

UNA METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE LAS FANERÓGAMAS MARINAS EN CANARIAS

F. Espino

Departamento de Biología. Facultad de Ciencias del Mar, B-110. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Carretera General del Centro km. 8. D.P. 35018. Campus Universitario de Tafra. Las Palmas de Gran Canaria

RESUMEN

Se presenta una metodología para el estudio de las fanerógamas marinas en Canarias. Ésta se basa en la aplicación de técnicas cartográficas, mediante la utilización de la fotografía aérea y de un sistema de cámara de televisión. Se explica el estudio de los principales parámetros biométricos de las plantas que sirven para la evaluación de las poblaciones.

Palabras clave: fanerógamas marinas, cartografía, fotografía aérea, parámetros biométricos, método, Islas Canarias.

ABSTRACT

A methodology for the study of the marine phanerogams of the Canary islands is presented. It is based on the application of cartographic techniques by using aerial photography and a TV camera system. The study of the main biometric parameters of the plants that allow assess the populations is explained.

Keywords: marine phanerogams, cartography, aerial photography, biometrics parameters, method, Canary Islands.

1. INTRODUCCIÓN

En Canarias existen tres especies de fanerógamas marinas: *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson (Afonso-Carrillo y Gil-Rodríguez [1]), *Zostera noltii* Hornemann (Gil-Rodríguez *et al.* [14]) y *Halophila decipiens* Ostenfeld (Gil-Rodríguez y Cruz [13]). *Halophila decipiens* es una planta rizomatosa con estolones delgados, crece formando pequeñas agrupaciones y no llega a constituir verdaderas praderas, se distribuye entre los 12 y 40 metros de profundidad (Gil-Rodríguez y Cruz [13]; Pavón-Salas *et al.* [31]; Haroun *et al.* [22]). *Zostera noltii* formaba praderas en determinados lugares del litoral de las islas, la más importante se encontraba en los bajíos de Arrecife de Lanzarote (Gil-Rodríguez *et al.* [14]; Guadalupe *et al.* [19]), donde actualmente se encuentra en peligro de extinción (Espino [11]). De las tres, es *Cymodocea* la que tiene una distribución más amplia (Reyes *et al.* [34]; Pavón-Salas *et al.* [31]), formando las denominadas praderas de fanerógamas marinas, conocidas en Canarias como sebadales (Afonso-Carrillo y Gil-Rodríguez [1]).

Cymodocea nodosa crece en todas las islas del archipiélago Canario, siendo escasa en las tres islas occidentales. Forma poblaciones importantes solo en las islas centrales y orientales. Se distribuye, preferentemente, en las costas de sotavento semiexpuestas y abrigadas. (Afonso-Carrillo y Gil-Rodríguez [1]; Brito *et al.* [7]; González *et al.* [15]; Wildpret *et al.* [41]; Reyes *et al.* [34]; Pavón-Salas *et al.* [31]).

En Canarias esta especie coloniza determinadas áreas de los sustratos blandos, arenosos o arenoso-fangosos. Además, es la que más se desarrolla en ellos, siendo a la vez una especie pionera y climácica. Más raramente, sobre sustratos rocosos y fondos de máerl (Reyes *et al.* [36]; Templado *et al.* [39]). En ocasiones, puede encontrarse en charcas de la zona mesolitoral pero, generalmente, se sitúa en los fondos infralitorales someros, bien iluminados, entre los 2-3 metros y los 35 metros de profundidad (Brito *et al.* [7]; Reyes *et al.* [34]). Más frecuentemente entre los 10 y los 20 metros. Las poblaciones más homogéneas y densas se localizan en bahías o ensenadas más o menos abrigadas, al resguardo del oleaje y de las corrientes, mientras que en zonas más expuestas son más heterogéneas y menos densas.

Cymodocea nodosa tiene una gran importancia ecológica en Canarias, como se ha puesto de manifiesto por múltiples autores (Afonso-Carrillo y Gil-Rodríguez [1]; Brito *et al.* [7]; González *et al.* [15]; Aguilera *et al.* [3]; Fernández-Palacios y Martín [12]; Espino [11]). Las praderas de fanerógamas marinas constituyen el ecosistema más importante en los fondos blandos. Además cumplen diversas funciones biológicas, ecológicas y físicas. Por estos motivos, las tres especies están recogidas en el Catálogo de Especies Amenazadas de Canarias [4], aunque con diferentes categorías: *Zostera noltii* “en peligro de extinción”, *Cymodocea nodosa* “sensible a la alteración del hábitat” y *Halophila decipiens* “de interés especial”.

Existen diversos fenómenos, tanto naturales como antrópicos, que pueden inducir alteraciones en los factores que determinan el desarrollo natural de las fanerógamas marinas. Entre los primeros se encuentra la propia dinámica marina (efectos de los temporales, etc.). Entre los segundos el anclaje de embarcaciones, los vertidos de aguas residuales y de salmuera, las construcciones litorales (puertos, emisarios, paseos, etc.), instalaciones de cultivos marinos, pescas de arrastre (Espino, [11]). En general, los impactos implican una reducción en la abundancia y cambios en la estructura espacial (Marcos-Diego *et al.* [26]). Por este motivo, la estructura espacial de las praderas constituye un excelente indicador para determinar su grado de desarrollo, calidad y estado de salud. Así como para determinar y cuantificar los efectos de los diferentes impactos. Por estos motivos, es necesario la aplicación de un método que permita estudiar (cartografiar y evaluar) las poblaciones de estas especies en el litoral canario.

Para el estudio de las especies de fanerógamas marinas es necesaria la combinación de varios métodos (Kirkman [24]; Green *et al.* [18], Marcos-Diego *et al.* [26], Agostini *et al.* [2]). La metodología propuesta se basa en la aplicación de varios métodos que constan de varias fases: en primer lugar hay que elaborar una cartografía de las poblaciones, esta cartografía se realiza aplicando dos métodos, uno basado en la teledetección (fotografía aérea) y el otro en una cartografía realizada en el medio marino. La cartografía debe ser lo más precisa posible y determinar la distribución de las especies. Posteriormente y una vez analizada la información suministrada por los métodos cartográficos, se llevaría a cabo la evaluación de las poblaciones, mediante el estudio de los parámetros biométricos de las plantas. El objetivo es determinar el estado de las plantas y posibilitar un seguimiento lo más exacto posible en el tiempo. La última fase, consiste en la elaboración de un sistema de información geográfica, donde se recogería y organizaría la información obtenida en las fases anteriores.

2. MÉTODOS DE CARTOGRAFÍA

Existen diferentes aproximaciones al problema de cartografiar la distribución de las praderas de fanerógamas marinas (Kirkman [24]). Es preciso determinar, previamente, el objetivo de la realización de la cartografía. Por ejemplo: Puede interesar cartografiar grandes áreas, en donde lo importante sea sólo conocer la presencia de praderas marinas o su ausencia, como los trabajos realizados por Wildpret *et al.* [41]. O bien, cartografiar pequeñas áreas pero con mayor detalle de descripción de las especies, su distribución, densidad y abundancia. También puede interesar cartografiar zonas para determinar cambios en la cobertura o en su densidad (Kirkman [24]). En el caso concreto de Canarias, las áreas a cartografiar son relativamente pequeñas e interesa determinar posibles cambios en la distribución, densidad y cobertura de las especies presentes. En la obtención de los datos para la elaboración de la cartografía hay que distinguir, a su vez, dos fases: la aplicación de un método de teledetección y la aplicación de un método de cartografía *in situ*, en el medio marino.

- Método de Teledetección: Fotografía Aérea

Existen tres formas por medio de las cuales las praderas de fanerógamas marinas pueden ser cartografiadas: desde globos, aeronaves o naves espaciales (Kirkman [24]). En Canarias, la transparencia del agua permite utilizar la fotografía aérea como método para elaborar la cartografía (Barquín *et al.* [6]), según estos autores puede emplearse, para este fin, hasta los 15-20 metros. Los datos obtenidos en forma de fotografías, han de someterse a tratamientos e interpretaciones, ya que las variaciones de color o de densidad en las fotografías no son debidas en todos los casos a las poblaciones de fanerógamas marinas. Las variaciones de profundidad, la turbidez, arrecifes rocosos, acumulaciones de detritos y campos de macroalgas pueden dar lugar a áreas con una densidad de color más alta. Barquín *et al.* [6] recomiendan que una vez digitalizadas las fotografías y antes de ser analizadas, las fotos deben procesarse mediante programas de retoque fotográfico, con el fin de resaltar los colores. El tratamiento digital consiste en equalizar los canales rojo, verde y azul por separado, para darle la misma importancia a los tres colores.

