



Interreg
España - Portugal

Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



UNIÓN EUROPEA
UNIÃO EUROPEIA



ALGALUP

• Green future •

E.2.1.2. INFORME SOBRE EL STOCK ACTUAL DE LAS MACROALGAS DE INTERÉS

ALGALUP - Alternativa integral para la explotación de
macroalgas en la zona del Galicia y Portugal

0558_ALGALUP_6_E

Agosto 2021

TABLA DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	2
1.1	Los ecosistemas costeros de Galicia y Portugal	3
1.2	Galicia	4
1.3	Portugal	5
2	MATERIAL Y MÉTODOS	6
2.1	Especies clave	6
2.2	Área de estudio	9
2.2.1.	Galicia	9
2.2.2.	Portugal	12
2.3	Toma de muestras	13
2.4	Estimación de la biomasa disponible	13
2.4.1.	Galicia	13
2.4.2.	Portugal	15
	<i>Variación estacional de la biomasa disponible</i>	<i>16</i>
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
3.1	Galicia	17
3.2	Portugal	23
	<i>Datos históricos</i>	<i>23</i>
	<i>Variación estacional de la biomasa disponible</i>	<i>25</i>
4	REFERENCIAS	26

1 INTRODUCCIÓN

Las macroalgas son componentes clave del medio marino, estructurando los hábitats costeros y proporcionando hábitat, alimento, protección y zonas de reproducción para múltiples especies (Bertocci et al. 2015). Además, estos organismos ofrecen un importante número de servicios ecosistémicos contribuyendo de manera significativa a la producción primaria global, a la absorción de nutrientes disueltos en el medio, protegiendo la costa frente al oleaje y jugando un papel importante en el secuestro de carbono (Araujo et al. 2021; Christie et al., 2009; Dayton, 1985; Steneck et al., 2002; Teagle et al., 2017). Actualmente las macroalgas se están incorporando cada vez más en las dietas occidentales utilizándose directamente para el consumo humano o en diferentes aplicaciones alimentarias (Peteiro 2018). También se están explorando nuevas aplicaciones de la biomasa de algas para biorremediación y biomonitorio (Reis et al., 2016; Zeraatkar et al., 2016), producción de biocombustibles (Ravanal et al., 2019) y biopolímeros (ej. bioplásticos) (Abdul Khalil et al. 2017; Zhang et al., 2019). Estudios recientes han subrayado el interés potencial de estos recursos biológicos marinos para la producción de productos sanitarios innovadores (Bogie et al., 2019; Kwon et al., 2020).

A pesar del creciente interés y el potencial de la producción de algas como sector innovador dentro de la bioeconomía de la UE, el estado actual de la industria de las macroalgas en Europa sigue siendo en gran parte desconocido. Se necesita información sólida y completa sobre el sector europeo de las algas para orientar adecuadamente las decisiones y estrategias basadas en el conocimiento que apoyen el crecimiento socioeconómico y la sostenibilidad ambiental de la actividad en Europa (Dos Santos Fernandes De Araujo 2019).

En este contexto el proyecto ALGALUP – “Alternativa integral para la explotación de macroalgas en la zona del Galicia y Portugal”, tiene como objetivo principal aumentar el conocimiento de los usuarios finales, investigadores e inversores sobre las oportunidades que genera el sector de explotación de macroalgas en la zona de Galicia y Portugal. Para lo cual se ha desarrollado una estrategia integral que promueve la investigación e innovación en dicho sector. La mejora del conocimiento de las especies de interés, la adaptabilidad de los procesos productivos a condiciones específicas de cada zona y el impulso de nuevas iniciativas para el aprovechamiento óptimo de la biomasa en sectores de interés estratégico son algunas de las principales tareas de ALGALUP.

La implementación de sistemas de explotación sostenible de los bancos naturales de macroalgas se impone como necesidad fundamental para la conservación de estos ecosistemas y su biodiversidad, así como el mantenimiento de los procesos extractivos y la actividad económica asociada. Los planes de gestión para la recolección de macroalgas deben ser sostenibles, coherentes con las políticas medioambientales de la UE y basarse en un conocimiento científico sólido sobre el estado natural de los recursos y las características específicas de la región donde son establecidos.

Tal y como propone Tasende & Peteriro 2015, para realizar una explotación sostenible de macroalgas es preciso evaluar los recursos de cada especie, así como hacer un seguimiento del estado y evolución de sus poblaciones, con el fin de determinar el estado de los stocks, su

biomasa y mejorar el conocimiento de su biología. Estos estudios permiten determinar parámetros biométricos y demográficos de cada especie.

La actividad “**A2. Producción y explotación: iniciativa de sostenibilidad**” del proyecto ALGALUP, tiene como principal objetivo el desarrollo de un sistema sostenible de explotación y producción de macroalgas en la zona de Galicia y Portugal mediante la revisión de los planes de explotación existentes y la actualización de los estados de stock de las especies de interés comercial. Para alcanzar dicho objetivo resulta fundamental el conocimiento del ecosistema y del estado actual de sus poblaciones naturales en términos de biomasa disponible. Con esta meta se han llevado a cabo campañas de evaluación del stock de macroalgas en ambas regiones prestando especial atención a las especies de macroalgas identificadas por el consorcio ALGALUP como **especies objetivo de interés comercial**. El presente documento es un informe detallado en el que se expone la metodología utilizada para recoger los datos, así como los resultados obtenidos y las conclusiones finales sobre el estado actual de los stocks naturales de macroalgas en las costas de Galicia y norte de Portugal.

1.1 Los ecosistemas costeros de Galicia y Portugal

Las aguas Atlánticas de Galicia y Portugal (península Ibérica) (36-43° N, 7-8° W) están incluidas dentro de la ecorregión marina denominada Plataforma Atlántica del Sur de Europa (South European Atlantic Shelf) (Figura 1). De acuerdo a la definición de ecorregión dada por Spalding et al. 2007, se trata de una zona relativamente homogénea en su composición específica y claramente diferenciada de zonas adyacentes. La composición de especies de estas áreas está dominada por el predominio de un grupo reducido de ecosistemas y/o un conjunto de características oceanográficas o topográficas. Esta ecorregión templada abarca la Península Ibérica Atlántica, limitando al sur con el afloramiento del Sáhara y el mar de Alboran, dentro del Mediterráneo.

En las costas de Galicia y Norte de Portugal existe una amplia diversidad de especies de macroalgas, asociado a las condiciones biogeográficas particulares y la diversidad de hábitat que se encuentran en estas costas; lo que convierte ambas zonas en los principales productores primarios del litoral Atlántico (Bárbara et al., 2005; Melo 2018).

La distribución de las macroalgas en la zona intermareal se ve afectada por diversos factores como la acción del oleaje, la pendiente de la costa, la temperatura y concentración de nutrientes del medio y las interacciones biológicas (herbivorismo, competencia, etc.) entre otros, siendo el factor más importante la luz (Franco et al. 2020). Las múltiples combinaciones de estos factores y la diversidad de procesos oceanográficos que provocan diferentes condiciones climáticas, hacen que, a pesar de tratarse de una misma zona geográfica, exista una importante diversidad de flora y fauna. Es por ello que las comunidades intermareales de Galicia y Portugal exhiben características propias y diferenciales.

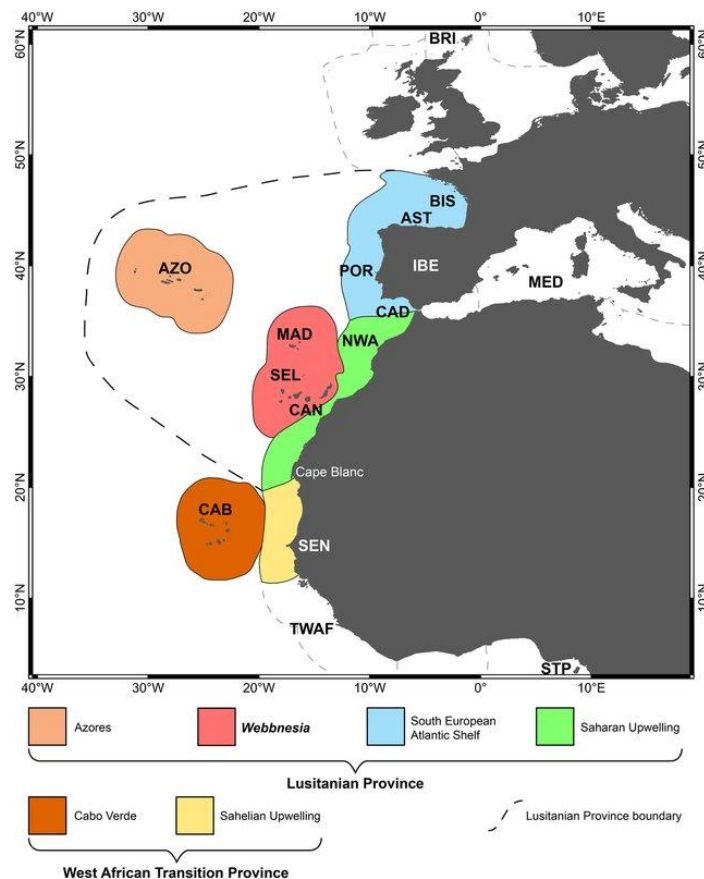


Figura 1. Mapa de la provincia de Lusitania dónde se incluye: la ecorregión de la plataforma atlántica del sur de Europa (azul) (esquema sacado de Freitas et al. 2019).

1.2 Galicia

Galicia posee una línea de costa extremadamente accidentada con la presencia de acantilados rocosos de altura variable y playas arenosas alternándose a lo largo de la misma. Esta costa se caracteriza por la presencia de las *rías*, antiguos valles fluviales ocupados por el mar, que proporcionan un amplio rango de ambientes marinos con zonas expuestas, semi-expuestas, y/o protegidas de la acción directa del oleaje. El régimen de mareas es semidiurno con un rango mareal medio ~ 3 m. La producción primaria está influenciada en gran medida por un fenómeno estacional de afloramiento costero que ocurre principalmente durante los meses de primavera y verano y que aporta aguas profundas ricas en nutrientes.

