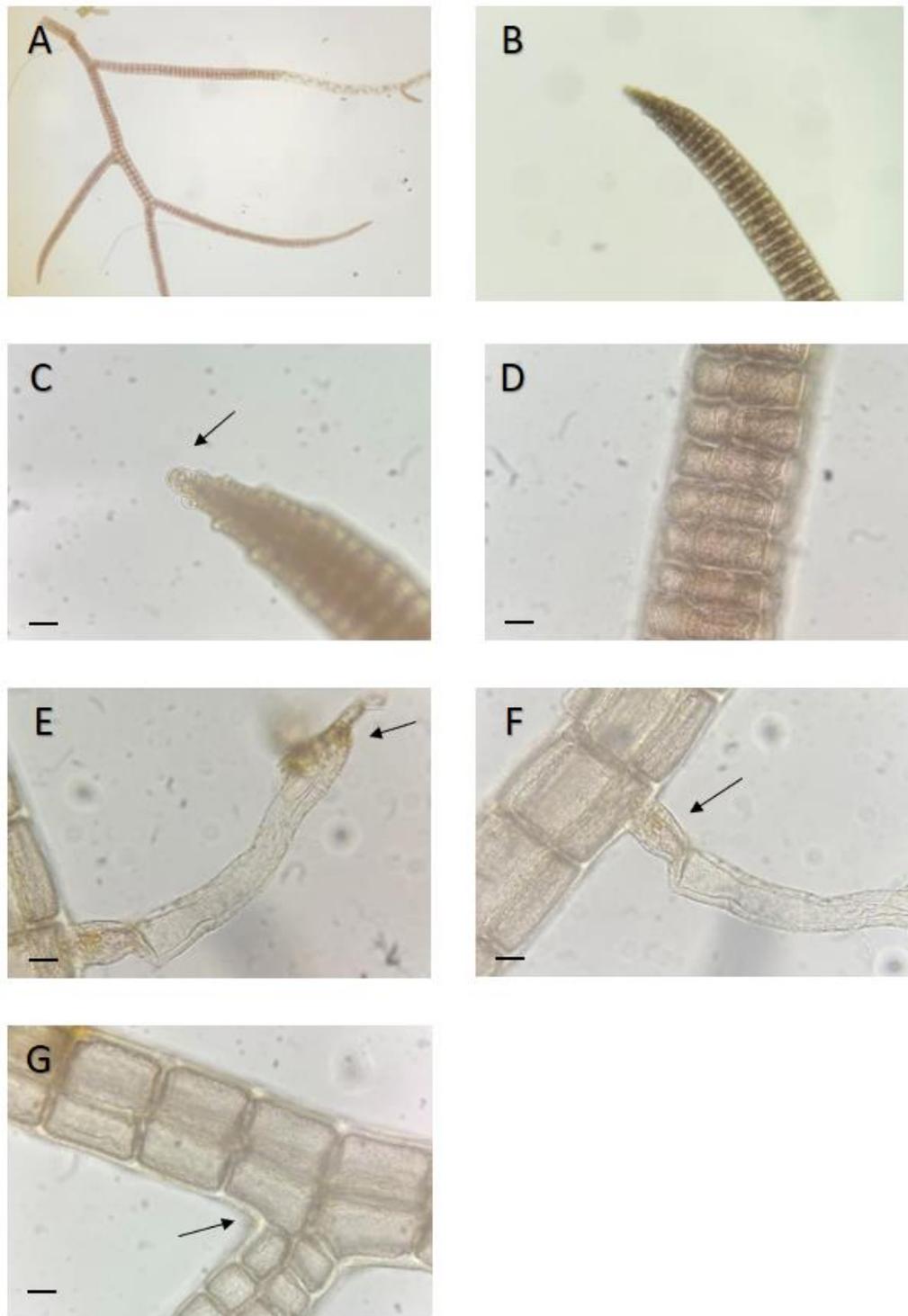
Localidad	Isla	Año	Nº Pliego del herbario
Las Canteras	Gran Canaria	1983	5376
Pta. del Hidalgo	Tenerife	1990	7027
Pta. del Hidalgo	Tenerife	1991	9207
Pto. de la Cruz	Tenerife	1991	5856
La Tejita	Tenerife	1991	9199
La Restinga	El Hierro	1991	9206
Las Teresitas	Tenerife	1992	9200
Pto. de la Cruz	Tenerife	1992	9198
Pta. del Hidalgo	Tenerife	1992	9190
La Restinga	El Hierro	1992	9201
La Restinga	El Hierro	1992	9191
Mesa del Mar	Tenerife	1992	9204
Valle Gran Rey	La Gomera	1992	9211
Arenas Blancas	El Hierro	1992	9208
Las Teresitas	Tenerife	1992	9197
La Restinga	El Hierro	1992	9210
Las Teresitas	Tenerife	1992	9202
Mesa del Mar	Tenerife	1993	9203
Arenas Blancas	El Hierro	1993	9192
Orzola	Lanzarote	1993	9193
Fuencaliente, Las Caletas	La Palma	1993	9194
Fajana	La Palma	1993	9195
Las Teresitas	Tenerife	1993	9196
Charco de la Araña, Los Silos	Tenerife	1993	9209
Abades	Tenerife	1993	9213
Talavera	La Palma	2002	11370
El Varadero	La Palma	2001	-
Puerto Trigo	La Palma	2001	-
Costa de Miranda	La Palma	2001	-
Los Cancajos	La Palma	2001	-