Antes de realizar las fotografías, se debe sobrevolar la zona para observar las dimensiones del área de estudio, de esta manera se determina la precisión que se requiere para el trabajo y se identifican los posibles problemas que puedan existir (Kirkman [24]). Es importante, en esta fase previa, fijar marcas de tierra para casar las fotografías con la cartografía. Según Orth [29], la fotografía aérea comercial es un método caro, pero también es una excelente herramienta para la cartografía precisa de praderas de fanerógamas marinas. A menudo, las fotografías aéreas están disponibles en departamentos gubernamentales, la escala de las fotos debe ser adecuada para tener la precisión requerida.

Ramos-Espla [33] utilizó la fotografía aérea para la delimitación de praderas de *Posidonia oceánica* en el Mediterráneo español. Las fotografías en blanco y negro permitieron cartografiar con precisión las praderas hasta 10 metros de profundidad, pero no distinguir los substratos rocosos o las praderas densas de *Cymodocea nodosa* de las de *Posidonia*, para esto utilizó un método de arrastre de buceadores en transectos.

Un observador con las habilidades necesarias para distinguir las especies y para la interpretación de fotos aéreas puede realizar cartografías precisas de praderas marinas (Kirkman [24]). El mismo autor recomienda una cámara Wild R. C. 10 o una cámara Zeiss con un objetivo de 152.44 mm. Para la penetración en el agua debe utilizarse un filtro ama-

rillo. Un modelo de película que suele ser utilizado es el negativo de Kodak 2448 para la penetración en el agua, el formato de foto es de 23 cm × 23 cm. Las fotografías, generalmente, se solapan un 80 % en el sentido longitudinal y un 20 % en los laterales. Kirkman [24] recomienda como el mejor balance de color para la fotografía aérea la gama azulada.

La altura del vuelo para la obtención de la información depende de la precisión requerida. En el caso de Canarias, se podría fijar de manera que, por ejemplo, una bahía con una población de *Cymodocea* se observara en una sola foto, que permitiera posteriormente realizar una cartografía de la pradera con bastante precisión. Las fotos deben realizarse con marea baja, con una inclinación solar de 35 grados. Hay que seleccionar los días en que no haya nubes, ni viento y tampoco mar de fondo, de manera que la transparencia del agua sea lo máxima posible, en Canarias estos días suelen presentarse entre los meses de mayo y junio. Otros métodos de teledetección empleados y que cada día son más perfeccionados, son el escáner de análisis multiespectral (MSS) y la imagen de satélites (Kirkman [24]; Barquín *et al.* [6]).

- Método de Cartografía en el Mar: Sistema de Vídeo y TV

Existen diversos métodos, que se emplean en el medio marino, para cartografiar las praderas de hierbas marinas, como son: ecosondadores y sonar de barrido lateral (Diviacco *et al.* [10]), sistemas de vídeo y televisión (Barquín *et al.* [6]) y remolque subacuático de buceadores (Ramos-Espla [33]; Barquín *et al.* [6]). Estos métodos son necesarios y complementarios de los empleados en las técnicas de teledetección. Es necesaria una comprobación *in situ* de las delimitaciones de las praderas realizadas por los métodos de teledetección. Por ejemplo, un alto contenido en nutrientes en la columna de agua causa un excesivo desarrollo de epífitos sobre las hierbas marinas, dando lugar a la muerte de las praderas por la sombra que producen sobre sus hojas. La fotografía aérea por sí sola, no puede distinguir entre las praderas con buen estado de salud de aquellas cubiertas excesivamente por epífitos, porque entre ambas solo hay un ligero cambio en la densidad de color (Kirkman [24]). La comprobación *in situ* de la información de la fotografía aérea permite distinguir entre las dos situaciones, pudiendo informar a tiempo de la posible eutrofización y muerte de las praderas.

El sistema de vídeo y televisión ha sido utilizados por varios autores en el estudio y cartografiado de comunidades del bentos marino (Barquín *et al.* [6]). En el caso concreto de *Cymodocea nodosa* en Canarias, para la realización de la cartografía en el mar se utiliza una embarcación, con la cual se realizan los recorridos sobre las poblaciones de las fanerógamas, a partir de la información suministrada por las fotos aéreas. Para las observaciones se utiliza una cámara de televisión submarina marca MARISCOPE Modelo MICRO B/N con Chip CCD de alta sensibilidad 0,1 lux con autoshutter y led de infrarrojos. Esta cámara va inserta en un bastidor de acero con estabilizador y lastre para el correcto equilibrado. La señal de la cámara se transmite a un pequeño monitor de televisión (120 mm), mediante un cable coaxial de 5 mm, resistente a la tracción y a la presión. El cable se estiba en un carrete que contiene 100 metros, pudiendo regularse la longitud según la profundidad a observar. Al sistema de televisión puede adaptarse un grabador de imágenes (Barquín *et al.* [6]), para ser analizadas posteriormente.

La maniobra para el cartografiado se desarrolla de la siguiente manera: la cámara se arrastra por popa, a una velocidad que minimice el ángulo de arrastre (entre 1 y 2 nudos), cuando se observa la población, se toma la posición geográfica del punto y la profundidad

del mismo, mediante los datos suministrados por el GPS-plotter-sonda de la embarcación, también se anota el tipo de comunidad observado. *Cymodocea nodosa* puede formar poblaciones monoespecíficas, o distribuirse con el alga verde *Caulerpa prolifera*, o con *Caulerpa racemosa* (González *et al.* [15]) También puede distribuirse con *Halophila decipiens* (Haroun *et al.* [22]). Más raramente con el alga parda *Cystoseira abies-marina*, cuando existen bloques rocosos sobre el substrato blando. Ocasionalmente con *Zostera noltii*, como sucedía en los bajíos costeros de Arrecife de Lanzarote (Gil-Rodríguez *et al.* [14]). Para la integración de los datos de navegación puede utilizarse un programa específico previamente instalado en un ordenador portátil (Barquín *et al.* [6]).

Otra de los parámetros registrados es la densidad de la población, de acuerdo con una escala subjetiva de densidad, distinguiéndose entre: densidad alta, media o baja. También el tipo de distribución es anotado, distinguiéndose entre las siguientes categorías: presencia o haces esporádicos (aislados), cordones (siguiendo el crecimiento de rizomas plagiotrópicos), parches o manchones y pradera. Así como otras observaciones pertinentes (presencia de epífitos, invertebrados, peces, residuos, etc.).

Para esta maniobra se necesitan cuatro personas: una dirige el timón de la embarcación y mantiene el rumbo adecuado (de acuerdo con los transectos prefijados), además de realizar la lectura de los datos del GPS-plotter-sonda; otra persona se coloca en el monitor, observando con atención las imágenes, ésta suministra los datos observados sobre la especie y determina la necesidad de elevar o bajar la cámara, este componente del equipo es vital para que los datos obtenidos tengan la precisión requerida, ha de tratarse de una persona con los conocimientos suficientes sobre las especies y el medio marino, así como tener la capacidad de observación necesaria. Los datos son registrados en un estadillo por una tercera persona que recoge tanto los del monitor como los de navegación. Por último, una cuarta persona se coloca a popa de la embarcación sujetando el cable de la cámara, y realiza las maniobras de recogida y lanzado, según varía la profundidad.

El objetivo consiste en realizar una trama de puntos, siguiendo transectos perpendiculares y paralelos a la línea de costa, que permita cartografiar las poblaciones, haciendo especial incidencia en los límites, sobre todo las cotas batimétricas superior e inferior (límites batimétricos), así como los límites de distribución lateral. El número de transectos y la distancia entre los mismos depende de la precisión requerida. Por ejemplo, Sheperd y Womersley [38] cartografiando praderas marinas en el sur de Australia, emplearon series de transectos perpendiculares a la costa, cada 25 metros, complementándolos con transectos cada 100 metros perpendiculares a los anteriores.