Las características propias de la costa de Galicia y la gran diversidad de hábitats que encontramos en ella hacen que sus ecosistemas marinos registren una elevada diversidad con más de 600 especies diferentes de macroalgas, lo que supone el 85% de las especies registradas en la región templado-cálida del Atlántico Noreste (Bárbara et al., 2005). Muchas de estas macroalgas son especies de aguas frías, y algunas tienen su límite de distribución sur en el noroeste de la península Ibérica. Estas últimas incluyen carragenófitos (*Chondrus crispus*,

Mastocarpus stellatus) y fucoides (*Ascophyllum nodosum*, *Himanthalia elongata*, *Fucus serratus* y *Pelvetia canaliculata*) (Piñeiro-Corbeira et al., 2016).

1.3 Portugal

La costa de Portugal cuenta con una morfología diversa desde playas de amplios sistemas dunares a densos intermareales rocosos. Cabe destacar la ciudad de Viana de Castelo, situada en la margen derecha del estuario del río Lima, conocida por su extensa área rocosa ideal para la fijación de algas y para el refugio de animales, permitiendo la existencia de ricas comunidades biológicas (Ruschel 2019). En contraposición, más hacia la zona sur, tenemos la playa de Aguçadoura, en el condado de Póvoa de Varzim, caracterizada por desarrollarse sobre un potente sistema dunar que permite que albergue gran cantidad de diversidad biológica. Los puntos de estudio, a lo largo de la costa norte portuguesa, fueron escogidos por sus plataformas rocosas, sus zonas accesibles de recolecta algal y su elevada abundancia de especies objetivo (ICNF 2017).

Portugal se encuentra en el sistema de upwelling del Atlántico Norte en la costa oeste de la península ibérica (Prego et al., 2007). Así pues, los vientos y las corrientes oceánicas cercanas a la costa normalmente exhiben una fuerte variabilidad estacional, con patrones de invierno y verano claramente diferenciados. Los vientos predominantes del norte y noroeste durante el verano son responsables de eventos de upwelling cerca de la costa, con aportes concomitantes de nutrientes hacia la superficie del océano, promoviendo la productividad primaria (Gaspar et al., 2019; Melo et al., 2021; Prego et al., 2007).

2 MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Especies clave

De la gran diversidad de macroalgas descrita en las costas de Galicia y Norte de Portugal (Araujo et al. 2009; Bárbara et al. 2005) fueron seleccionadas cinco especies representativas de ambas zonas geográficas debido a su abundancia y su interés comercial (Figuras 2, 3, 4, 5 y 6).

Clase Chlorophyta:

***Codium* Stackhouse, 1797**

Codium es uno de los géneros marinos más distribuidos en todo el mundo. Es conocido como “fideo”, “ramo” o “ramillo” de mar, “carrasca brava” o “percebe de pobre”. Se trata de un género cosmopolita en mares cálidos y templados (González & Santelices 2004). Son especies no estructurales, con un tono verde oscuro, cuyos talos erguidos se desarrollan anualmente a partir de una ancha base aterciopelada (Figura 2) que se extiende por las rocas en el litoral inferior y primeros metros del infra litoral de costas relativamente expuestas (Pereira et al. 2009). Posee una consistencia esponjosa, elástica y aterciopelada al tacto de intenso color verde oscuro (Bunker et al. 2010). En Galicia podemos encontrar la especie autóctona *Codium tomentosum* en cualquier tramo de costa, por lo que resulta un recurso potencialmente explotable. En los últimos años está proliferando en las costas alteradas *Codium fragile* (Suringar), una especie alóctona originaria del Pacífico que tiene un comportamiento oportunista e invasor y que ocupa nichos alterados por el hombre o por fenómenos de cambio global (Trowbridge 2001). *Codium* es una fuente conocida de galactanos sulfatados, compuestos con propiedades bioactivas, como anticoagulante y antioxidante (Wang et al. 2014).



Figura 2. Especie objetivo recogidas en las zonas seleccionadas - *Codium* spp.

Clase Florideophyceae:

***Mastocarpus stellatus* (Stackhouse) Guiry 1984**

Es una macroalga roja que se encuentra distribuida a lo largo de la costa del Océano Atlántico oriental y noroccidental. Suele permanecer en zonas rocosas en áreas muy expuestas (Pereira et al. 2014). Presenta frondas cartilaginosas de color marrón violáceo y el estípite es comprimido y estrecho y las frondas son dicotómicas y ramificadas (Figura 3) que se expanden en forma de cuchilla, generalmente enrollada para formar un canal con márgenes gruesos (Bunker et al.

2010). Es considerada fuente de carragenanos, usándose como espesante natural estabilizador o agente gelificante en alimentos. Es de las algas más abundantes en Portugal y puede tener alta eficacia como biofiltrador de amonio, nitrato y fosfato (Pereira 2004).



Figura 3. Especie objetivo recogidas en las zonas seleccionadas – *Mastocarpus stellatus*.

***Osmundea pinnatifida* (Hudson) Stackhouse 1809**

Esta especie es un alga roja comestible y conocida por tener un sabor picante distintivo que le da el nombre común “pimienta de mar” (Paiva et al. 2014). *O. pinnatifida* se encuentra entre la flora intermareal de gran parte del litoral peninsular, en la costa baja y media (Cardoso et al. 2014), pero solo alcanza el tamaño y la abundancia necesaria para ser explotable en el litoral de Galicia y occidente de Asturias. Es una especie que forma densas poblaciones sobre las rocas del litoral superior en localidades semiprotegidas y/o semiexpuestas al oleaje (Bunker et al. 2010). Es fuente de fibra, proteínas y ácidos grasos (Patarra et al. 2013) y se trata de un recurso que solo se puede comercializar en fresco porque seco pierde la mayoría de las cualidades organolépticas que le confieren valor. Es una especie muy variable en tamaño y color (Figura 4), dependiendo del nivel de la costa donde se encuentre: en el nivel superior suele ser de color amarillo verdoso, debido a la exposición a altos niveles de luz solar, mientras que en el nivel inferior puede volverse púrpura el marrón rojizo (Bunker et al. 2010).



Figura 4. Especie objetivo recogidas en las zonas seleccionadas – *Osmundea pinnatifida*

***Chondracanthus acicularis* (Roth) Fredericq 1993**

Esta macroalga roja tiene una distribución registrada en el Atlántico, desde las Islas Británicas a Camerún y desde Carolina del Norte a Uruguay. Se encuentra en las rocas, en el nivel inferior de las playas en zona semi expuestas (Bunker et al. 2010). Es un alga filiforme de consistencia cartilaginosa y con las frondes de color rojo oscuro, que pueden decolorarse en verano, volviéndose de aspecto blanquecino (Figura 5). Los ejes principales son cilíndricos, comprimidos y ramificados irregularmente en ramas laterales cortas y puntiagudas. Está considerada una especie común de la flora portuguesa y tiene la particularidad de formar alfombras densas y vastas que cubren el sustrato. En peso seco, es la especie con mayor cantidad de carragenina (Pereira & Van De Velde 2011).



Figura 5. Especie objetivo recogidas en las zonas seleccionadas – *Chondracanthus acicularis*.

***Chondrus crispus* Stackhouse 1797**

Macroalga roja comestible conocida como “musgo irlandés”, que se encuentra ampliamente distribuida y con mayor abundancia en el Noroeste Atlántico (Pina et al. 2014). En términos anatómicos, está formada por talos aplanados y acintados con láminas que se dividen dicotómicamente (Figura 6) (Bunker et al. 2010). La característica principal de *C. crispus* es la iridiscencia azul, que se puede encontrar a menudo en el gametófito cuando las algas están sumergidas. Es considerada un tipo de agua fría y crece en rocas del nivel inferior o en charcos de marea de nivel medio de playas rocosas expuestas. Puede ser confundida con *Mastocarpus stellatus* por su morfología, sin embargo, pueden distinguirse, por presentar diferentes morfologías en las estructuras reproductivas, en forma de cistocarpos. Ha sido cosechado y utilizado por humanos durante años; como materia prima para la producción de carrageninas y para alimentación humana. Esta especie tiene un alto contenido en proteínas (20%), vitamina A, ácidos grasos poliinsaturados y sales minerales (Kim 2012).



Figura 6. Especies objetivo recogidas en las zonas seleccionadas – *Chondrus crispus*.

2.2 Área de estudio

La estrategia de muestreo definida en este estudio incluye el muestreo de costas rocosas en 35 puntos (14 en Galicia y 21 en el norte de Portugal) distribuidos a lo largo de ~1600km de costa, y cuyos intermareales son representativos de la diversidad de la comunidad de macroalgas presentes en esta área geográfica. El área total muestreada fue de 93574 m² y a continuación se detalla el sector costero analizado en cada una de las dos regiones: Galicia y norte de Portugal.

2.2.1. Galicia

A lo largo de la costa de Galicia fueron seleccionados 14 puntos de muestreo localizados en el área comprendida entre Oia (42.0006°N, -8.5240°W) y San Cosme de Barreiros (43.3408°N, -7.1408°W) (ver Figura 7 y Tabla 1). Todas las localizaciones fueron elegidas como representación de la comunidad de macroalgas de la costa gallega en base a criterios de accesibilidad y abundancia de macroalgas.

Los parámetros fisicoquímicos registrados durante el estudio (Tabla 2) indican que la temperatura superficial del agua de mar (SST) media fue de 17.8°C, con los valores más bajos medidos en estaciones de la costa NW (ej. Muxía, Corme y Valdoviño). La salinidad y el pH se mantuvieron en valores medios de 33.5 ‰ y 8.2, respectivamente. Tanto el oxígeno disuelto como el porcentaje de saturación presentaron una mayor variabilidad espacial, con valores más altos en áreas protegidas (ej. Niño Corvo, Punta Furado y San Cosme de Barreiros) y mínimos en las estaciones más expuestas (ej. Aguiño).

Tabla 1. Coordenadas de los puntos de muestreo en la costa de Galicia, ordenadas desde la estación más al S de la comunidad y avanzando hacia el NE.

	Latitud	Longitud
Oia	42.0006°N	-8.5240°W
Monte Lourido	42.0726°N	-8.4935°W
O Vao	42.1204°N	-8.4707°W
Niño Corvo	42.3350°N	-8.5317°W
Bouzas	42.1356°N	-8.4543°W
Punta Furado	42.3402°N	-8.5129°W
Aguiño	42.3104°N	-9.0118°W
Louro	42.4504°N	-9.0449°W
Caldebarcos	42.5047°N	-9.0737°W
Muxía	43.0645°N	-9.1303°W
Corme	43.1544°N	-8.5813°W
Valdoviño	43.3700°N	-8.1052°W
Xilloi	43.4444°N	-7.3902°W
San Cosme de Barreiro	43.3408°N	-7.1408°W

Tabla 2. Datos de variables fisicoquímicas medidas en muestras de agua de mar recogidas en cada una de las estaciones de muestreo.