Las Maretas	La Palma	2001	-
Punta la Cangrejera	La Palma	2001	-
Playa del Río	La Palma	2001	-
El Puertito	La Palma	2001	-
Punta de Hoyas	La Palma	2001	-
Poris de Candelaria	La Palma	2001	-
Proís de Santo Domingo	La Palma	2001	-
La Fajana de Franceses	La Palma	2001	-
La Fajana	La Palma	2001	-
Punta Cumplida	La Palma	2001	-
Puerto Trigo	La Palma	2001	-
La Bahita	La Palma	2001	-
Playa del Pozo	La Palma	2001	-
Abades	Tenerife	2001	-
La Restinga	El Hierro	1992	9210
El Puertito de Adeje	Tenerife	2022	16306

## 5.Resultados.

### 5.1 Estudio de la morfología de *Womersleyella setacea*.

Se realizó un estudio detallado de la morfología de una muestra reciente de *W. setacea* TFC Phyc 16306 (Fig 3 A-F). Presenta hábito generalmente de color pardo-rojizo (Fig 3, A), presenta dimensiones de  $\bar{x}$ : 4,5 mm de ancho y 3,2 mm de alto aproximadamente, de los individuos. Constituida por ejes postrados sin células corticales (Fig 3, G) con ramificaciones de hasta 0,2 mm (Fig 3, B) de los que surgen otros ejes erectos con disposición aleatoria. Terminan en una célula apical de  $\bar{x}$ : 14,2  $\mu$ m aproximadamente (Fig 3, C). Presenta estructura pseudoparenquimatoso uniaxial, formada por 4 células periaxiales;  $\bar{x}$ : 40,2  $\mu$ m de ancho, dispuestas alrededor de una única célula axial de mayor tamaño (Fig 3, D). Se fijan al sustrato mediante rizoides septados de  $\bar{x}$ : 76,2  $\mu$ m (Fig 3, E). Terminan en un disco pluricelular (Fig 3, E) e inician su crecimiento a partir de una célula periaxial de  $\bar{x}$ : 10,2  $\mu$ m de ancho (Fig 3, F). Los individuos estudiados en este trabajo, no se encontraron en estadio reproductivo por lo que no se pudo estudiar.