Todos los datos obtenidos se superponen a las capas de otras fuentes de información disponibles sobre fanerógamas marinas (mapas batimétricos, ecocartografías, fotografía aérea, etc.), realizándose en cada caso las correcciones oportunas. Los puntos tomados con el GPS se introducen en la cartografía con un código de colores, según la información asociada al mismo. A las zonas con arena sin vegetación y de fondo rocoso se les asigna colores o tramas distintas que permitan distinguirlos. Estos datos permiten realizar las correcciones a la hora de elaborar la cartografía de las poblaciones. Es importante señalar, que el objetivo del trabajo de cartografiar, es establecer la distribución de las fanerógamas marinas, por lo que aquellas situaciones en las que no aparecen, como sucede en las formaciones de algas verdes del género *Caulerpa*, no deben reflejarse en la cartografía como poblaciones de fanerógamas marinas. En varios trabajos se han confundido estas comunidades de algas verdes con poblaciones de fanerógamas marinas, como sucede en algunas ecocartografías del litoral canario. En las situaciones en las que domina *Caulerpa* spp. y *Cymodocea*

está presente de forma residual (con densidades residuales o haces esporádicos), se debe optar por establecer una situación de presencia de la especie.

Este método de cartografía, además de complementares con los métodos de teledetección, permite abarcar áreas amplias en un tiempo razonable. Tiene, además, la ventaja de evitar estancias prolongadas de los buceadores en el fondo y permite la obtención de un volumen de información importante. Una alternativa al sistema de televisión es el remolque subacuático de buceadores, siendo uno de los métodos más utilizados para la realización de bionomías bentónicas y en estudios de la vegetación marina (Ramos-Espla [33]; Kirkman [24]; Barquín *et al.* [6]), si bien este método de arrastre supone un desgaste y entraña un riesgo para los buceadores. Un ejemplo de los resultados de la combinación de estos dos métodos puede observarse en la Foto 1:



Foto 1: Fotografía aérea de la Bahía de Formas (Sureste de Gran Canaria). Las manchas oscuras centrales corresponden a parches de *Cymodocea nodosa*, cuya densidad oscila entre 1200 y 1900 haces/m² en verano. Los puntos rojos reflejan coordenadas obtenidas mediante cartografía realizada utilizando un sistema de cámara de TV. Se observa la pluma del emisario de la planta depuradora del sureste y la pluma de sedimentos producida por la construcción del puerto industrial de Arinaga. Fuente: Foto Aérea del Gobierno de Canarias.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN

En este apartado se incluyen los métodos utilizados para la evaluación de los parámetros biométricos de las especies de fanerógamas marinas y que son necesarios para el seguimiento. Cabe distinguir entre dos tipos de métodos: los destructivos y los no destructivos (Dennison [9]; Green *et al.* [17]). Cada uno de estos tipos presenta sus ventajas e inconvenientes, como se refleja en la Tabla I:

Tabla I. Métodos para el estudio de los parámetros biométricos y sus ventajas e inconvenientes.

Métodos	Ventajas	Inconvenientes
No destructivos	Permiten obtener mayor número de réplicas. (ideal para monitoreo)	Limitación en los parámetros evaluables.
	Mayor potencia estadística.	Menor precisión de los datos.
	No causan daños medioambientales.	
	Son fáciles de implementar.	
	Permiten la evaluación de áreas más amplias y mayor número de áreas.	
	Fáciles de aplicar.	
Destructivos	Permiten evaluar parámetros no evaluables por métodos no destructivos (biomasa, Índice de área foliar, n° semillas, n° flores, etc.).	Número de réplicas limitado (monitoreo limitado).
	Los datos pueden ser obtenidos en el laboratorio lo que implica una mayor precisión.	Menor potencia estadística.
		Causan daños o alteraciones a las especies.
		Están limitados a áreas más pequeñas.
		Difíciles de aplicar.

Algunos de los parámetros biométricos estudiados por la mayoría de los autores (Kirkman [24]; Reyes *et al.* [34]; Reyes *et al.* [35]; Delgado *et al.* [8]; Pavón-Salas *et al.* [30]; Green *et al.* [18]; Marcos-Diego *et al.* [26]; Haroun *et al.* [20]; Tuya *et al.* [40]) son:

- Densidad de haces
- Cobertura de las fanerógamas
- Altura y número de hojas
- Fragmentación
- Enterramiento
- Biomasa sobre el sustrato (standing crop)

Según Kirkman [25], son los componentes biológicos localizados sobre el sustrato los que responden más rápidamente a las perturbaciones del medio, y son precisamente estos, los más adecuados para la realización del cartografiado y el monitoreo. Green *et al.*, [17] consideran como los parámetros biométricos de mayor relevancia para la evaluación, usando técnicas de teledetección, la densidad de haces y la biomasa sobre el sustrato, lo que se denomina en la terminología anglosajona “standing crop”.

3.1. Medida de La Densidad

La densidad es un parámetro básico a evaluar en todos los estudios cuantitativos de hierbas marinas. Se expresa como el número de haces por unidad de superficie. Es un pará-

metro cuyo cálculo permite estimar (al estar correlacionado) otros parámetros de las plantas, tales como la productividad por unidad de área, etc. La densidad de haces o pies ha sido relacionada con el tamaño del haz, concentración de nutrientes en el sedimento y tipo de sedimento (Dennison [9]). Se trata de un parámetro que responde rápidamente a las perturbaciones del medio, tales como la disminución de la luz.

- Métodos Destructivos

La densidad se calcula generalmente (Dennison [9]; Green *et al.* [17]):

- Cortando los haces en un cuadrado de superficie conocida sobre la superficie del sedimento.
- Obteniendo una muestra de sedimento y las plantas asociadas con un core.
- Desraizando los haces en el interior de un cuadrado (sí el substrato es suficientemente blando).

Como se ha explicado, la ventaja principal de estos métodos es la obtención de los datos en el laboratorio, lo que permite una mayor precisión y la evaluación de otros parámetros (biomasa, índice de área foliar, etc.) que no puede ser evaluados por otros métodos. La principal desventaja radica en la lentitud de la extracción y procesado de las muestras, lo que significa un menor número de muestras que las que pueden obtenerse mediante técnicas de evaluación visual.

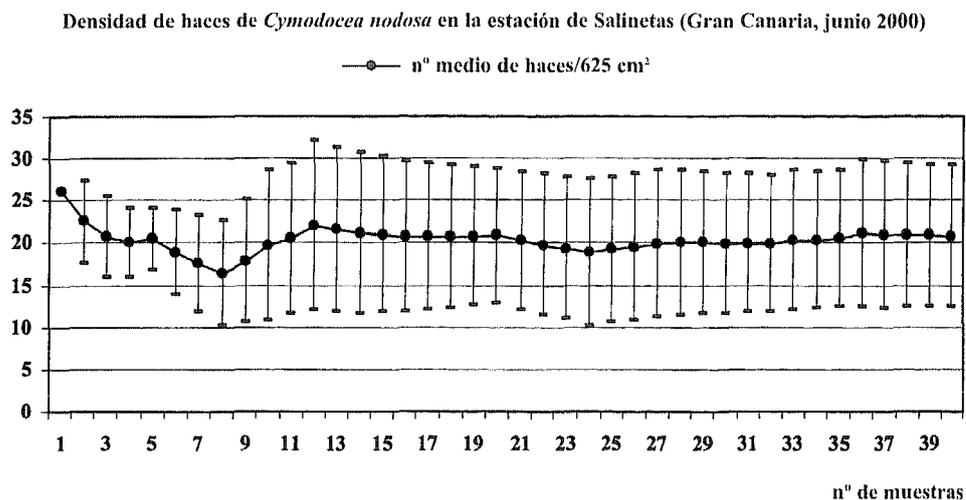
- Métodos No Destructivos

En este caso la densidad se calcula mediante un recuento de los haces en el interior de un cuadrado de superficie conocida. Este método ha sido utilizado y recomendado por varios autores (Kirkman [24]; Reyes *et al.* [35]; Pavón-Salas *et al.* [30]; Marcos-Diego *et al.* [26]; Haroun *et al.* [20]).