LOCALIDADES	TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD (‰)	OXÍGENO (mg/ml)	SATURACIÓN (%)	PH
OIA	19.6	32.6	11.50	140	8.3
MONTE LOURIDO	19.0	33.7	8.34	110	8.1
O VAO	19.7	33.7	11.10	140	8.2
BOUZAS	18.2	33.0	9.00	112	8.2
NIÑO CORVO	17.8	33.9	12.40	159	8.4
PUNTA FURADO	19.5	33.7	12.62	125	8.0
AGUIÑO	18.5	33.8	8.52	112	8.2
LOURO	18.0	33.8	8.88	114	8.2
CADEBARCOS	15.9	33.4	9.52	115	8.2
MUXÍA	15.4	33.3	9.23	111	8.2
CORME	15.5	33.3	8.94	109	8.2
VALDOVIÑO	16.1	33.4	8.68	108	8.2
XILLOI	17.4	33.7	8.81	111	8.2
SAN COSME DE BARREIROS	19.0	33.9	13.30	150	8.3
Media	17.8	33.5	10.1	122.6	8.2
Máx.	19.7	33.9	13.3	159.0	8.4
Mín.	15.4	33.0	8.5	108.0	8.0

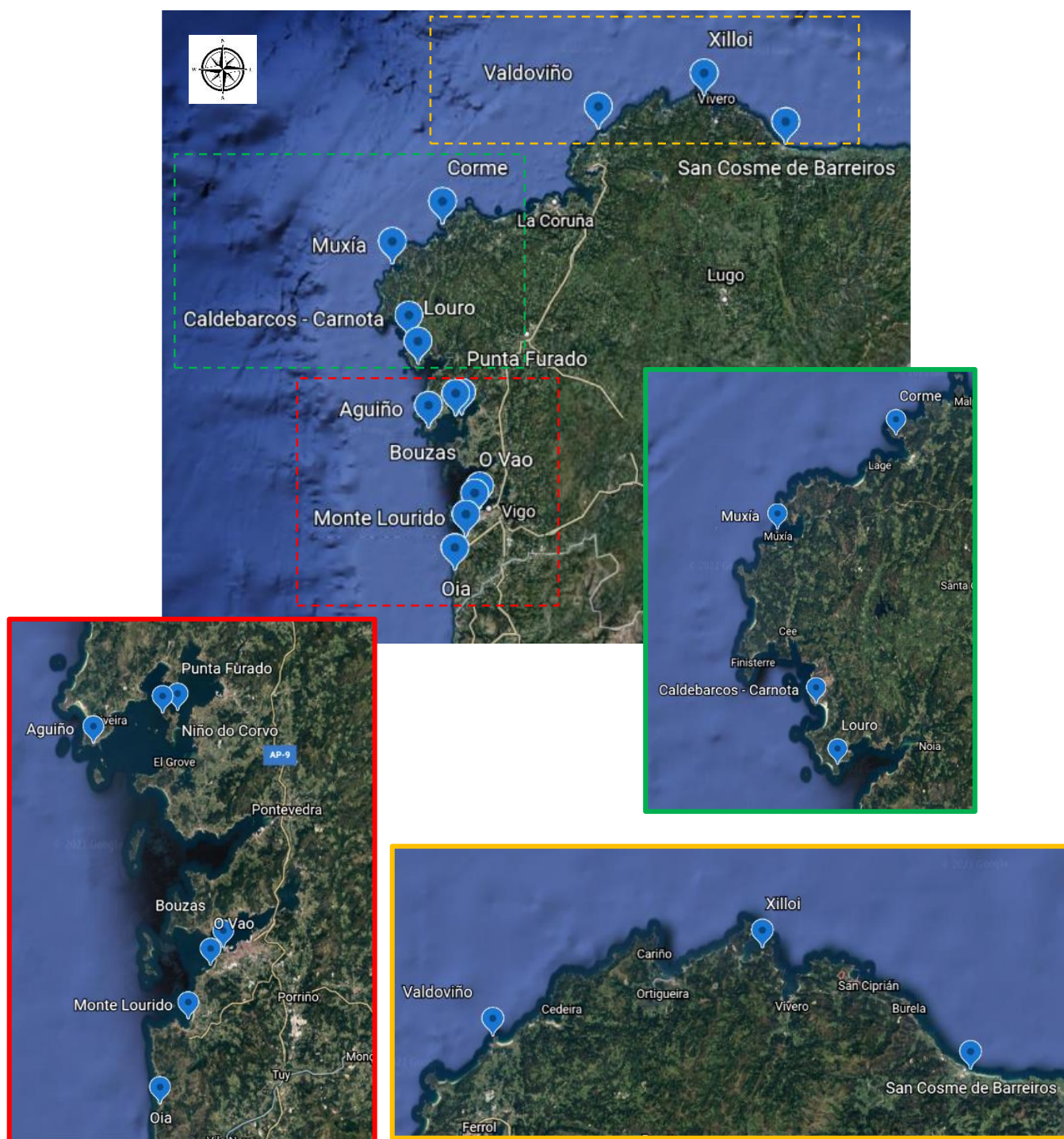


Figura 7. Mapa general de la costa de Galicia en el que se localizan los 14 puntos de muestreo. En colores tres zonas ampliadas: zona *rías Baixas* (rojo); zona *Costa da Morte* (verde) y zona *costa norte* de Galicia (amarillo).

2.1.2. Portugal

Para la evaluación de stocks se analizaron datos procedentes de dos paquetes de datos. Por una parte, un paquete de datos históricos del 2017 que cuenta con 19 puntos de muestreo, así pues, se trata de un registro de puntos de muestreo extenso a lo largo de la parte norte de Portugal (Ver mapa Figura 8).

Por otra parte, se realizaron muestreos en noviembre 2020 repetidos en mayo 2021 con el objetivo de estudiar la variación estacional de biomasa algal total, en dos estaciones del año distintas. Estos puntos de muestreo fueron realizados en la playa de Viana de Castelo (41.4200°N, -8.4959°O) y de Aguçadoura (41.2550°N, -8.4637°O). Ambas áreas se caracterizan por tener un sistema rocoso en el intermareal y fluctuaciones estacionales de biomasa algal mantenidas a lo largo del tiempo.

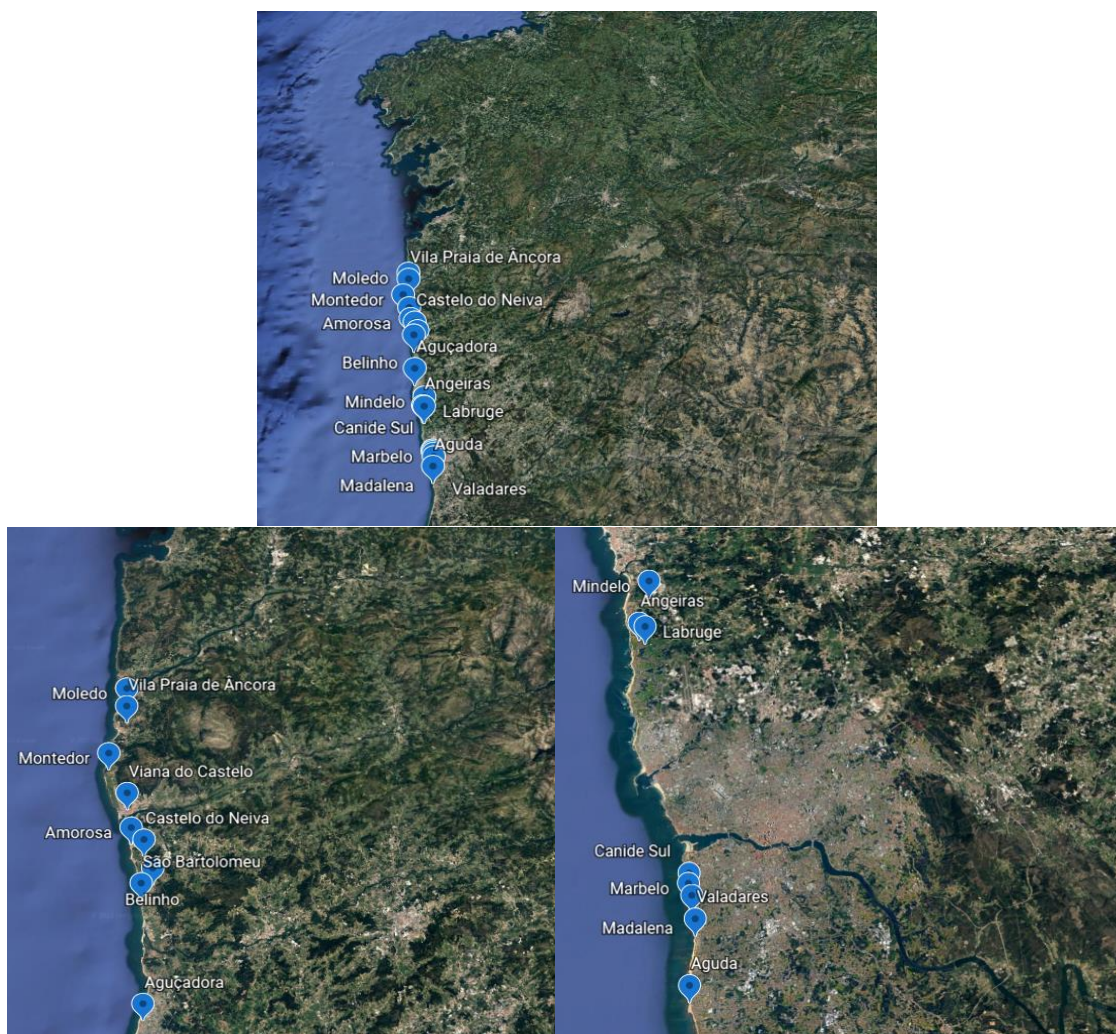


Figura 8. Mapa de la costa de Portugal en el que se localizan los puntos de muestreo de los datos históricos de 2017 y de los muestreos 2020. Arriba: Visión general del total de los puntos; abajo: visión ampliada de los mismos.

De esta forma este informe permite evaluar con una perspectiva detallada la variación de abundancia de las especies objetivo a estudiar en base a una variación estacional anual en dos puntos de muestreo bien contrastados, y a datos históricos de 2017 recogidos con una mayor amplitud de muestreo.