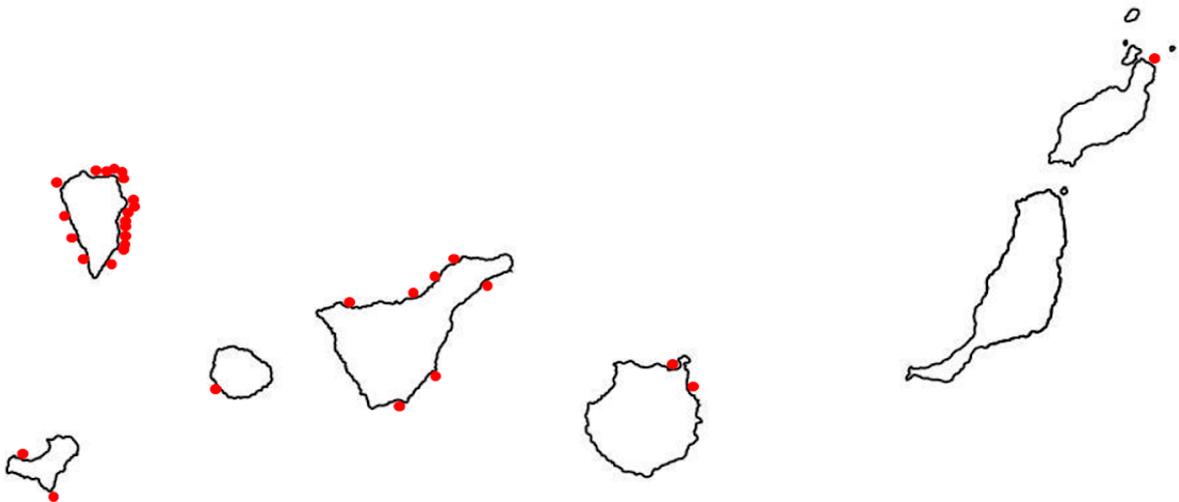


**Fig 3:** **A:** Aspecto general del hábito (lupa). **B:** Detalle de una ramificación lateral de un eje postrado (10X). **C:** Detalle de una célula apical de un eje ecorticado (40X). **D:** Detalle en sección transversal de un eje erecto en el cual se observa una célula axial rodeada en espiral por 4 células periaxiales de mayor tamaño (40X). **E:** Detalle de un rizoide septado que termina en un disco pluricelular (flecha). **F:** Detalle célula periaxial de un eje postrado a partir de la cual crece un rizoide (40X). **G:** Detalle de un eje postrado (40X). Escala de las imágenes 40X = 14,2  $\mu\text{m}$ . (Fotos: Nereida M Rancel-Rodríguez y Ana Belén Martínez Santaella)

## 5.2 Distribución en Canarias.

Actualmente, en las Islas Canarias se han podido registrar en este TFG un total de 46 citas para *W. setacea*, encontrándose en todas las islas del archipiélago con excepción de Fuerteventura y La Graciosa. De las 46 muestras totales, destacar que las islas con una única referencia son La Gomera, Gran Canaria y Lanzarote, seguidas por siete citas para El Hierro, siendo las más abundantes Tenerife con dieciséis, y La Palma con un número de veinte citas (Fig 4).

En Canarias, *W. setacea* se expande formando céspedes densos sobre rocas o epífita sobre numerosas algas en charcos del eulitoral, así como en el sublitoral propagándose hasta los 12m de profundidad. La especie se ha encontrado creciendo en charcos de marea, tanto en lugares protegidos como expuestos, mezclada con otras algas cespitosas como *Jania rubens*, *Dipterosiphonia rigens*, *Griffithsia opuntioides*, *Caulerpa webbiana* y *Anadyomene stellata*, o epífita sobre *Valonia utricularis*, *Lobophora schneideri*.



**Fig 4:** Mapa de distribución actual de *W. setacea* en las Islas Canarias (datos extraídos de referencias bibliográficas y muestras de Herbario TFC-Phyc ULL)

## 6. Discusión.

*Womersleyella setacea* presenta una serie de caracteres morfológicos que la definen y la diferencian de *Lophosiphonia* o *Polysiphonia*. Aun teniendo un sistema de ejes polisifónicos postrados del que crecen ramas verticales como en estos 2 géneros con los cuales se suele confundir, es posible diferenciarlos teniendo en cuenta que *Womersleyella setacea* exhibe: (i) sistema de ramificación postrado indeterminado, (ii) ausencia de tricoblastos emergentes en los ejes postrados y presencia de ramas polisifónicas que crecen de estos ejes de manera exógena retardada en un patrón en espiral conocidas como “primordios de rama”, (iii) rizoides multicelulares con el extremo apical táctil expandido (disco pluricelular; Fig 3, E), (iv) 4 células pericentrales (Fig 3, D), (v) células cicatriciales (tricoblastos caducos) en el sistema postrado. Como ya se ha mencionado anteriormente, presenta un crecimiento vegetativo rápido, lo que le confiere una capacidad de invasión bastante agresiva. Por ello, se expande rápidamente ganando territorio a numerosas especies que se reproducen por esporas las cuales no pueden competir con ella. Desde que se citó por primera vez en el Mediterráneo en el 1986, numerosos científicos han estudiado su expansión en el mismo territorio, incluso existiendo diferentes disyuntivas sobre sus vías de introducción y el impacto que su expansión puede tener sobre los ecosistemas, pero todas estas investigaciones tienen un punto en común: el alto potencial invasor que esta especie presenta en el mar Mediterráneo. Ahora bien, su expansión por las costas de las islas Canarias es un tema que necesita ser abordado, ¿podría considerarse esta especie invasora en el Archipiélago Canario, o por el contrario, su presencia no es lo suficientemente notable todavía?.