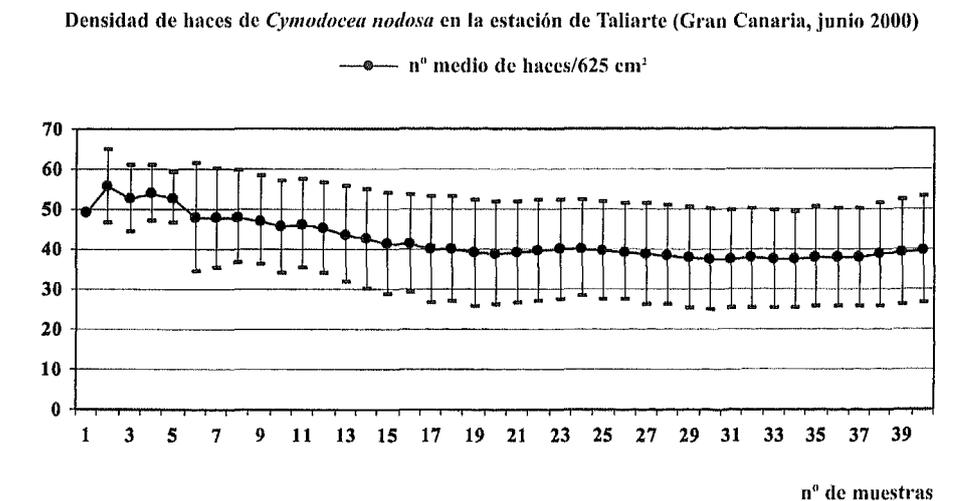
Según Green [18], este método puede ser preciso pero puede emplear bastante tiempo para realizarlo. En el caso de las fanerógamas presentes en Canarias, se ha optado por este tipo de método: La densidad de haces se calcula utilizando un cuadrado de 25 cm de lado interior, lo que equivale a una superficie de 625 cm², esta unidad ha sido utilizada por varios investigadores en el archipiélago canario (Haroun *et al.* [20]; Pavón-Salas *et al.* [30]), aunque Reyes *et al.* [35] utilizaron cuadrados de 30 cm de lado para la estima de la densidad. Otros autores utilizan 20 cm × 20 cm (Delgado *et al.* [8]) o bien otras medidas (Tuya *et al.* [40]). Dennison [9] considera que la medida del cuadrado es función de la distribución de las fanerógamas, llegando a utilizar hasta cuadrados de 1 m de lado, en determinados casos.

Este cuadrado puede estar fabricado en aluminio y ser plegable, con lo que se facilita su transporte, o bien de tubos de PVC de media pulgada, unidos con codos en sus extremos, en este caso ha de ser correctamente lastrado para que permanezca sobre el fondo durante el trabajo. En el interior de este cuadrado se cuenta el número de haces. El número de réplicas depende de varios factores, como son: la especie de fanerógama estudiada y su forma de crecimiento, el tiempo necesario para realizar la maniobra, la profundidad a la que se realiza y el tamaño del área que se debe estudiar. Previamente, se puede realizar un ensayo consistente en obtener un número de réplicas suficientes para estabilizar la media y disminuir la varianza de la muestra. En las gráficas 1, 2 y 3 se muestran los resultados de tres

ensayos realizados para averiguar el comportamiento de la media de densidad de haces de *Cymodocea nodosa*, a medida que se aumenta el número de muestras tomadas, en tres estaciones del Este de Gran Canaria.

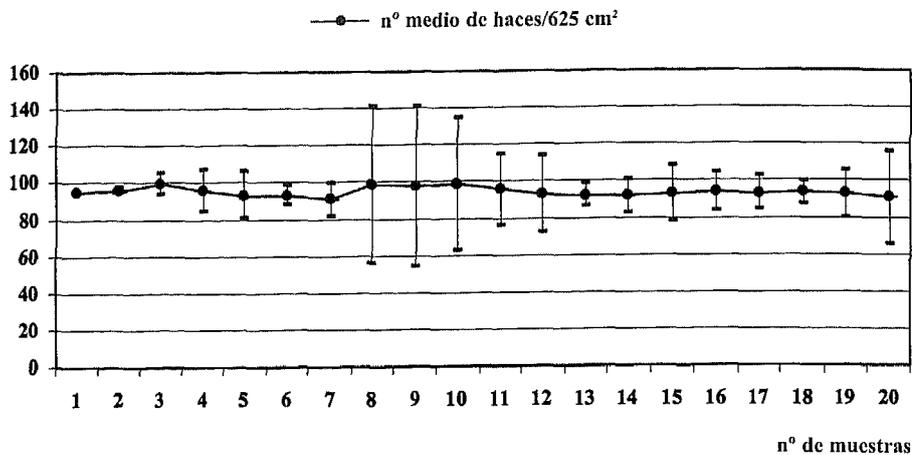


Gráfica 1: Evolución del número medio de haces/625 cm² frente al número de muestras en la estación de Salinetas (Gran Canaria, junio 2000), un sebadal de densidad baja que alcanza 350 haces/m². Las barras de error corresponden a la desviación estándar.



Gráfica 2: Evolución del número medio de haces/625 cm² frente al número de muestras en la estación de Taliarte (Gran Canaria, junio 2000), un sebadal de densidad media que alcanza 650 haces/m². Las barras de error corresponden a la desviación estándar.

Densidad de haces de *Cymodocea nodosa* en la estación de Arinaga (Gran Canaria, junio 2000)



Gráfica 3: Evolución del número medio de haces/625 cm² frente al número de muestras en la estación de Arinaga (Gran Canaria, junio 2000), un sebadal de densidad alta que alcanza 1500 haces/m². Las barras de error corresponden a la desviación estándar.

En las gráficas anteriores, sobre el comportamiento de la densidad de haces por unidad de superficie respecto al incremento del número de muestras, se observa que para poblaciones poco densas, como es el caso de Salinetas, con una media de 320 haces/m², se observa que la media se estabiliza en torno a 10 muestras, si bien la desviación estándar es casi la mitad de la media. En estos casos, es preferible aumentar la superficie de la unidad de muestreo, por ejemplo hasta 1 m². En poblaciones más densas, como en Taliarte, donde la media es de 640 haces/m², la media se estabiliza entre 15 y 17 muestras, la desviación estándar es, aproximadamente la tercera parte de la media. En el tercer caso, en la estación de Arinaga, donde la media de densidad de haces alcanza los 1350 haces/m² la media se estabiliza con número de muestras inferior a 10, la desviación estándar es, en general, pequeña respecto a la media. Esto implica que para sebadales de densidad media y alta el método proporciona una mayor precisión que para sebadales de baja densidad. De forma general, un número de 10 réplicas parece representativo. En varios trabajos, se utiliza este método para la estima de la densidad, pero se toma un número de muestras no representativo estadísticamente.

El número recomendado de muestras en una determinada estación, para la estima de la densidad de haces de *Cymodocea nodosa*, es de un mínimo de 10. Número de muestras utilizado también por Delgado *et al.* [8]. El valor medio obtenido se extrapola a continuación a una superficie de 1 m², valor utilizado por la mayoría de los autores, como Reyes [34], Pavón-Salas *et al.* [30], Haroun *et al.* [20], etc. En las extrapolaciones hay que tener en cuenta, que en las poblaciones medio y poco densas el error cometido es mayor, siendo necesario variar la superficie de la unidad de muestra e incrementar el número de las mismas. A partir de las muestras se calcula la media de densidad a la profundidad estudiada. En Canarias, Reyes *et al.* [34] estimaron el valor de densidad de haces por unidad de superficie entre 934 y 1928 pies/m² para una pradera situada en El Médano (Tenerife). Sin embargo,

las poblaciones Canarias presentan valores de densidad media muy variables, que pueden oscilar entre los 300 y los 5000 haces/m². Las muestras deben tomarse al azar dentro de los parches o praderas, pero siempre evitando situaciones de borde, donde se producen variaciones propias de la dinámica de la especie. Se toma como unidad de medida el haz, que es un grupo de hojas que parte de un meristemo de crecimiento. Cuando las plantas están enterradas, es preciso apartar primero los sedimentos arenosos para dejar al descubierto los rizomas y los haces, facilitándose la cuenta de los mismos. Si las densidades son elevadas, en ocasiones, es preciso arrancar cada haz, contando a la vez para evitar errores en el cálculo. Este método no es válido para evaluar densidades de las algas verdes *Caulerpa prolifera* y *Caulerpa racemosa*, que tienen un crecimiento mucho más disperso.