2.3 Toma de muestras

El método más utilizado en los estudios de la comunidad de macroalgas presentes en intermareales rocosos es la evaluación de la composición específica de una unidad de muestreo (ej. cuadrantes) a lo largo de transectos longitudinales a la línea de costa en un nivel definido previamente (Cruz-Motta et al., 2010). Se trata de un método preciso y eficiente, y cuyas principales ventajas están relacionadas con el hecho de que las especies se pueden identificar *in situ* hasta el nivel de especie, además de tratarse de unidades de muestreo de fácil aplicación. Aunque los tamaños de las unidades de muestra no están estandarizados para las costas rocosas, comúnmente se utilizan cuadrantes de 0.25 a 1 m² de superficie (Blanco et al., 2020).

Para la evaluación del stock de macroalgas en el proyecto ALGALUP se definió como zona de muestreo el nivel intermareal inferior caracterizado por la presencia de las cinco *especies objetivo* seleccionadas y la unidad de muestreo utilizada fue un cuadrante de 50 x 50 cm (0.25 m²) (Figura 9).



Figura 9. Fotografías de los muestreos realizados en la costa de Galicia (arriba) y Portugal (abajo) utilizando el método de los cuadrantes para el cálculo de la cobertura de macroalgas.

2.4 Estimación de la biomasa disponible

2.4.1. Galicia

Los muestreos fueron realizados en los meses de verano de 2020 /21 durante la bajamar de mareas vivas. En cada una de las estaciones de muestreo se seleccionaron 2 zonas donde se

recogieron datos de cobertura de algas mediante el lanzamiento al azar de 10 cuadrantes de 50 x 50 cm (0.25m^2). En cada zona se calculó el área del intermareal cubierto por macroalgas, que queda descubierto únicamente en marea baja. Para dicho cálculo se registraron las longitudes con una cinta métrica y se calculó un ancho medio a partir de lecturas de ancho cada 10 metros de largo (Figura 10). Luego se calculó el área multiplicando la longitud total por el ancho medio. Los datos de porcentaje de cobertura obtenidos se convirtieron a datos de biomasa ($\text{g PS } 0.25\text{m}^2$) mediante ecuaciones obtenidas para cada especie en las que se relaciona el porcentaje de cobertura recogido en el campo y su biomasa respectiva (ver Tabla 3). Para la obtención de dichas ecuaciones se recogieron muestras de cada una de las especies correspondientes a diferentes coberturas que fueron secadas a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ en estufa durante 48 h hasta alcanzar peso constante para la obtención del peso seco (ver Figura 11). Por último, la biomasa disponible de cada punto de muestreo fue estimada mediante la extrapolación de la biomasa total al área total calculada.



Figura 10. Fotografías tomadas durante las campañas realizadas en la costa de Galicia en las que se muestran diferentes materiales y equipos utilizados en la toma de muestras. De izqda. a dcha. y de arriba abajo: (a) medición de longitud del transecto con cinta métrica, (b) cuadrante definido como unidad de muestreo, (c) medición de los parámetros físico-químicos del agua de mar superficial, (d) tablilla donde se recogieron los datos obtenidos en el campo.



Figura 11. Fotografías del proceso de secado de muestras (estufa 60 °C, 48 h) para la obtención de las relaciones de porcentaje de cobertura (PC), peso fresco (PF) y peso seco (PS) utilizadas en el cálculo de las ecuaciones predictivas.

Tabla 3. Ecuaciones predictivas que relacionan el porcentaje de cobertura (PC) y la biomasa seca (PS) para cada especie objetivo en las costas de Galicia.

Especie	n	Ecuación	R ²
<i>O. pinnatifida</i>	10	$\ln(ps) = 0.3894 \times \ln(pc)^2 - 1.0479 \times \ln(pc) + 1.1645$	0.84
<i>C. crispus</i>	10	$\ln(dw) = 0.4178 \times \ln(pc)^2 - 0.2769 \times \ln(pc)$	0.96
<i>M. stellatus</i>	10	$\ln(ps) = -0.5619 \times \ln(pc)^2 + 3.6314 \times \ln(pc) - 4.7146$	0.97
<i>Codium sp.</i>	10	$\ln(ps) = -0.3091 \times \ln(pc)^2 + 3.1018 \times \ln(pc) - 3.6324$	0.99
<i>C. acicularis</i>	10	$\ln(ps) = -0.4557 \times \ln(pc)^2 + 3.1547 \times \ln(pc) - 3.3119$	0.99

2.4.2. Portugal

Durante 2017, se analizaron 19 costas (Tabla 4 coordenadas) dentro del área de estudio para evaluar las poblaciones de algas marinas. En cada orilla se mapeó con un dispositivo GPS el área cubierta por lechos de algas en el intermareal bajo, accesible durante la marea baja, y se calculó su área con el software QGIS. La excepción fue Viana donde debido a su extensión costera se realizaron muestreos durante dos días sucesivos en tres áreas adyacentes de lechos de algas. Cuando los lechos de algas eran demasiado estrechos para las lecturas de GPS, se registraron las longitudes con una cinta métrica y se calculó un ancho medio a partir de lecturas de ancho cada 3 metros de largo. Luego se calculó el área multiplicando la longitud total por el ancho medio.

Los datos sobre el porcentaje de cobertura de cada especie objetivo se recopilaban utilizando cuadrículas de muestreo de 50 × 50 cm y se convirtieron a biomasa (g PS 0.25m⁻²) utilizando la ecuación predictiva obtenida para cada especie descritas en Borges et al. (2019). La biomasa disponible en cada sitio se estimó mediante la extrapolación de la biomasa total al área de lechos de algas mapeados.

Tabla 4. Coordenadas de los puntos de muestreo en la costa de Portugal

	Latitud	Longitud
Moledo norte	41.84195°	-8.87549°
Moledo sul	41.83033°	-8.87639°
Vila Praia de Âncora	41.82159°	-8.87432°
Montedor	41.74761°	-8.87844°
Viana	41.69620°	-8.85348°
Castelo do Neiva	41.62609°	-8.81902°
Amorosa	41.63957°	-8.82222°
Belinho	41.59171°	-8.80563°
São Bartolomeu	41.57264°	-8.79871°
Mindelo	41.30956°	-8.74235°
Vila Chã	41.29554°	-8.73701°
Labruge	41.27333°	-8.72935°
Angeiras	41.26456°	-8.72951°
Canide sul	41.11231°	-8.66381°
Marbelo norte	41.10898°	-8.66549°
Madalena norte	41.09978°	-8.66135°
Valadares	41.08974°	-8.65770°
Aguda norte	41.05728°	-8.65744°
Aguda	41.04425°	-8.65335°

Variación estacional de la biomasa disponible

Los muestreos en 2020/21 se realizaron, tal y como indicamos anteriormente, en las playas de Viana de Castelo y Aguçadoura. El porcentaje de cobertura en ambos sitios de muestreo se midió utilizando el método del cuadrado. Este método consistió en realizar el registro del área cubierta por macroalgas encontradas dentro de 10 cuadrados con dimensiones de 50 x 50 cm, equivalente a 0.25 m², subdividido en 25 pequeños cuadrados (10 x 10 cm) representando cada uno un 4 % del área total. A partir de dicho cuadrado se realizaban dos transectos de 30 metros definidos con una cinta métrica a lo largo de la cobertura algal, realizando lecturas cada 3 metros de largo.

Posteriormente se realizó un tratamiento de datos del porcentaje de cobertura haciendo la conversión al valor medio por cada especie objetivo en peso seco (g PS 0.25 m⁻²).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Galicia

La composición específica registrada en los intermareales de la costa de Galicia estuvo compuesta mayoritariamente por ejemplares pertenecientes a 29 taxa: 3 Chlorophyta, 11 Rhodophyta y 15 Ochrophyta (ver Tabla 5). De las 5 especies objetivo las de mayor ocurrencia a lo largo de la costa de Galicia fueron: *Codium* spp., presente en todas las estaciones a excepción de Niño do Corvo y Punta Furado; y *O. pinnatifida* identificada en todas las estaciones de muestreo excepto en Xilloi. *C. acicularis*, *M. stellatus* y *C. crispus* se encontraron en al menos 8 de las 14 localidades analizadas (ver Tabla 5).

A continuación (Figura 12), se muestran fotografías de la comunidad de macroalgas encontradas en cada una de las localidades tomadas durante las campañas de muestreo 2020/21.