Para poder entender esta cuestión, habría que entender primero cuando se puede considerar una especie invasora. Teniendo en cuenta distintos autores, una especie introducida es considerada invasora cuando afecta negativamente al ámbito ecológico y/o económico de los ecosistemas receptores, es decir, una plaga. (Williamson & Fitter, 1996; Clout, 1998). Presentan un papel clave puesto que generan un fuerte impacto sobre las especies nativas, incluso pudiendo llegar a reemplazarlas. Estos autores afirmaron que, de media, una de cada diez especies importadas en un nuevo ecosistema aparece en la naturaleza (especies establecidas), una de cada diez de éstas se establece (especies introducidas) y una de cada diez especies introducidas se convierte en una plaga (especies invasoras). Desde principios de siglo, el número de especies introducidas en el Mediterráneo se ha visto casi duplicado (Ribera & Boudouresque, 1995); si esta dinámica

continúa pueden llegar a aumentar hasta en 80 especies durante los próximos 20 años. Aunque la ciencia hasta este momento no pueda predecir qué especies se convertirán en un futuro en introducidas y si se volverán invasoras o no, los estudios actuales apuntan a que de 5 a 10 de ellas serán invasoras (Ashton, 1989; Pieterse, 1990).

De momento en el archipiélago Canario no se ha observado una invasión masiva de *W. setacea* equiparable con la que está sucediendo en el Mediterráneo, únicamente su presencia en los charcos intermareales (Sangil *et al.*, 2010). Cabe destacar la ausencia de trabajos en este campo de interés para las comunidades marinas tanto a nivel local como global, para poder detectar una tendencia temporal en la abundancia de la especie. El hallazgo de ejemplares de *W. setacea* en los mismos puertos donde se habían encontrado previamente otras especies presuntamente introducidas en Canarias como *Gymnophycus hapsiphorus* (Huisman y Kraft), *Predaea huismanii* (Kraft), *Codium fragil* (Suringar) Hariot ssp. *tomentosoides* (Van Goor), *Polysiphonia harveyi* (JW Bailey) y *Polysiphonia denudata* (Dillwyn), observadas por Sansón y Reyes (1995), parece apoyar la hipótesis de una introducción reciente (Rojas-González & Afonso-Carrillo, 2000). Consideramos que, con carácter urgente, los ejemplares canarios de *W. setacea* deben ser estudiados también mediante el apoyo de técnicas moleculares que permitan entender su correcta filogenia apoyando así los estudios morfológicos de estos individuos.

*Womersleyella setacea* podría ser considerado un elemento autóctono de la flora marina de Canarias, teniendo en cuenta que es una especie con amplia distribución, aunque poco llamativa de la vegetación litoral, destacando nuevamente la necesidad de realizar estudios moleculares. La ausencia de citas previas para Canarias, podría explicarse principalmente a su reducido tamaño y a la ausencia de estructuras reproductoras, lo que aumenta la dificultad de poder identificarla correctamente (Rojas-González & Afonso-Carrillo, 2000). Es ampliamente conocido que los estudios que se basan solo en estudios morfológicos presentan una mayor dificultad para determinar el origen de las nuevas especies no nativas de algas marinas de Canarias, ya que esta zona se considera encrucijada en las vías de dispersión del Atlántico norte con grandes flujos de intercambio con las costas mediterráneas, europeas y americanas (Afonso-Carrillo *et al.*, 2002). Estas dispersiones podrían haberse beneficiado por la actividad humana, concretamente por el tráfico marítimo, ya que es muy común que se asiente en las redes

de pesca o en los cascos de los barcos (Athanasiadis, 1997; Scalera, 2017). Una vez que las especies de macroalgas marinas han sido introducidas, las nuevas generaciones pueden desarrollar su ciclo de vida *in situ*, formando poblaciones autosuficientes, lo que supone una posible contaminación biológica de los ecosistemas marinos autóctonos (Afonso-Carrillo *et al.*, 2002). Los ambientes portuarios son los que podrían verse más afectados y sobre los que consideramos que habría que realizar un seguimiento más intensivo.