Las estaciones de muestreo en una población, ya sea homogénea o distribuida en parches, se pueden localizar cada 5 metros de profundidad, de manera que en un sebadal que comienza en 5 m y termina en 25 m, se muestrea a 5, 10, 15, 20 y 25 m de profundidad. De esta forma se tienen datos por cada estrato de la pradera. Normalmente, los puntos son elegidos al azar (previa inspección de la zona con la cámara), aunque los muestreos pueden distribuirse a lo largo de transectos prefijados (Kirkman [23]). Para esta maniobra de toma de las muestras para la densidad, el buceador debe ir bien lastrado, para fijarse en el fondo y contar con comodidad. Así mismo, deberá ir provisto de una pizarra, fabricada en metacrilato blanco opaco, para anotar los datos de cada muestra. La duración de la maniobra, desde que el buceador abandona la embarcación para dirigirse al fondo y regresa a superficie, generalmente es de 15 a 30 minutos para 5 muestras (5 cuadrados de 25 cm × 25 cm), dependiendo de la densidad de las fanerógamas. En casos excepcionales, con muy altas densidades (praderas de 5000 haces/m²), la toma de 5 muestras supera la hora de muestreo. El incremento del número de muestras provoca fuertes incrementos del tiempo en el fondo, por ejemplo, en una pradera de densidad media, la obtención de 7 muestras supera los 45 minutos. De las 10 muestras, cada buceador toma 5. Una variante del método es la propuesta por Kirkman [23], que consiste en la utilización de transectos y una escala de estima subjetiva de la densidad: poco denso, medio denso y denso. Mediante la obtención de pocos cuadrados de referencia, se puede cuantificar los límites de la escala.

Romero [37] describe un índice para *Posidonia oceanica*, denominado Densidad Global, que podría ser usado para las fanerógamas en Canarias. Este parámetro integra dos parámetros, por un lado la densidad de haces y por otro el porcentaje de cobertura. Este parámetro caracteriza el grado de desarrollo de la pradera en un lugar. Su fórmula es:

$$DG = (d/s) \times (C/100)$$

Donde:

DG = Densidad Global expresada en haces por m².

d = número de haces por unidad de área del cuadrado de muestreo (625 cm²)

s = superficie de los cuadrados expresada en m² (0,0625 m²).

C = cobertura expresada en porcentaje.

3.2. Medida de la Cobertura

Algunos autores, estiman el porcentaje de cobertura como la cantidad de substrato visible en un área de la pradera. Green [18] considera que esta aproximación a la cober-

tura solo es factible cuando no existe corriente o es muy débil y las hojas de las fanerógamas están en posición vertical, mientras que en situaciones de corrientes u oleaje, es imposible de realizar, ya que las hojas de las fanerógamas se colocan en posición horizontal, dando como resultado un porcentaje de cobertura mucho mayor que en condiciones de calma.

La mayoría de los investigadores (Kirkman [24]; Marcos-Diego *et al.* [26]) se refieren al porcentaje de cobertura como el porcentaje de la pradera que ocupa sustrato. Marcos-Diego *et al.* [26] en una propuesta metodológica para *Posidonia oceanica* en el Mediterráneo, establecen que la cobertura puede ser medida usando transectos localizados al azar en cada estación de muestreo y se calcula como el porcentaje de pradera viva que ocupa el transecto, proponen un transecto de 10 metros como longitud adecuada. Otro método propuesto por los mismos autores, consiste en el empleo de una lámina de PVC transparente de 30 cm × 30 cm, subdividida en 9 cuadrados de 10 cm × 10 cm; el observador debe situarse 3 metros sobre el fondo y contar el número de cuadrados ocupados por *Posidonia*, la suma de los cuadrados dividido por 9 sirve para determinar la cobertura de la especie sobre el fondo.

Para establecer el porcentaje de cobertura de las fanerógamas marinas en Canarias, el método adecuado consiste en realizar transectos perpendiculares a la línea de costa, desde el comienzo de la pradera en su parte más somera hacia mayor profundidad. La distancia adecuada depende de los cambios de la vegetación, del terreno y de la profundidad: en este caso, transectos de 50 metros parecen adecuados. Para realizarlo, el buceador recorre el fondo provisto de un carrete de hilo, que previamente ha sido marcado cada 5 metros con un rotulador permanente, de manera que conoce en todo momento la distancia recorrida y puede anotar los datos de cobertura que luego pueden ser expresados como porcentaje. Una forma más precisa, consiste en la utilización de una cinta métrica de plástico, lo cual permite una lectura exacta de las superficies de cobertura. En cualquier caso, es necesario hacer un ensayo para calibrar la técnica, similar al realizado para la estima de la densidad y la altura de las plantas, en lo que al número de transectos necesarios se refiere.

Con respecto a la situación y al número de transectos, depende de los objetivos del estudio. Kirkman [24] propone que para analizar cambios estacionales o cambios a largo plazo es adecuada la utilización de transectos permanentes que se fijarán previamente mediante la utilización de la fotografía aérea y un estudio previo de la pradera. El número de transectos dependerá del tamaño de la pradera y de la precisión requerida en cada caso, por ejemplo Pavón-Salas *et al.* [30] utilizaron 19 transectos para cartografiar el sebadal de Playa de Las Canteras (Gran Canaria), el tramo de playa estudiado tiene 3 kilómetros de longitud. La cobertura es un parámetro fundamental, ya que permitirá distinguir entre el área de ocurrencia de la especie y el área de ocupación de la misma.

Se pueden tomar los datos de los cuadrados de densidad aprovechando los transectos prefijados, a cada profundidad establecida. Los transectos también pueden aprovecharse para realizar estimas basadas en escalas subjetivas de la densidad (poco denso, medio o denso) y anotar otros datos relevantes.

En el caso de poblaciones de fanerógamas sometidas a alteraciones o para determinar cambios estacionales, se recomienda la técnica de los transectos permanentes. En primer lugar se examina la zona mediante remolques de buceadores o por sistemas de vídeo y televisión. A continuación se eligen las zonas donde se fijarán los transectos por su representatividad o interés. La longitud de los transectos dependerá de los cambios en la vegetación, el terreno y la profundidad. Una vez establecido el transecto, cada 10 o 25 metros se intro-

duce una marca o señal en el sustrato, que actúe como marcador permanente. Cada vez que el transecto es atravesado, un buceador tiende una cinta métrica entre las marcas, mientras que el otro buceador registra los cambios a lo largo de la cinta (Kirkman [23]). Después de que cada intervalo ha sido descrito se pasa al siguiente y así hasta el final del transecto. La descripción debe abarcar 50 cm a cada lado de la cinta métrica o de la línea del transecto. El resultado se transforma en un perfil donde se recoge la información y su variación de un período a otro.