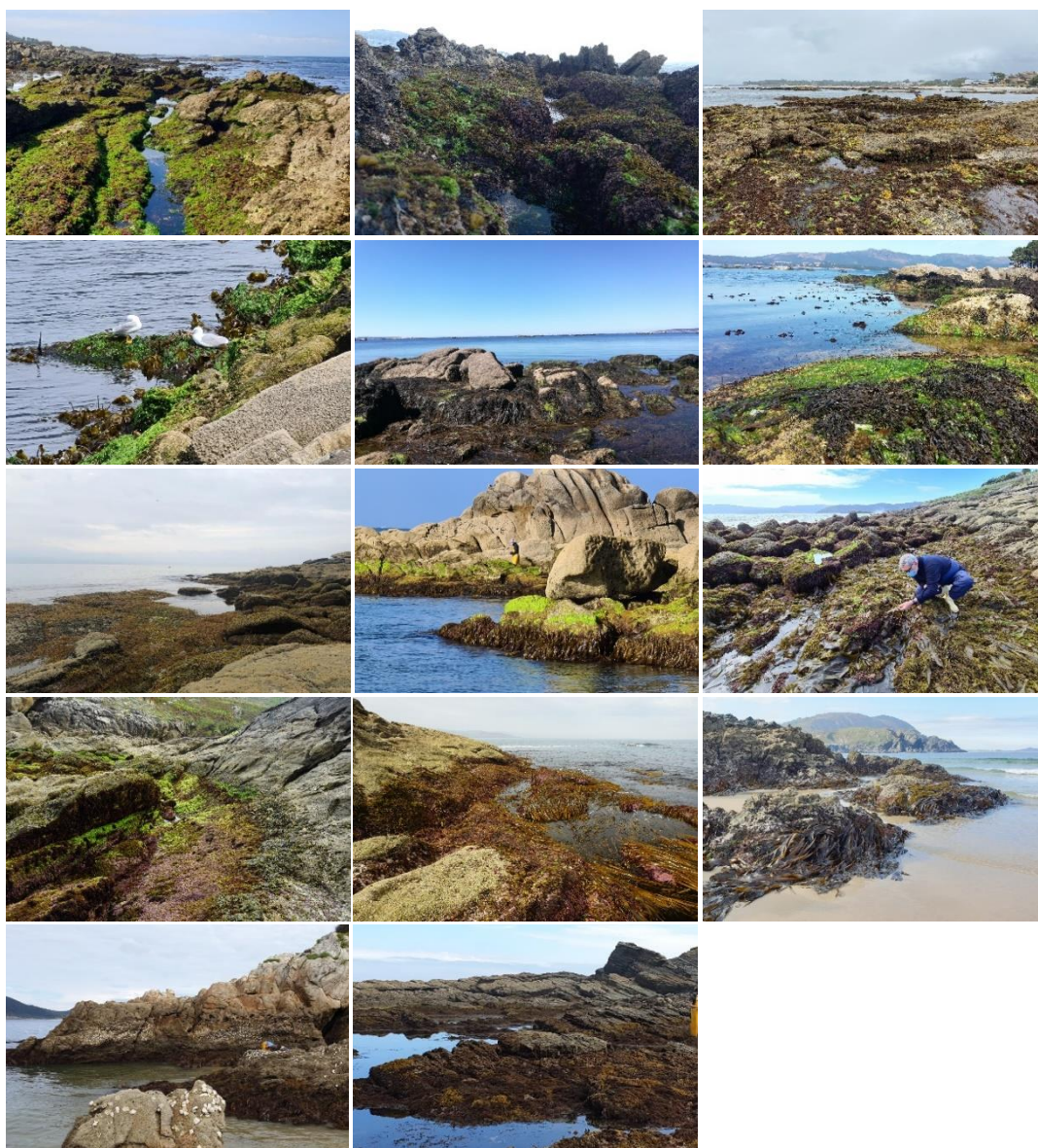


Figura 12. De arriba a abajo y de izqda. a dcha.: Oia, Monte Lourido, O Vao, Bouzas, Niño do Corvo, Punta Furado, Aguiño, Louro, Caldebarcos, Muxía, Corme, Valdoviño, Xilloi y San Cosme de Barreiros.

Tabla 5. Listado de especies más abundantes registradas durante la campaña de muestreos realizadas en los meses de verano de 2020/21 en la costa de Galicia (nomenclatura siguiendo Guiry and Guiry, 2021)

		Localidades													
Orden	Especie	OIA	ML	OV	BOU	OP	NC	AGU	LOU	CAR	COR	MUX	VAL	XILL	BAR
Chlorophyta (3)															
Bryopsidales	Codium Stackhouse, 1797 *	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+
Ulvales	Enteromorpha Link, 1820		+	+	+	+	+	+	+	+				+	
Ulvales	Ulva Linnaeus, 1753	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Rhodophyta (11)															
Bonnemaisoniales	Asparagopsis armata Harvey 1855	+		+				+				+		+	
Ceramiales	Ceramium Roth, 1797		+	+	+		+		+			+		+	
Corallinales	Corallina Linnaeus, 1758	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Gigartinales	Chondracanthus aciculari s (Roth) Fredericq 1993 *	+	+			+	+	+	+	+	+	+			
Gigartinales	Chondracanthus teedei (Mertens ex Roth) Kützing	+	+	+	+					+	+	+			
Ceramiales	Chondria coerulescens (J.Agardh) Sauvageau 1897	+		+	+					+		+		+	+
Gigartinales	Chondrus crispus Stackhouse 1797 *	+	+	+			+		+	+	+	+		+	+
Gelidiales	Gelidium corneum (Hudson) J.V.Lamouroux 1813	+		+	+		+				+	+	+	+	+
Gigartinales	Gigartina Stackhouse, 1809	+		+			+	+		+	+	+	+	+	+
Gigartinales	Mastocarpus stellatus (Stackhouse) Guiry 1984 *	+			+	+				+	+	+	+	+	
Ceramiales	Osmundea pinnatifida (Hudson) Stackhouse 1809 *	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Ochrophyta (15)															
Fucales	Bifurcaria bifurcata R.Ross 1958	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ectocarpales	Colpomenia (Endlicher) Derbès & Solier, 1851	+	+	+					+	+			+	+	+
Fucales	Cystoseira baccata (S.G.Gmelin) P.C.Silva 1952	+		+			+	+		+	+	+	+	+	+
Fucales	Cystoseira tamariscifolia (Hudson) Papenfuss 1950	+	+						+	+			+	+	+
Dictyotales	Dictyota dichotoma (Hudson) J.V.Lamouroux 1809		+	+		+	+		+	+					+
Fucales	Fucus serratus Linnaeus 1753					+								+	
Fucales	Fucus spiralis Linnaeus 1753			+	+	+			+	+			+	+	
Fucales	Fucus vesiculosus Linnaeus 1753					+	+								
Fucales	Himanthalia elongata (Linnaeus) S.F.Gray 1821					+	+				+				
Laminariales	Laminaria J.V.Lamouroux, 1813		+		+		+	+							
Dictyotales	Padina pavonica (Linnaeus) Thivy 1960			+										+	
Tilopteridales	Saccorhiza polyschides (Lightfoot) Batters 1902	+		+	+				+	+	+	+	+	+	+
Fucales	Sargassum muticum (Yendo) Fensholt 1955	+	+	+	+			+	+	+			+	+	+
Sphacelariales	Stypocaulon scoparium (Linnaeus) Kützing 1843	+	+	+	+	+	+		+	+	+		+	+	+
Laminariales	Undaria pinnatifida (Harvey) Suringar 1873			+	+			+		+		+			

(*) especies objetivo del consorcio ALGALUP

Los resultados obtenidos indican una importante variabilidad espacial a lo largo de la costa de Galicia en la abundancia de las especies objetivo (Figura 13). Se ha observado que áreas similares como Niño do Corvo y Oia con 2937.26 y 2836.92 m² respectivamente, presentaron importantes diferencias en las abundancias de todas las especies analizadas.

De forma genérica es *Codium* spp. el alga con una mayor abundancia alcanzando valores máximos de biomasa en torno a 100 -120 g PS m⁻² en estaciones como Oia, Aguiño y Valdoviño; sin embargo, desaparece drásticamente en zonas como Bouzas, Niño do Corvo y Punta Furado. Hay que indicar que estas tres estaciones se encuentran en zonas protegidas en áreas internas de las rías y, además, la estación de Bouzas se localiza en un espigón artificial en una zona altamente impactada. Las especies *C. acicularis* y *O. pinnatifida* están presentes en casi todas las estaciones de muestreo, aunque con diferentes abundancias. Cabe destacar los elevados datos de *O. pinnatifida* registrados en estaciones localizadas en la costa da Morte (ej. Corme y Muxía), así como el importante dato de biomasa alcanzado por *C. crispus* en la costa de Corme, con los valores más altos registrados en toda el área estudiada (1213 g PS m⁻²). Los datos obtenidos en este estudio concuerdan con otros autores que señalan la Costa da Morte como uno de los enclaves de la costa gallega donde se concentran las mayores densidades de especies carragenófitas (*C. crispus*, *M. stellatus* y *C. acicularis*) (García Tasende & Peteiro 2015).

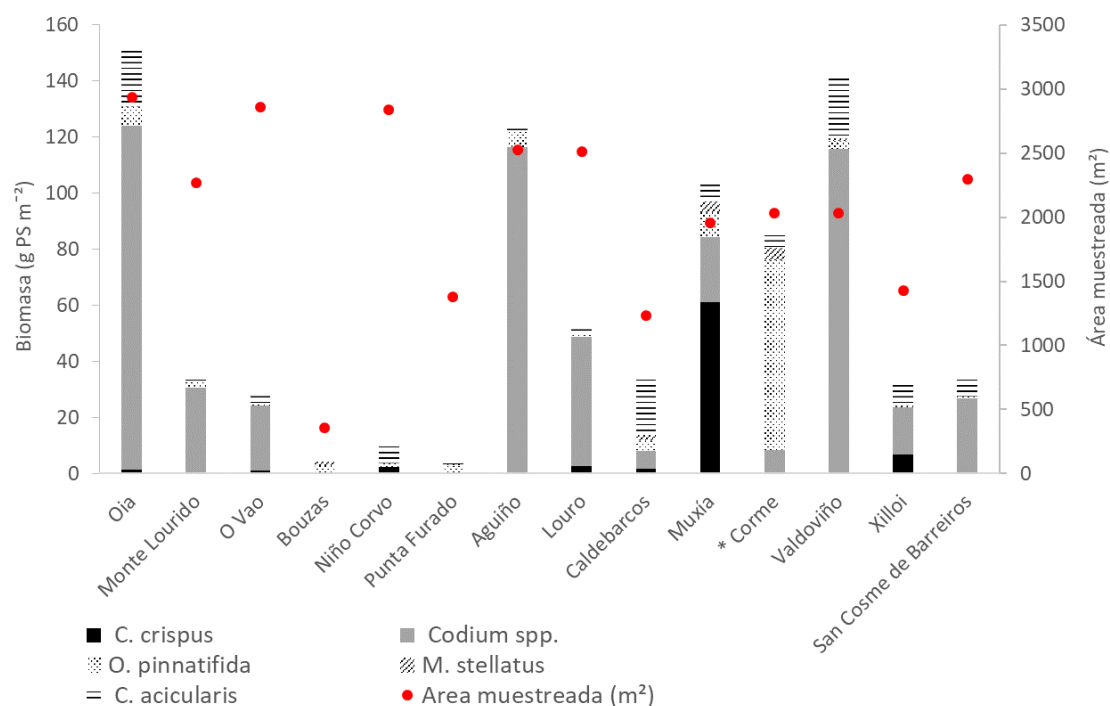


Figura 13. Biomasa (g PS m⁻²) de las cinco especies objetivo relativa al área muestreada (puntos rojos) (m²). (*) No se ha incluido el dato de biomasa de *C. crispus* en la estación de Corme

Los 14 roquedos de la costa de Galicia analizados abarcan un área total de aproximadamente 28652 m² en el que se ha registrado un total de biomasa disponible de las cinco especies de macroalgas seleccionadas de 4381.25 kg PS (Tabla 6). Los valores más elevados corresponden a *C. crispus* que aporta más de la mitad del total de la biomasa disponible con 2468 kg PS en una única localidad (Corme) (ver Tabla 6). El dato de biomasa disponible media de *C. crispus*

registrada a lo largo de la costa de Galicia fue de 187 kg PS, muy superior al calculado por Cremades et al. (2004) con valores de 2.18 kg and 1.77 kg PS por metro lineal de costa en áreas expuestas y semi-expuestas, respectivamente. Es posible que las diferentes metodologías utilizadas, así como la clasificación de las estaciones en función de la exposición al oleaje esté influyendo en estos datos. Además, estos muestreos se han realizado en los meses de verano cuando la mayoría de especies de macroalgas en la costa gallega alcanzan su máximo desarrollo. De hecho, la actividad recolectora en Galicia se realiza a lo largo de todo el año, pero sobre todo se concentra en los meses de máxima biomasa (entre abril y octubre).