## 7. Conclusiones.

- En las Islas Canarias, la ausencia de ejemplares con estructuras reproductoras, así como la falta de estudios moleculares, dificultan el conocimiento del origen y la tendencia temporal en la abundancia y distribución de *Womersleyella setacea*. Conocer la fenología reproductora de una especie nos daría información sobre su ciclo de vida y su variación temporal a lo largo del año, pudiendo llegar a ser de gran ayuda para conocer sus tasas de crecimiento, ocupación del sustrato y su expansión en un futuro. Aun así, los estudios realizados hasta la fecha apuntan de manera preliminar a que este macroalga está compitiendo con numerosas especies nativas que poseen reproducción sexual, no existiendo apenas especies que la depreden.
- Hasta el momento, no se puede considerar que en Canarias esta especie presente una invasión tan amplia como la que se observa en el Mediterráneo. La llegada de *W. setacea* a las aguas canarias podría provocar un empobrecimiento de la biodiversidad de sus costas en un futuro dado que el aumento de esta especie de alga es inversamente proporcional a la diversidad de sus hábitats. Así pues, su capacidad para retener sedimentos podría ser la causa de que las especies autóctonas no puedan proliferar en estos ambientes. Los céspedes de color rojizo que va formando con su expansión, conocidos coloquialmente como “alfombra roja”, disminuyen la disponibilidad de luz para las especies nativas, impidiendo o reduciendo la fotosíntesis, y por lo tanto, su crecimiento.
- Sería beneficioso llevar a cabo un seguimiento regular exhaustivo de las zonas tanto en las que se ha observado su presencia como en las que no (para poder entender sus hábitat y áreas potenciales en el archipiélago). Con el tiempo, esto permitiría tener planes de actuación previstos antes de que empiecen a proliferar

de manera descontrolada y su expansión sea mucho más difícil de frenar. Gracias a numerosos trabajos en este campo con otro tipo de macroalgas, se conoce que su expansión podría ser regulada de manera más eficiente y con un menor gasto económico en los primeros estadios del proceso de invasión. Así pues, a través de la legislación nacional se podrían proponer algunas medidas de control, como apoyar políticas de ordenación de actividades y gestión de recursos en la zona costera que promuevan su utilización por el hombre de forma sostenible.

## Conclusions.

- It is difficult to know the origin and temporal trend in the abundance and distribution of *Womersleyella setacea* in the Canary Islands due to the absence of specimens with reproductive structures and the lack of molecular studies. Knowledge of the reproductive phenology of a species would give us information about its life cycle and its temporal variation throughout the year, which would be of significant value for understanding its growth rates, occupation of the substrate, and its potential expansion in the future. Nonetheless, the studies carried out to date point to the fact that this macroalga is competing with numerous native species that reproduce sexually, and there are hardly any species that prey on it.
- The arrival of *W. setacea* in the Canary Islands cannot be considered to be as widespread an alien invasion as the one observed in the Mediterranean Sea, although it may cause an impoverishment of the natural biodiversity of its shorelines in the future. The increase of this algae is proportionally inverse to the diversity of its habitats. Thus, the ability of this species to attract sediment could be one factor that keeps native species unable to proliferate in their environments. The rust-colored beds that this species forms as it extends, commonly referred to as the "red-carpet", minimize the availability of light for native species, thereby limiting or reducing photosynthesis and, as a result, their growth.

- Monitoring of the habitats and potential areas in the archipelago would require regular and exhaustive surveying of areas where its present or not (in terms of understanding their potential habitats in the archipelago). Eventually, this would allow us to develop action plans in advance to prevent their uncontrolled proliferation and make their expansion much more difficult to control. Due to many studies on this matter with other species of macroalgae, it is already known that their proliferation could be controlled more efficiently, with a lower economic cost in the early stages of the invasion process. National legislation could therefore propose some control measures, such as supporting policies for planning activities and management of resources in the coastal zone that promote their use by humans in a sustainable manner.