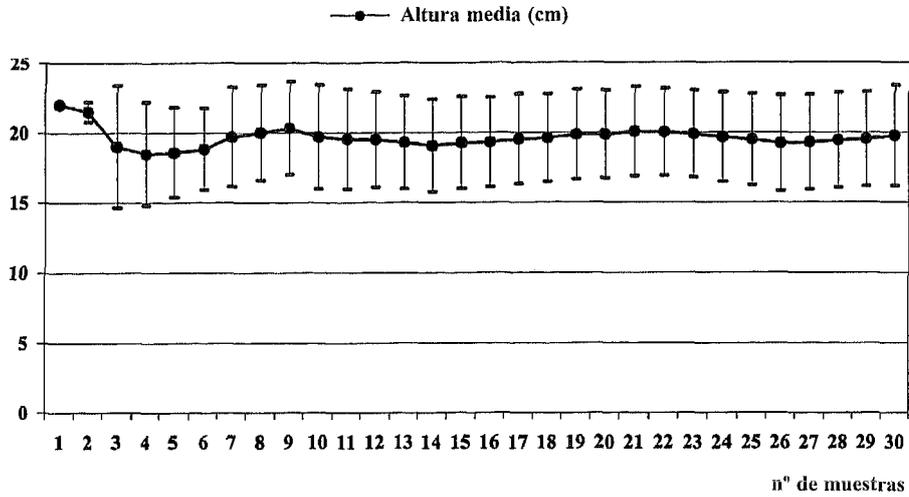
Otra técnica variante de la anterior consiste en la toma de fotografías para registrar cuadrados permanentes a lo largo de transectos perpendiculares a la costa. De cualquier forma, esta técnica tiene un inconveniente importante, se trata del problema de la fijación de los transectos en el fondo marino, ya que con frecuencia todos los objetos colocados o fijados en el fondo del mar se pierden con el tiempo.

3.3. Medida de la Altura y del Número de Hojas

Estos dos parámetros, en general, no aparecen citados en la literatura como elementos utilizados para la caracterización de praderas. Sin embargo, existen variaciones estacionales en la altura de las hojas. A largo plazo, de cara al seguimiento de las especies de fanerógamas, estos pueden ser parámetros biométricos interesantes y que suministren información sobre posibles cambios. Además tienen la ventaja de que son fácilmente calculables. Delgado *et al.* [8] utilizan la altura de las hojas como parámetro para el seguimiento de un impacto sobre praderas marinas en Menorca (Islas Baleares). Según estos autores el proceso de degradación comienza con un progresivo acortamiento de las hojas, tanto en *Cymodocea nodosa* como en *Posidonia oceanica*. Tuya *et al.* [40] estiman la altura media de las hojas como parámetro para determinar el impacto de la construcción de un puerto deportivo en Lanzarote (Islas Canarias), estos autores toman 30 hojas al azar de cada cuadrado de muestreo.

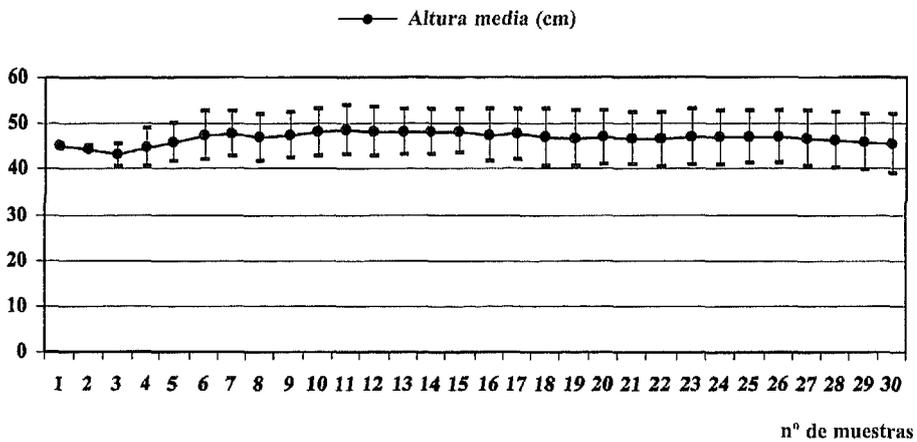
Para el cálculo de los dos parámetros, se extraen al azar del lecho de fanerógamas un número de haces, con 30 haces parece más que suficiente. Hay que asegurarse de extraerlos completos, desde el extremo del rizoma donde nacen. También hay que intentar que las hojas escogidas estén completas, esto es, que no hayan sido mordidas o consumidas por animales, o bien que los extremos no estén quebrados. Los haces se transportan a bordo en una bolsa, en donde se mide la altura de cada hoja y se cuenta el número de hojas por haz. Para la medida de la altura se utiliza una regla de metal con aproximación de milímetros. La medida se toma desde el nacimiento del haz (último nudo) hasta el extremo de la hoja. Generalmente, se refiere la altura media de la hoja más vieja. Cuando coexisten varias hojas en un haz, las medidas de cada una pueden incluirse en grupos de alturas, dando información sobre los distintos estratos que forman la pradera. El número de hojas por haz es un parámetro que da idea de la vitalidad de la pradera, normalmente en *Cymodocea nodosa* en Canarias el valor es de 2,4 - 3,4 hojas/pie (Reyes *et al.* [34]). Lo mismo sucede con la altura, cuyos valores oscilan entre 14.7 y 31 cm para la hoja más vieja, para la pradera de El Médano (Tenerife), sin embargo la altura de las hojas puede alcanzar hasta los 70 cm para *Cymodocea*, superando en muchos casos los 40 cm. En las gráficas 4 y 5 se muestran los resultados de dos ensayos realizados para averiguar el comportamiento de la media de la altura de la hoja más vieja de *Cymodocea nodosa*, a medida que se aumenta el número de muestras tomadas, en dos estaciones de Gran Canaria.

Altura media de la hoja más vieja de *Cymodocea nodosa* en la estación de Las Canteras
(Gran Canaria, junio 2000)



Gráfica 4: Evolución de la altura media de la hoja más vieja frente al número de muestras en la estación de Playa de Las Canteras (Gran Canaria, junio 2000). Un sebadal con plantas de poca altura que alcanza los 20 cm. Las barras de error corresponden a la desviación estándar.

Altura media de la hoja más vieja de *Cymodocea nodosa* en la estación de Arinaga
(Gran Canaria, junio 2000)



Gráfica 5: Evolución de la altura media de la hoja más vieja frente al número de muestras en la estación de Arinaga (Gran Canaria, junio 2000), un sebadal con plantas altas que alcanza los 45 cm. Las barras de error corresponden a la desviación estándar.

La altura de la hoja más vieja es un parámetro que tiene un comportamiento más estable que la densidad de haces, en el caso de *Cymodocea nodosa*. En ambos casos, se observa que con un número de 10 hojas es suficiente para estabilizar la altura media, la desviación estándar en pequeña en relación con la media, en los dos casos.

3.4. Medida de la Fragmentación

Se trata de otro parámetro que puede suministrar información de las praderas de fanerógamas marinas. Aunque este parámetro ha sido aplicado en *Posidonia oceanica* (Marcos-Diego *et al.* [26]), es posible su aplicación al caso de las fanerógamas en Canarias, especialmente a *Cymodocea nodosa* y *Zostera noltii*. Cuando una pradera sufre algún tipo de alteración, sus bordes se fragmentan. Dependiendo de la intensidad de la alteración, inicialmente, los bordes de la pradera forman ondulaciones. En un estado más avanzado, las ondulaciones se transforman en invaginaciones de los límites, finalmente se produce la fragmentación de la pradera en parches o manchones. Según los mismos autores, la fragmentación puede ser medida mediante transectos de 10 metros de longitud localizados al azar en cada punto de muestreo. A lo largo de estos transectos se mide la parte viva de pradera que cruza el transecto, que ha sido previamente marcado y graduado. Este método sigue un proceso similar al de la estima de la cobertura. Pavón-Salas *et al.* [30] comprobaron que la pradera de *Cymodocea nodosa* que había en Las Canteras en 1986 estaba ya fragmentada en 1995.

3.5. Medida del Enterramiento

El enterramiento es un parámetro que en determinadas situaciones puede suministrar información sobre el estado de las poblaciones. Algunas de ellas, como sucede en el caso de Playa de Las Canteras (Gran Canaria), ha sufrido una gran regresión. Probablemente, sea debido al aporte continuo de sedimentos que se acumulan en la playa y van enterrando la población (Pavón-Salas *et al.* [30]).