De forma general, *Codium* spp. es la especie que presenta mayores cantidades de biomasa acumulando un total de 1295.73 kg PS en los 14 puntos de muestreo. Los valores máximos por estación se registraron en Valdoviño, Aguiño y Oia con biomasa en torno a 230 – 360 kg PS. Si observamos la Figura 14, vemos que únicamente en las estaciones de la costa da Morte (Corme, Muxía y Caldebarcos) y en estaciones más protegidas (Niño do Corvo y Punta Furado) su dominio es reemplazado por el de especies carragenófitas (*C. crispus* y *C. acicularis*). La especie con los datos más bajos durante todo el estudio fue *M. stellatus* con tan solo 23.32 kg PS de biomasa total registrada en toda el área.

Estudios previos indicaron que la biomasa total de carragenófitos (*C. crispus*, *M. stellatus* y *Gigartina pistillata*.) presentes en las costas gallegas estimada en los años 80 y 90 fue de entre 2000 - 2500 t PS (Cremades et al., 2004). Los datos obtenidos en este estudio apuntan a una reducción en los valores de biomasa disponible de estas especies de macroalgas lo que estaría en la línea de otros estudios que apuntan a una reducción en la distribución de las especies de macroalgas en la costa de Galicia durante las últimas décadas (Piñeiro-Corbeira et al., 2016).

Tabla 6. Datos de biomasa disponible de cada especie en el área de muestreo registrada durante los meses de verano 2020/21 en la costa da Galicia

	Area (m ²)	<i>Ch. crispus</i> (Kg ps)	<i>Codium spp.</i> (Kg ps)	<i>O. pinnatifida</i> (Kg ps)	<i>M. stellatus</i> (Kg ps)	<i>Ch. acicularis</i> (Kg ps)	TOTAL (Kg ps)
Oia	2937.26	3.67	360.23	20.52	0.84	59.07	444.33
Monte Lourido	2269.87	0.50	68.78	5.37	0.00	1.03	75.68
O Vao	2859.50	2.95	66.24	1.88	0.00	9.62	80.69
Bouzas	354.21	0.00	0.07	0.82	0.65	0.00	1.53
Niño Corva	2836.92	6.78	0.00	2.97	0.00	19.07	28.81
Punta Furado	1379.98	0.00	0.00	3.87	0.57	0.12	4.56
Aguiño	2523.55	0.00	293.94	15.25	0.00	4.99	314.18
Louro	2512.75	6.79	115.98	2.39	0.00	7.25	132.41
Caldebarcos	2034.33	1.85	7.89	4.82	2.33	25.61	42.50
Muxía	1953.29	119.08	45.79	17.10	7.47	12.40	201.83
Corme	1235.45	2468.77	17.04	137.58	8.94	8.98	2641.32
Valdoviño	2031.35	0.00	235.42	5.62	1.80	44.27	287.11
Xilloi	1425.51	9.73	24.10	0.00	0.73	11.31	45.86
San Cosme de Barreiros	2297.79	1.11	60.26	1.61	0.00	17.47	80.44
Total	28651.76	2621.22	1295.73	219.79	23.32	221.18	4381.25

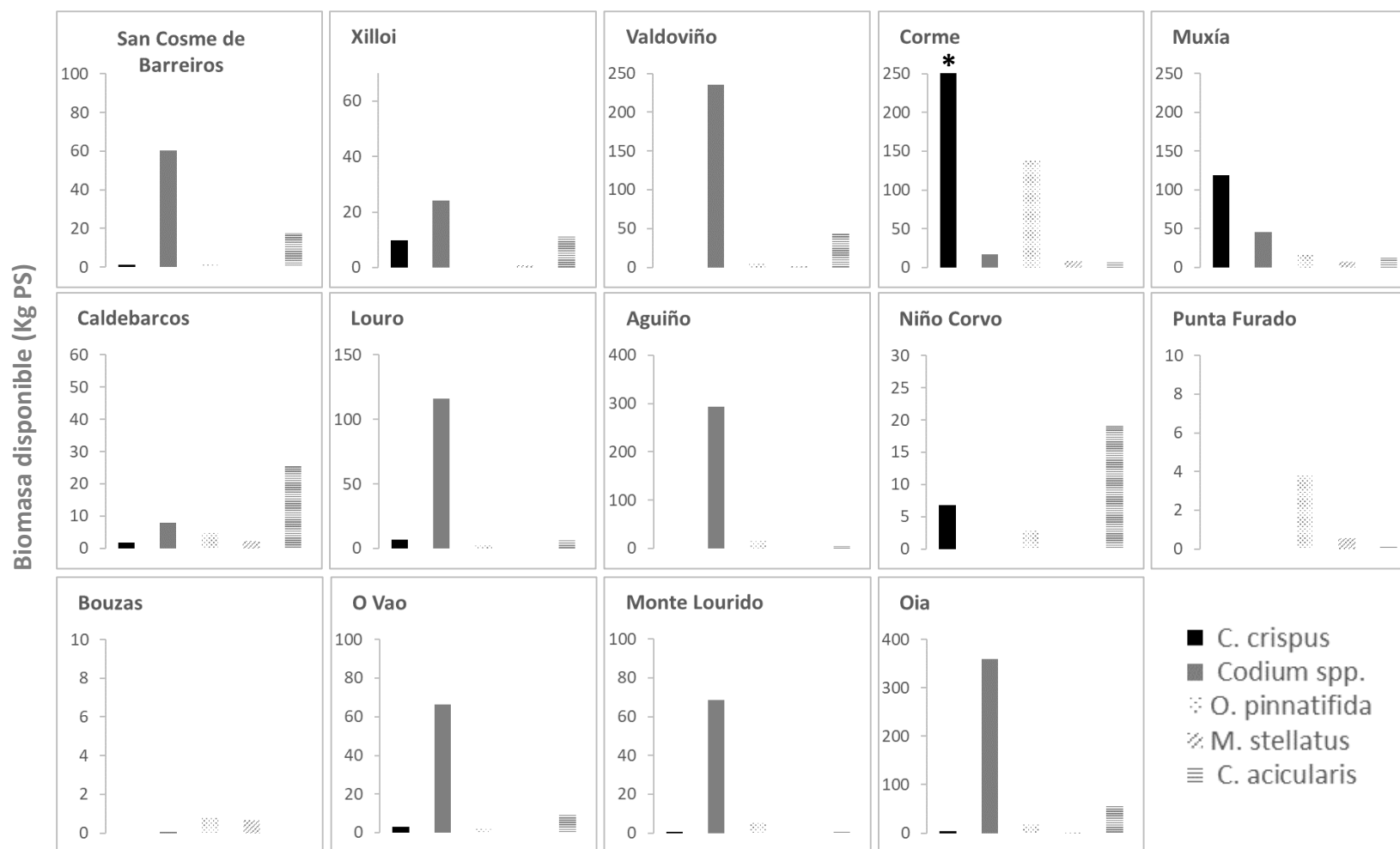


Figura 14. Biomasa disponible de las 5 especies de macroalgas objetivo en cada una de los 14 puntos analizados en la costa de Galicia durante los meses de verano de 2020/21. (*) dato real de Corme no visualizado en el grafico = 2468.77 kg PS

3.2 Portugal

Datos históricos

Se evaluaron áreas de lechos de algas marinas de 19 costas en el norte de Portugal que abarcan un área total de aproximadamente 649000 m² que corresponde a una biomasa disponible de 6256.35 kg PS de todas las especies objetivo combinadas (Tabla 7). Para toda el área encuestada, a pesar de la alta variación entre orillas, *C. acicularis* alcanzó el mayor stock en pie (2357.46 kg PS) y *C. crispus* y *O. pinnatifida* presentaron los valores más bajos de stock en pie (401.2 kg PS y 425.64 kg PS respectivamente, Tabla 7). Aunque en general los lechos de algas de área más grande correspondían a biomasa disponible más elevada por orilla, hubo una variabilidad considerable entre las costas en la abundancia de especies objetivo (g PS m⁻²) (Figura 15): áreas muestreadas similares, por ejemplo, São Bartolomeu y Amorosa, presentaron abundancias diferentes.