## 8. Bibliografía.

- Airoidi, L. (1998). Roles of disturbance, sediment stress, and substratum retention on spatial dominance in algal turf. *Ecology*, 79(8), 2759-2770.
- Airoidi, L., & Cinelli, F. (1997). Effects of sedimentation on subtidal macroalgal assemblages: an experimental study from a Mediterranean rocky shore. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 215(2), 269-288.
- Airoidi, L., Rindi, F., & Cinelli, F. (1994). Structure of a subtidal algal assemblage dominated by *Polysiphonia setacea* Hollenberg in Western Mediterranean. *Giornale Botanico Italiano*, 128, 782-783.
- Airoidi, L., Rindi, F., & Cinelli, F. (1995). Structure, seasonal dynamics and reproductive phenology of a filamentous turf assemblage on a sediment influenced, rocky subtidal shore. *Botánica Marina*, 38,1-6; 229-235.
- Afonso Carrillo, J. M., Sansón Acedo, M., Reyes Betancort, J. A., & Rojas González, B. (2002). Morfología y distribución de la rodófito alóctona *Neosiphonia harveyi*, y comentarios sobre otras algas marinas probablemente introducidas en las Islas Canarias. Revista de la Academia Canaria de Ciencias: *Folia Canariensis Academiae Scientiarum*, 14(3), 83-98.
- Antoniadou, C., & Chintiroglou, C. (2007). Zoobenthos associated with the invasive red alga *Womersleyella setacea* (Rhodomelaceae) in the northern Aegean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87(3), 629-641.
- Ashton, P. J. (1989). Aquatic plants: patterns and modes of invasion, attributes of invading species and assessment of control programmes. *Biological Invasion: A Global Perspective*, 111-154.
- Athanasiadis, A. (1998). North Aegean marine algae IV. *Womersleyella setacea* (Hollenberg) R.E. Norris (Rhodophyta, Ceramiales). *Oceanographic Literature Review*, 2(45), 334.
- Ballesteros, E., Sala, E., Garrabou, J., & Zabala, M. (1998). Community structure and frond size distribution of a deep water stand of *Cystoseira spinosa* (Phaeophyta) in the Northwestern Mediterranean. *European journal of phycology*, 33(2), 121-128.
- Battelli, C. & Arko Pijevac, M. (2005). Development of the invasive turf-forming red alga *Womersleyella setacea* (Hollenberg) R.E. Norris on subtidal shores of Rijeka Bay (Northern Adriatic Sea). *Annales (Ser. hist. nat.)* 15: 215-222.
- Bedini, R., Bedini, M., Bonechi, L., & Piazzini, L. (2015). Effects of non-native turf-forming Rhodophyta on mobile macro-invertebrate assemblages in the north-western Mediterranean Sea. *Marine Biology Research*, 11(4), 430-437.
- Botelli, C. & Rindi, F. (2008). The extensive development of the turf-forming red alga *Womersleyella setacea* (Hollenberg) R.E. Norris (Rhodophyta, Ceramiales) in the Bay of Boka Kotorska, Montenegro (southern Adriatic Sea). *Plant Biosystems* 142: 120-125.
- Boudouresque, C. F., & Verlaque, M. (2002). Biological pollution in the Mediterranean Sea: invasive versus introduced macrophytes. *Marine pollution bulletin*, 44(1), 32-38.
- Castro, N., Carlton, J. T., Costa, A. C., Marques, C. S., Hewitt, C. L., Cacabelos, E., Canning-Clode, J. (2022). Diversity and patterns of marine non-native species in the archipelagos of Macaronesia. *Diversity and Distributions*, 28(4), 667-684.
- Carlton, J. T. (1987). Patterns of transoceanic marine biological invasions in the Pacific Ocean. *Bulletin of marine science*, 41(2), 452-465.
- Cebrian, E., Linares, C., Marschal, C., & Garrabou, J. (2012). Exploring the effects of invasive algae on the persistence of gorgonian populations. *Biological Invasions*, 14(12), 2647-2656.