Para su cálculo se miden la altura de 30 a 50 hojas, tomadas al azar, desde la superficie del sedimento hasta su extremo, se deben tomar las mismas precauciones que en el caso de la toma de medidas para el cálculo de la altura de las plantas. Además, hay que tener cuidado de no enterrar el instrumento de medida en el sedimento y cometer así errores en el cálculo de la altura sobre el substrato. Esto podría evitarse colocando una base plana en uno de los extremos de la regla metálica de medida que impida su enterramiento en el sedimento. Si a la altura media de las hojas (calculada previamente) se le resta la altura media sobre el sedimento, se obtendrá el nivel medio de enterramiento en una estación concreta de muestreo.

$$E = H_t - H_s$$

Donde:

E = Nivel medio de enterramiento (cm)

H_t = altura media total de las hojas (cm)

H_s = altura media de las hojas sobre la superficie del sedimento (cm)

3.6. Medida de la Biomasa sobre la superficie del sedimento (Standing crop)

El “standing crop” o la biomasa sobre la superficie del sedimento es uno de los parámetros que más rápidamente responden ante cualquier tipo de impacto sobre las praderas de fanerógamas marinas (Kirkman [25]). Además se trata de un parámetro, que junto a la densidad de pies, es de especial relevancia cuando se usan técnicas de teledetección para la evaluación de praderas marinas (Green [18]). Este parámetro se expresa como peso seco de fanerógamas por unidad de área (g m^{-2}) y está correlacionado con la densidad de pies y el índice de área foliar. Se trata de un parámetro que requiere de una cierta complicación para su estima. Existen dos tipos de métodos para calcularlo: los destructivos y los no destructivos. Ambos pueden consultarse en Green *et al.* [18].

- Método destructivo

Los métodos destructivos consisten en la extracción, mediante un core, de una parte de la pradera con una superficie conocida, estas muestras se trasladan al laboratorio, donde se separan las distintas especies, se extraen las hojas y se eliminan los epífitos de las mismas. Las plantas se someten a un proceso de secado, para posteriormente calcular la biomasa en gramos de peso seco por unidad de superficie. Se trata de una técnica que requiere de bastante tiempo y esfuerzo para su aplicación. Reyes *et al.* [35], en un estudio de *Cymodocea nodosa*, utilizaron un contenedor de 30 cm \times 30 cm \times 20 cm para la extracción de la fracción de pradera. Estos autores estimaron una biomasa sobre el substrato para *Cymodocea nodosa* que oscilaba entre 55 y 249 g peso seco/m², según la estación del año.

- Método no destructivo

El método no destructivo está basado en una técnica establecida por Mellors [28], que consiste en un método de evaluación visual *in situ*. La técnica se basa en la utilización de una escala lineal de categorías de biomasa las cuales han sido asignadas a muestras de praderas en 0.25 m². Se utiliza una escala de 5 categorías de biomasa que previamente han de ser establecidas y calibradas mediante las técnicas destructivas explicadas anteriormente. Este método de evaluación visual tiene sus ventajas e inconvenientes, como se recoge en Green *et al.* [18]. Es preciso poner a punto esta técnica de evaluación de biomasa en el caso de las fanerógamas que viven en los fondos canarios.

4. TEMPORALIZACIÓN

De cara a la realización de las actividades de cartografía y evaluación, hay que tener en cuenta en primer lugar la dinámica estacional propia de las especies objetivo. En este sentido Reyes *et al.* [34], en sus estudios sobre *Cymodocea nodosa*, establecen que presenta los mayores valores de densidad y biomasa sobre la superficie del substrato entre los meses de mayo y agosto. Es pues, en estos meses cuando deben realizarse estos estudios y siempre en la misma época, a ser posible en el mismo mes, para que los datos sean comparables en el tiempo.

5. CONCLUSIÓN

Para realizar el estudio y seguimiento de las especies de fanerógamas marinas en Canarias han de conjugarse varios métodos, que por orden son:

- Aplicación de un método de teledetección: Realización de las fotografías aéreas de las poblaciones, dirigidas específicamente a estas especies, además las fotografías pueden suministrar información aprovechable para otras especies, como las algas pardas del género *Cystoseira* spp. Las fotos deberán realizarse entre los meses de mayo y agosto, que es cuando las fanerógamas (*Cymodocea nodosa*) muestran sus mayores valores de densidad y de biomasa sobre el sustrato. Además, es cuando pueden darse las circunstancias meteorológicas adecuadas para que la transparencia del agua sea máxima.
- Cartografía en el mar: una vez estudiadas las fotografías aéreas, se realizará una labor de estudio de las poblaciones, consistente en realizar una cartografía *in situ*, utilizando una embarcación dotada con un sistema de vídeo o televisión. La información suministrada de esta manera se contrasta y superpone a las fotografías aéreas.
- Evaluación de los parámetros biométricos de las poblaciones: La tercera fase, consiste en la obtención de los datos correspondientes a los siguientes parámetros biométricos: densidad de pies, cobertura, altura de las plantas, fragmentación, enterramiento y opcionalmente se puede poner a punto una técnica de evaluación visual de la biomasa sobre el sustrato (standing crop). Dado el carácter de seguimiento en el tiempo y monitoreo se debe optar por los métodos no destructivos para la obtención de los parámetros debido a las ventajas que presentan: su fácil aplicación, por la obtención de un elevado número de muestras y por cubrir áreas mayores.
- Por último, para la organización y correcta interpretación de la información, se debe elaborar un Sistema de Información Geográfica (GIS) con la información recogida en las fases anteriores. Esto permitirá futuras comparaciones en el tiempo, a más largo plazo.

6. AGRADECIMIENTOS

A los miembros del equipo marino de Seguimiento de Especies Marinas Amenazadas de GesPlan S. A., Oscar Tavío, Mateo Garrido y Rogelio Herrera, por sus sugerencias y observaciones. A Pablo Domínguez por su colaboración en la revisión bibliográfica. Al delineante José Javier Melián por el tratamiento de la foto aérea.

Este trabajo está dedicado a la memoria de Pedro García (Pedri).

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] AFONSO-CARRILLO, J. y M. C. GIL-RODRÍGUEZ, 1980. *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson (*Zannichelliaceae*) y las praderas submarinas o seabadales en el Archipiélago Canario. *Vieraea*, 8 (2): 365-376.
- [2] AGOSTINI, S., B. MARCHAND y G. PERGENT, 2003. Temporal and spatial changes of seagrass meadows in a Mediterranean coastal lagoon. *Oceanologica Acta*, 25: 297-302.
- [3] AGUILERA, F., A. BRITO, C. CASTILLA, A. DÍAZ, J. M. FERNÁNDEZ-PALACIOS, A. RODRÍGUEZ, F. SABATE, y J. SÁNCHEZ, 1994. Canarias, Economía, Ecología y Medio Ambiente. Francisco Lemus Editor. La Laguna, 361 pp.
- [4] ANÓNIMO. Catálogo de Especies Amenazadas de Canarias. Decreto 151/2001, de 23 de julio. BOC 2001/097, miércoles 1 de agosto.
- [5] BACALLADO, J. J., M. BÁEZ, A. BRITO, T. CRUZ, F. DOMÍNGUEZ, E. MORENO y J. M. PÉREZ, 1984. Fauna marina y terrestre del archipiélago canario. Edirca. Las Palmas de Gran Canaria, 356 pp.
- [6] BARQUÍN, J., G. GONZÁLEZ y M. C. GIL-RODRÍGUEZ, 2003. Un método de estudio de biología bentónica utilizado en las costas canarias para fondos poco profundos. *Vieraea*, 31: 219-231.
- [7] BRITO, A., T. CRUZ, E. MORENO y J. M. PÉREZ, 1984. Fauna Marina de Las Islas Canarias. En Fauna Marina y Terrestre del Archipiélago Canario. Editorial Edirca. Las Palmas de Gran Canaria, pp. 42- 86.
- [8] DELGADO, O., A. GRAU, S. POU, F. RIERA, C. MASSUTI, M. ZABALA y E. BALLESTEROS, 1997. Seagrass regression caused by fish cultures in Fornells Bay (Menorca, Western Mediterranean). *Oceanologica Acta*, 20 (3): 557-563.
- [9] DENNISON, W. C., 1990. Shoot Density. In Seagrass Research Methods. Monographs on Oceanographic Methodology, 9. UNESCO. Paris, pp. 61-63.
- [10] DIVIACCO, G., C. V. LAMBERTI y E. SPADA, 1999. Osservazioni sulla prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile di "Marina di Tarquinia" (Lazio Settentrionale). *Biol. Mar. Medit.*, 6 (1): 496-499.
- [11] ESPINO, F., 2001. Las praderas de fanerógamas marinas en Canarias y su diversidad. Medio Ambiente Canarias. Gobierno de Canarias. *Revista de la Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente*, 21: 6-12.
- [12] FERNÁNDEZ-PALACIOS, J. M. y J. M. ESQUIVEL, 2001. Naturaleza de las Islas Canarias. Ecología y Conservación. Editorial Turquesa. Santa Cruz de Tenerife, 474 pp.
- [13] GIL-RODRÍGUEZ, M. C. y T. CRUZ, 1981. *Halophila decipiens* Ostenfeld (*Hydrocharitaceae*). Una fanerógama marina nueva para el Atlántico oriental. *Vieraea*, 11 (1-2): 207-216.
- [14] GIL-RODRÍGUEZ, M. C., J. AFONSO-CARRILLO y W. WILDPRET DE LA TORRE, 1987. Praderas marinas de *Zostera noltii* (Zosteraceae) en las islas Canarias. *Vieraea*, 17: 143-146.
- [15] GONZÁLEZ, N., J. D. RODRIGO y C. SUÁREZ, 1986. Vegetación Marina. En Flora y Vegetación del Archipiélago Canario. Editorial Edirca. Las Palmas de Gran Canaria, pp. 89-125.