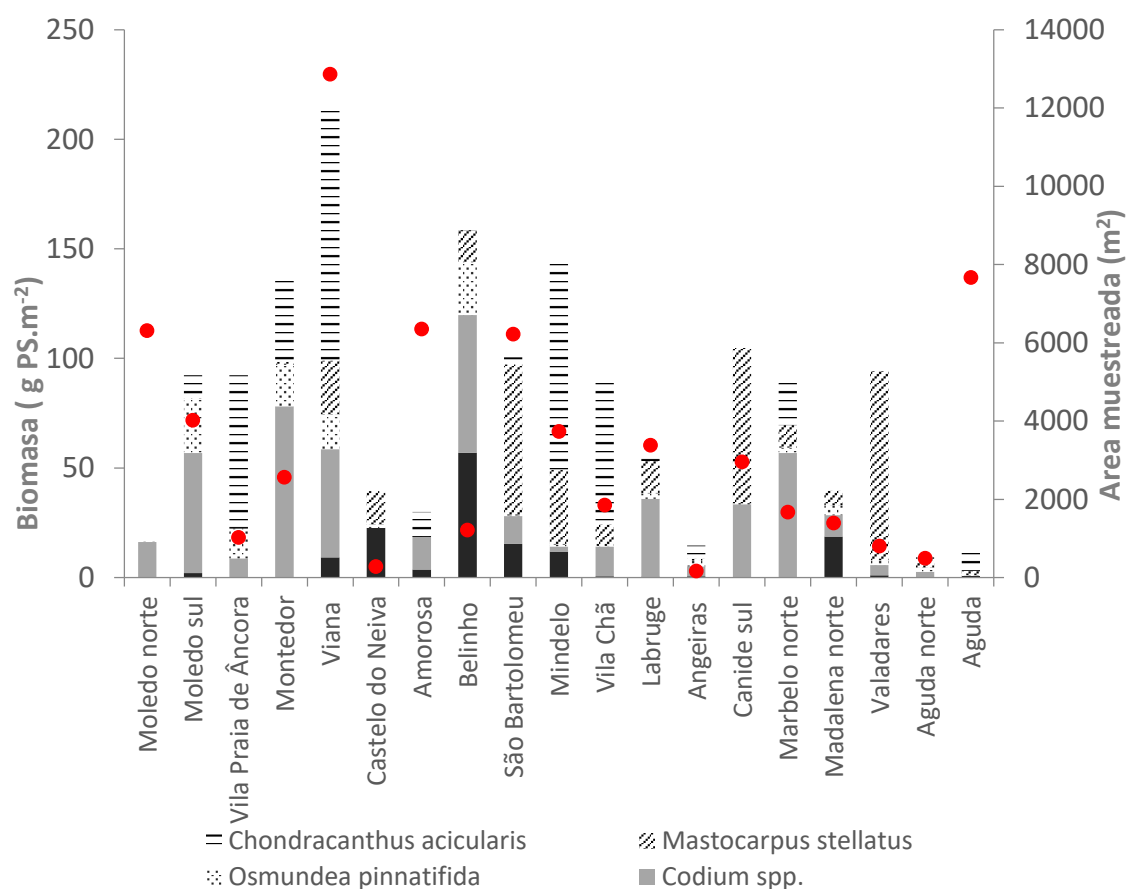


Figura 15. Biomasa (g PS m⁻²) de las cinco especies objetivo relativa al área muestreada (puntos rojos) (m²).

Tabla 7. Datos de biomasa disponible de cada especie en el área de muestreo obtenidos durante las campañas de 2017 en la costa de Portugal

	<i>Area</i> (m ²)	<i>Ch. Crispus</i> (Kg _{ps})	<i>Codium spp</i> (Kg _{ps})	<i>O. pinnatifida</i> (Kg _{ps})	<i>M. stellatus</i> (Kg _{ps})	<i>Ch. Acicularis</i> (Kg _{ps})	<i>TOTAL</i> (Kg _{ps})
Moledo norte	6303.83	0.00	102.11	0.78	0.00	0.00	102.89
Moledo sul	4015.05	8.20	220.21	99.59	0.21	42.20	370.40
Vila Praia de Âncora	1022.71	0.00	9.03	13.81	0.00	71.55	94.38
Montedor	2563.91	0.00	200.47	48.65	3.38	95.19	347.68
Viana	12860.58	118.81	635.40	203.53	315.25	1465.98	2738.97
Castelo do Neiva	279.44	6.33	0.00	0.44	4.27	0.00	11.04
Amorosa	6352.00	23.31	94.70	0.07	0.00	71.74	189.83
Belinho	1209.08	68.92	75.91	29.21	17.57	1.97	193.58
São Bartolomeu	6216.35	95.66	78.53	1.86	428.59	19.92	624.56
Mindelo	3731.37	44.07	8.99	3.24	127.09	352.36	535.74
Vila Chã	1852.68	1.09	25.24	0.36	18.21	121.83	166.72
Labruge	3380.20	1.69	119.59	8.68	50.01	4.67	184.65
Angeiras	161.72	0.09	0.73	0.44	0.14	0.96	2.36
Canide sul	2952.00	0.00	98.88	0.00	210.47	0.00	309.36
Marbelo norte	1671.26	0.00	95.09	3.93	17.18	35.48	151.67
Madalena norte	1390.74	25.99	13.69	6.24	9.05	0.35	55.33
Valadares	802.09	0.82	3.77	1.73	69.30	0.06	75.69
Aguda norte	489.30	0.08	1.18	0.97	2.28	0.00	4.50
Aguda	7667.76	6.15	0.00	2.12	15.55	73.18	97.00
Total	64922.05	401.20	1783.52	425.64	1288.54	2357.46	6256.35

Variación estacional de la biomasa disponible

El análisis de datos de los muestreos de 2020, revela un contraste entre áreas de muestreo y especies (Tabla 8). En noviembre 2020, cabe destacar la variabilidad espacial registrada entre especies donde el máximo registrado fue *Codium* spp. con 34436.72 g PS en la playa de Aguçadoura en contraste con Viana (Tabla 8). Sin embargo, hay una tendencia en la abundancia de las especies, en la que proporcionalmente se encuentran las mismas en ambas áreas de estudio (Tabla 7). Siendo el orden de especies según su abundancia, de mayor a menor, el siguiente: *Codium* spp., *O. pinnatifida*, *M. stellatus*, *C. crispus* y *C. acicularis* como menos abundante, con presencia nula en la playa de Aguçadoura. Del mismo modo, la playa de Aguçadoura presenta mayor abundancia de especies en su mayoría, destacando sobretodo *Codium* spp., *O. pinnatifida* y *C. crispus*. En mayo 2021, los padrones de abundancia das especies registrados en noviembre se mantienen en la playa de Aguçadoura, sin embargo, en Viana *C. acicularis* superó *C. crispus* en biomasa total (Tabla 8).

Tabla 8. Datos de biomasa disponible total obtenidos durante las campañas de noviembre 2020 y mayo 2021.

Biomasa total /especie (g ps)	nov-20		may-21	
	Aguçadoura	Viana	Aguçadoura	Viana
<i>C. crispus</i>	3267.13	517.44	1699.24	452.06
<i>Codium</i> spp.	34436.72	16022.53	12241.32	15446.94
<i>O. pinnatifida</i>	21904.49	10815.42	10494.60	14263.05
<i>M. stellatus</i>	4055.66	5892.47	3946.14	9995.68
<i>C. acicularis</i>	0.00	418.80	0.00	1149.35

En cuanto a los datos segregados por zonas en cada playa (Tabla 9), se verifico que las áreas de las bandas de macroalgas en el mes de mayo aumentaron con respecto a noviembre del año anterior. Así mismo, como mayo corresponde al inicio de la estación de crecimiento, se verifico que las áreas de bandas de macroalgas de mayor dimensión solían presentar con frecuencia una biomasa menor que las áreas de menor dimensión en noviembre (que corresponde al final de la estación de crecimiento).

Así pues, la biomasa total por playas indica que, las mayores poblaciones de algas fueron las especies *Codium* spp. y *O. pinnatifida*, con un patrón de desarrollo mayor en el mes de noviembre en Aguçadoura y en el mes de mayo en la playa de Viana.

Tabla 9. Datos de biomasa disponible de cada especie en el área de muestreo obtenidos durante las campañas de 2020/21 por zonas de muestreo.

Biomasa total (g ps)	Aguçadoura				Viana			
	Zona 1		Zona 2		Zona 1		Zona 2	
	NOV	MAY	NOV	MAY	NOV	MAY	NOV	MAY
<i>C. crispus</i>	2888.75	0.00	378.38	1699.24	517.44	0.00	0.00	452.06
<i>Codium</i> spp.	26031.81	7140.34	8404.91	5100.97	13703.77	2091.43	2318.76	13355.52
<i>O. pinnatifida</i>	8725.28	3045.34	13179.21	7449.27	6104.91	5322.75	4710.50	8940.30
<i>M. stellatus</i>	0.00	3263.34	4055.66	682.80	5637.24	0.00	255.23	9995.68
<i>C. acicularis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	16.34	481.61	402.46	667.75
Área (m ²)	411.00	702.00	507.00	720.00	558.00	759.00	213.60	637.50

4 REFERENCIAS

- Araújo, R., Vázquez Calderón, F., Sánchez López, J., Azevedo, I. C., Bruhn, A., Fluch, S., Garcia Tasende, M., Ghaderiardakani, F., Ilmjärv, T., Laurans, M., Mac Monagail, M., Mangini, S., Peteiro, C., Rebours, C., Stefansson, T., Ullmann, J. (2021) Current Status of the Algae Production Industry in Europe: An Emerging Sector of the Blue Bioeconomy. *Front. Mar. Sci.* 7: 626-389 [https://doi: 10.3389/fmars.2020.626389](https://doi.org/10.3389/fmars.2020.626389)
- Araújo, R., Bárbara, I., Tibaldo, M., Berecibar, E., Tapia, P. D., Pereira, R., Santos, R., Sousa Pinto, I. (2009) Checklist of benthic marine algae and cyanobacteria of northern Portugal, *Bot. Mar.* 52 (1): 24-46 <https://doi.org/10.1515/BOT.2009.026>
- Abdul Khalil, H. P. S., Chaturbhuj, K. Saurabh., Tye, Y. Y., Lai, T. K., Easa, A. M., Rosamah, E., Fazita, M. R. N., Syakir, M. I., Adnan, A. S., Fizree, H. M., Aprilia, N. A. S., Banerjee Aparajita. (2017) Seaweed based sustainable films and composites for food and pharmaceutical applications: A review. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 77: 353-362 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.025>
- Bárbara, I., Cremades, J., Calvo, S., López-Rodríguez, M. C., Dosil, J. (2005). Checklist of the benthic marine and brackish Galician algae (NW Spain). *An. Jard. Bot. Madr.* 62(1): 69-100
- Blanco, A., Lemos, M. F. L., Pereira, L., Gaspar, R., Mouga, T., Neto, J. M., Troncoso, J. S., Olabarria, C. (2020). Mapping Invasive Macroalgae in the Western Iberian Peninsula: A Methodological Guide. Olabarria, C., Blanco, A. and Troncoso, J. S. (Eds.). *Servizo de Publicacións da Universidade de Vigo*. 73 pp
- Bertocci, I., Ara Ujo, R., Oliveira, P., & Sousa-Pinto, I. (2015). Potential effects of kelp species on local fisheries. *J. App. Ecol.* 52: 1216–1226 <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12483>
- Bogie, J., Hoeks, C., Schepers, M., Tian, A., Cuypers, A., and Leijten, F. (2019). Dietary *Sargassum fusiforme* improves memory and reduces amyloid plaque load in an Alzheimer's disease mouse model. *Sci. Rep.* 9:4908. [https://doi: 10.1038/s41598-019-41399-4](https://doi.org/10.1038/s41598-019-41399-4)
- Bunker, F. S. D., Brodie, J. A., Maggs, C. A. & Bunker, A. R. 2010. *Seasearch guide to seaweeds of Britain and Ireland*. Marine Conservation Society, Ross-on-Wye. 224 pp.
- Borges, D., Azevedo, I., Melo, R., Antunes, S. C., Sousa Pinto, I. (2019). Assessment of spatial and seasonal biomass variation of intertidal seaweed species with commercial potential use as basis for future tailored standing stocks management. *Front. Mar. Sci. Conference Abstract: XX Iberian Symposium on Marine Biology Studies (SIEBM XX)*. <http://doi: 10.3389/conf.fmars.2019.08.00118>
- Cardoso, S., Carvalho, L., Silva, P., Rodrigues, M., Pereira, O., Pereira, L., 2014. Bioproducts from seaweeds: a review with special focus on the Iberian Peninsula. *Curr. Org. Chem.* 18, 896–917. <https://doi.org/10.2174/138527281807140515154116>
- Cremades, J., Bárbara, I., Veiga, A. J. (2004) Intertidal vegetation and its commercial potential on the shores of Galicia (NW Iberian Peninsula). *Thalassas* 20 (2): 69-80
- Christie, H., Norderhaug, K. M., Fredriksen, S. (2009) Macrophytes as habitat for fauna. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 396:221-233. <https://doi.org/10.3354/meps08351>
- Cruz-Motta JJ, Miloslavich P, Palomo G, Iken K, Konar B, Pohle G, et al. (2010) Patterns of Spatial Variation of Assemblages Associated with Intertidal Rocky Shores: A Global Perspective. *PLoS ONE* 5(12): e14354. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014354>
- Darda, S., Papalas, T., and Zabaniotou, A. (2019). Biofuels journey in Europe: currently the way to low carbon economy sustainability is still a challenge. *J. Clean Prod.* 208: 575–588. [https://doi: 10.1016/j.jclepro.2018.10.147](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.147)
- Dayton, P. K. (1985) Ecology of kelp communities. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 16: 215–245 <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.16.110185.001243>