- Cebrian, E., & Rodríguez-Prieto, C. (2012). Marine invasion in the Mediterranean Sea: the role of abiotic factors when there is no biological resistance. *PloS one*, 7(2), e31135.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2022. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway.
- Hata, H., & Kato, M. (2002). Weeding by the herbivorous damselfish *Stegastes nigricans* in nearly monocultural algae farms. *Marine Ecology Progress Series*, 237, 227-231.
- HERBARIO DE LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA. "Bases de datos de las colecciones de algas del Herbario TFC-Phyc" Tenerife, Canarias, España: 2022. Universidad de Granada [consultado abril-junio 2022].
- Huisman, J. M., & Kraft, G. T. (1983). *Gymnophycus*, a new genus of Ceramiaceae (Rhodophyta) from eastern Australia. *Phycologia*, 22(3), 285-294.
- Mastrototaro, F., Petrocelli, A., Cecere, E., & Matarrese, A. (2004). Non indigenous species settle down in the Taranto seas. *Biogeographia—The Journal of Integrative Biogeography*, 25(1).
- Ministerio para la transición ecológica y reto demográfico; Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto por el que se regula el *Catálogo español de especies exóticas invasoras*. «BOE» núm. 185, de 03 de agosto de 2013. 22pp. Referencia: BOE-A-2013-8565
- Nikolić, V., Žuljević, A., Antolić, B., Despalatović, M., & Cvitković, I. (2010). Distribution of invasive red alga *Womersleyella setacea* (Hollenberg) RE Norris (Rhodophyta, Ceramiales) in the Adriatic Sea. *Acta Adriatica: International Journal of Marine Sciences*, 51(2), 195-202.
- Norris, R. E. (1992). Ceramiales (Rhodophyceae) genera new to South Africa, including new species of *Womersleyella* and *Herposiphonia*. *South African journal of botany*, 58(2), 65-76.
- Pérez-Ruzafa, I. (2013). Rodríguez-Prieto, C.; Ballesteros, E.; Boisset, F. & Afonso-Carrillo, J. (2013). Guía de las macroalgas y fanerógamas marinas del Mediterráneo occidental. *Botanica Complutensis*, 221-222.
- Piazzzi, L., & Balata, D. (2009). Invasion of alien macroalgae in different Mediterranean habitats. *Biological Invasions*, 11(2), 193-204.
- Piazzzi, L., Balata, D., Cecchi, E., Cinelli, F. and Sartoni, G.(2010) `Species composition and patterns of diversity of macroalgal coralligenous assemblages in the north-western Mediterranean Sea´, *Journal of Natural History*, 44: 1, 1-22
- Piazzzi, L., & Cinelli, F. (2000). Effets de l'expansion des Rhodophyceae introduites *Acrothamnion preissii* et *Womersleyella setacea* sur les communautés algales des rhizomes de *Posidonia oceanica* de Méditerranée occidentale. *Cryptogamie Algologie*, 21(3), 291-300.
- Piazzzi, L., & Cinelli, F. (2001). Distribution and dominance of two introduced turf-forming macroalgae on the coast of Tuscany, Italy, northwestern Mediterranean Sea in relation to different habitats and sedimentation, *Botánica Marina*, 44, 510-517.
- Piazzzi, L., Pardi, G., Balata, D., Cecchi, E., & Cinelli, F. (2002). Seasonal dynamics of a subtidal north-western Mediterranean macroalgal community in relation to depth and substrate inclination, *Botánica Marina*, 45, 250.
- Rindi, F., Gavio, B., Pezzolesi, L., Pica, D., Ponti, M., Torsani, F., & Cerrano, C. (2022). Spring composition of the macroalgal vegetation of a small offshore island in the north-western Mediterranean (Gallinara Island, Ligurian Sea). *Italian Botanist*, 13, 45-65.

- Rindi, F., Guiry, M. D., & Cinelli, F. (1999). Morphology and reproduction of the adventive Mediterranean rhodophyte *Polysiphonia setacea*. In *Sixteenth International Seaweed Symposium* (pp. 91-100). Springer, Dordrecht.
- Rojas-González, B. & Afonso-Carrillo, J. (2000). Notes on Rhodomelaceae (Rhodophyta) from the Canary Islands: Observations on Reproductive Morphology and New Records., *Botánica Marina*, 43(2), 147-155
- Sangil-Hernández, C. (2003). Tesina *Algas marinas de La Palma (islas Canarias): biodiversidad y distribución vertical*. Universidad de La Laguna.
- Sangil-Hernández, C. (2012). Tesis doctoral *La vegetación sublitoral de sustratos rocosos en las islas canarias estructura, composición y dinámica de las comunidades de macroalgas*; Universidad de La Laguna.
- Scalera, R. (2017). European Code of Conduct on International Travel and Invasive Alien Species. In *Strasbourg: Bern Convention*, 4-8.
- Verlaque, M., Afonso-Carrillo, J., Candelaria Gil-Rodríguez, M., Durand, C., Boudouresque, C. F., & Le Parco, Y. (2004). Blitzkrieg in a marine invasion: *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Bryopsidales, Chlorophyta) reaches the Canary Islands (north-east Atlantic). *Biological invasions*, 6(3), 269-281.
- Woelkerling, W. J. (1984). Marine Algen der Pazifikküste von Kolumbien, 23, 249-250.