- [16] GOÑI, R., M. HARMELIN-VIVIEN, F. BADALAMENTI, L. LE DIRÈACH y G. BERNARD, 2000. (Editores). Introductory guide to methods for selected ecological studies in marine reserves. Francia. *GIS Posidonie Publ.* 112 pp.
- [17] GREEN, E. P., P. J. MUMBY, A. J. EDWARDS & C. D. CLARK, 2000. Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management. Edwards, A. J. Edt. UNESCO publishing, París.
- [18] GREEN, E. P., 2000. Mapping Seagrass Beds. In Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management. Edwards, A. J. Edt. UNESCO publishing, París. pp. 175-181.
- [19] GUADALUPE, M. E., M. C. GIL-RODRÍGUEZ y M. C. HERNÁNDEZ, 1995. Flora y Vegetación Marina de Arrecife de Lanzarote. Servicio de Publicaciones de la Fundación Cesar Manrique. Lanzarote. 269 pp.
- [20] HAROUN, R., P. SÁNCHEZ y A. BOYRA, 2000. Efectos de la construcción de la Marina del Rubicón sobre las praderas de *Cymodocea nodosa* (Sebadales) del sur de Lanzarote. Informe Técnico (No Publicado). 18 pp + Anexos.
- [21] HAROUN, R. J., M. C. GIL-RODRÍGUEZ, J. DÍAZ DE CASTRO y W. F. PRUD'HOMME VAN REINE, 2002. A Checklist of the Marine Plants from the Canary Islands (Central Eastern Atlantic Ocean). *Botánica Marina*, 45: 139-169.
- [22] HAROUN, R. J., M. C. GIL-RODRÍGUEZ y W. WILDPRET, 2003. Plantas Marinas de las Islas Canarias. Canseco Editores. Talavera de La Reina. 319 pp.
- [23] KIRKMAN, H., 1985. Community structure in seagrasses in Southern Australia. *Aquatic Botany*, 21: 363-375.
- [24] KIRKMAN, H., 1990. Seagrass distribution and mapping. In Seagrass Research Methods. Monographs on Oceanographic Methodology, 9. UNESCO. París, pp.19-25.
- [25] KIRKMAN, H., 1996. Baseline and monitoring methods for seagrass meadows. *Journal of Environmental Management*, 47: 191-201.
- [26] MARCOS-DIEGO, C., G. BERNARD, J. A. GARCÍA-CHARTON y A. PÉREZ-RUZAFÁ, 2000. Methods for studying impact on *Posidonia oceanica* meadows. In Introductory guide to methods for selected ecological studies in marine reserves. Gofí, R., M. Harmelin-Vivien, F. Badalamenti, L. Le Dirèach & G. Bernard (Edits.). Francia, *GIS Posidonie Publ.*, pp. 57-62.
- [27] MAS, J., I. FRANCO y E. BARCALA, 1993. Primera aproximación a la cartografía de las praderas de *Posidonia oceanica* en las costas mediterráneas españolas. Factores de alteración y de regresión. Legislación. *Publicaciones Especiales del Instituto Español de Oceanografía*, 11: 111-122.
- [28] MELLORS, J. E., 1991. An evaluation of a rapid visual technique for estimating seagrass biomass. *Aquatic Botany*, 42: 67-73.
- [29] ORTH, R., 1976. The demise and recovery of eelgrass, *Zostera marina*, in the Cheapeake Bay, Virginia. *Aquatic Botany*, 2: 141-159.
- [30] PAVÓN-SALAS, N., M. GARRIDO y R. HAROUN, 1998. Distribution and structure of seagrass meadows in Las Canteras beach, Las Palmas, Canary Islands (Spain). *Bol. Mus. Mun. Funchal*, 50 (289): 107-115.

- [31] PAVÓN-SALAS, N., R. HERRERA, A. HERNÁNDEZ-GUERRA y R. HAROUN 2000. Distributional patterns of seagrasses in the Canary Islands (Central-East Atlantic Ocean). *Journal of Coastal Research*, 16 (2): 329-335.
- [32] PHILLIPS, R. C. y C. P. McROY, 1990. Seagrass Research Methods. Monographs on Oceanographic Methodology, 9. UNESCO, París. 210 pp.
- [33] RAMOS-ESPLA, A., 1984. Cartografía de la pradera superficial de *Posidonia oceanica* en la Bahía de Alicante (SE, España). International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds. Bouderesque, C. F., A. Jeudy de Grissac & J. Olivier (Edits). Francia, *GIS Posidonie Publ.*, 1: 57-61.
- [34] REYES, J., M. SANSÓN y J. AFONSO-CARRILLO, 1995. Distribution and reproductive phenology of the seagrass *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson in the Canary Islands. *Aquatic Botany* 50: 171-180.
- [35] REYES, J., M. SANSÓN y J. AFONSO-CARRILLO, 1995. Leaf Phenology, Growth and Production of the Seagrass *Cymodocea nodosa* at El Médano (South of Tenerife, Canary Islands). *Botánica Marina* 38: 457-465.
- [36] REYES, J., O. OCAÑA, M. SANSÓN y A. BRITO, 2000. Descripción de las comunidades bentónicas infralitorales en la Reserva Marina de La Graciosa e Islotes del norte de Lanzarote (Islas Canarias). *Vieraea*, 28: 137-154.
- [37] ROMERO, J., 1989. Note sur une méthode d'évaluation de la densité de faisceaux dans les herbiers de posidonies. *Rapport Commission Internationale Mer Méditerranée*.
- [38] SHEPHERD, S. A., y H. B. S. WOMERSLEY, 1981. The algal and seagrass ecology of Waterloo Bay, South Australia. *Aquatic Botany*, 11: 305-371.
- [39] TEMPLADO, J., M. CALVO, A. M. GARCÍA, F. BOISSET y J. JIMÉNEZ, 2002. Flora y Fauna de la reserva Marina de las Islas Columbretes. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General de Pesca Marítima. Madrid, 263 pp.
- [40] TUYA, F., J. A. MARTÍN y A. LUQUE, 2002. Impact of a marina construction on a seagrass bed at Lanzarote (Canary Islands). *Journal of Coastal Conservation*, 8: 157-162.
- [41] WILDPRET, W., M. C. GIL-RODRÍGUEZ, y J. AFONSO-CARRILLO, 1987. Evaluación cuantitativa y cartografía de los campos de algas y praderas de fanerógamas marinas del piso infralitoral del archipiélago canario. Consejería de Agricultura y Pesca, Gobierno de Canarias. (No publicado), 100 pp + 200 mapas.