- Dos Santos Fernandes De Araujo, R., (2019) Brief on algae biomass production, Lusser, M., Sanchez Lopez, J. and Avraamides, M. editor(s), Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-12270-8. https://doi.org/10.2760/402819_JRC118214
- Franco, J N., Arenas, F., Sousa-Pinto, I., de los Santos, C B. (2020) Snapshot of Macroalgae and Fish Assemblages in Temperate Reefs in the Southern European Atlantic Ecoregion. *Diversity*. 12(1):26 <https://doi.org/10.3390/d12010026>
- Freitas, R., Romeiras, M., Silva, L., Cordeiro, R., Madeira, P., González, J A., Wirtz, P., Falcón, J M., Brito, A., Floeter, S R., Afonso, P., Porteiro, F., Viera-Rodríguez, M A., Neto, A I., Haroun, R., Farminhão, J N M., Rebelo, A C., Baptista, L., Melo, C S., Martínez, A., Núñez, J., Berning, B., Johnson, M.E., Ávila, S.P. (2019) Restructuring of the 'Macaronesia' biogeographic unit: a marine multi-taxon biogeographical approach. *Sci. Rep.*, 9 <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51786-6>
- García Tasende, M., Pereiro, C. (2015) Explotación de las macroalgas marinas: Galicia como caso de estudio hacia una gestión sostenible de los recursos. *Ambienta*. 111: 116-132
- Gaspar, R., Pereira, L., Sousa-Pinto, I. (2019) The seaweed resources of Portugal. *Bot. Mar.* 62: 499–525. <https://doi.org/10.1515/bot-2019-0012>
- González, A., Santelices, B., 2004. A dichotomous species of *Codium* (Bryopsidales, Chlorophyta) is colonizing northern Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 293–304. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2004000200008>.
- Guiry, M.D., Guiry, G.M. (2021) *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>
- ICNF (2017) Parque Natural do Litoral Norte. <http://www.icnf.pt/portal/ap/p-nat/pnln/class-carac>.
- Kim, S.-K., 2012. *Handbook of Marine Macroalgae Biotechnology and Applied Phycology*, 1st ed. Wiley-Blackwell, UK. <https://doi.org/10.1002/9781119977087>
- Kwon, P S., Oh, H., Kwon, S., Jin, W., Zhang, F., Fraser, K. (2020). Sulfated polysaccharides effectively inhibit SARS-CoV-2 in vitro. *Cell Discov.* 6:50. <https://doi.org/10.1038/s41421-020-00192-8>
- Melo, R. (2018). Avaliação da comunidade de macroalgas da praia rochosa de Belinho-Mar. Universidade de Porto, Portugal.
- Melo, R., Sousa-Pinto, I., Atunes, S., Costa, I., Borges, D. (2021). Temporal and spatial variation of seaweed biomass and assemblages in Northwest Portugal. *J. Sea Res.* 174: 1385-1101. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2021.102079>
- Paiva, L., Lima, E., Patarra, R.F., Neto, A.I., Baptista, J., 2014. Edible Azorean macroalgae as source of rich nutrients with impact on human health. *Food Chem.* 164, 128–135. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.119>
- Patarra, R.F., Leite, J., Pereira, R., Baptista, J., Neto, A.I., 2013. Fatty acid composition of selected macrophytes. *Nat. Prod. Res.* 27, 665–669. <https://doi.org/10.1080/14786419.2012.688048>
- Pereira, L.C. dos R.T. 2004. Estudos em macroalgas carragenófitas (Gigartinales, Rhodophyceae) da costa portuguesa - aspectos ecológicos, bioquímicos e citológicos. Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra, 294 pp
- Pereira, L., Amado, A.M., Critchley, A.T., van de Velde, F., Ribeiro-Claro, P.J.A., 2009. Identification of selected seaweed polysaccharides (phycocolloids) by vibrational spectroscopy (FTIR-ATR and FT-Raman). *Food Hydrocoll.* 23, 1903–1909. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.11.014>
- Pereira, L., van de Velde, F., 2011. Portuguese carrageenophytes: carrageenan composition and geographic distribution of eight species (Gigartinales, Rhodophyta). *Carbohydr. Polym.* 84, 614–623. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.12.036>

- Pereira, L., Meireles, F., Gaspar, R., 2014. Population studies and carrageenan properties in eight gigartinales (rhodophyta) from Iberian Peninsula. *Seaweeds* 2013, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2013/939830>
- Peteiro, C. (2018) Alginate Production from Marine Macroalgae, with Emphasis on Kelp Farming. In: Rehm B., Moradali M. (eds) *Alginates and Their Biomedical Applications*. Springer Series in Biomaterials Science and Engineering, vol 11. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-6910-9_2
- Pina, A.L., Costa, A.R., Lage-Yusty, M.A., L'opez-Hernández, J., 2014. An evaluation of edible red seaweed (*Chondrus crispus*) components and their modification during the cooking process. *LWT Food Sci. Technol.* 56, 175–180. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.08.006>
- Piñeiro-Corbeira, C., Barreiro, R., Franco, J. N., Cremades, J., Cunha, J., & Arenas, F. (2019). Unexpected nutrient influence on the thermal ecophysiology of seaweeds that recently followed opposite abundance shifts. *Marine Environmental Research*, 151, 104747. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.06.009>
- Prego, R., Guzmán-Zuñiga, D., Varela, M., de Castro, M., Gómez-Gesteira, M. (2007) Consequences of winter upwelling events on biogeochemical and phytoplankton patterns in a western Galician ria (NW Iberian Peninsula). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 73: 409-422 <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.02.004>
- Ravanal, M C., Camus, C., Buschmann, A H., Gimpel, J., Olivera-Nappa, A., and Salazar, O. (2019). "Production of bioethanol from brown algae," in *Advances in Feedstock Conversion Technologies for Alternative Fuels and Bioproducts*, ed. M. Hosseini (Cambridge: Woodhead Publishing Series in Energy), 69–88. <https://doi:10.1016/B978-0-12-817937-6.00004-7>
- Reis, P A., Gonçalves, J., Abreu, H., Pereira, R., Benoit, M., O'Mahony, F., Connellan, I., Maguire, J., Ozório, R. (2016). Seaweed *Alaria esculenta* as a biomonitor species of metal contamination in Aghinish Bay (Ireland). *Ecol. Indic.* 69: 19–25. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.03.041>
- Ruschel, B. (2019). Macroalgas em região fronteira: Viana do Castelo. Recursos Biológicos Aquáticos; departamento de Biologia. Universidad de Porto.
- Sosa, PA., Gómez Pinchetti, J L., Juanes, J A. (2006) The seaweed resources of Spain. Capítulo en libro/DVD: Critchley, A.T., Ohno, M., Largo, D.B. (Eds.) *World Seaweed Resources*, An authoritative reference system. Volumen: ETI – DVD
- Spalding, M D., Fox, H E., Allen, G R., Davidson, N., Ferdaña, Z A., Finlayson, M., Halpern, B S., Jorge, M A., Lombana, A I., Lourie, S A., Martin, K D., McManus, E., Molnar, J., Recchia, C A., Robertson, J. (2007) *Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas*. *BioScience*. 57 (7): 573–583. <https://doi.org/10.1641/B570707>
- Steneck, R., Graham, M., Bourque, B., Corbett, D., Erlandson, J., Estes, J., Tegner, M. (2002). Kelp forest ecosystems: Biodiversity, stability, resilience and future. *Environ. Conserv.* 29(4): 436-459. <https://doi:10.1017/S0376892902000322>
- Teagle, H., Hawkins, S J., Moore, P J., Smale, D A. (2017). The role of kelp species as biogenic habitat formers in coastal marine ecosystems. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 492: 81– 98. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2017.01.017>
- Wang, L., Wang, X., Wu, H., Liu, R., 2014. Overview on biological activities and molecular characteristics of sulfated polysaccharides from marine green algae in recent years. *Marine Drugs*. <https://doi.org/10.3390/md12094984>
- Zhang, C., Show, P L., Ho, S H. (2019). Progress and perspective on algal plastics - A critical review. *Bioresour. Technol.* 289:121700. <https://doi:10.1016/j.biortech.2019.121700>

- Zeraatkar, A K., Ahmadzadeh, H., Talebi, A F., Moheimani, N R., McHenry, M P. (2016) Potential use of algae for heavy metal bioremediation, a critical review J. Environ. Manag. 181: 817-831. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.06.059>