

En la elaboración de este capítulo han participado:  
Raquel Vaquer-Sunyer, Natalia Barrientos, Sergio Martino y Enric Ballesteros.

# Indicador biológico de macroalgas: CARLIT

La metodología CARLIT se basa en la cartografía de las comunidades bentónicas litorales que se desarrollan sobre sustrato rocoso.<sup>1</sup> Esta metodología permite hacer una valoración precisa del estado ecológico del litoral mediante un estudio no destructivo continuado de la costa que no requiere trabajo de laboratorio, sino un tratamiento de los datos con un sistema de información geográfica (SIG). Así, permite comparar los cambios de las comunidades algales a lo largo del tiempo, y por tanto, observar la evolución del estado ecológico de la zona costera.<sup>2</sup>

Las comunidades de *Cystoseira* (fucales: Ochrophyta; actualmente las especies mediterráneas del género han sido reagrupadas en tres géneros diferentes: *Cystoseira*, *Carpodesmia* y *Treptacantha*) dominan los fondos rocosos infralitorales en las zonas con bajo impacto antrópico del Mediterráneo, donde están bien estructuradas, y son complejas, altamente productivas y soportan una alta biodiversidad (Figura 1).<sup>3</sup> Estas comunidades han sido afectadas por la degradación ambiental de diversas áreas y están sometidas a una disminución en su distribución en el Mediterráneo. La eutrofización es la principal causa de la rarefacción de las especies de *Cystoseira*,<sup>4</sup> aunque otros factores también podrían tener un papel importante, como la contaminación inorgánica, el aumento de la turbiedad, el herbivorismo y el cambio climático.<sup>3</sup> Su presencia en áreas poco contaminadas y su desaparición de zonas contaminadas, especialmente por eutrofización, las convierten en unos buenos indicadores de la calidad del agua.<sup>3,5</sup>

La metodología CARLIT se ha ido desarrollando en la costa catalana desde el período 1999-2000,

según las directrices de la Directiva marco del agua (DMA). Se basa en la agrupación de la gran diversidad de especies presentes a lo largo de la costa en pocas categorías, cada una con un valor de calidad ambiental asignado. Esta agrupación es imprescindible tanto en términos prácticos, a la hora de elaborar la cartografía, como en términos científicos, a la hora de interpretar los resultados. La categoría asignada indica la especie o especies más abundantes en la costa prospectada, y junto con su valoración y el tramo de costa que ocupa, proporciona un valor de calidad ecológica. Los valores de EQR (Ecological Quality Ratio) se obtienen mediante el cociente entre el valor de calidad ecológica obtenido y el valor en las zonas de referencia. Los valores del EQR se asocian a las masas de agua, que son la entidad de gestión ambiental en la Directiva marco del agua (DMA). De esta manera, se cumplen las directrices de la directiva que requieren dar un estatus ecológico a las masas de agua para aplicar planes de gestión que eviten el deterioro de las comunidades litorales y del estado ecológico.<sup>2</sup>

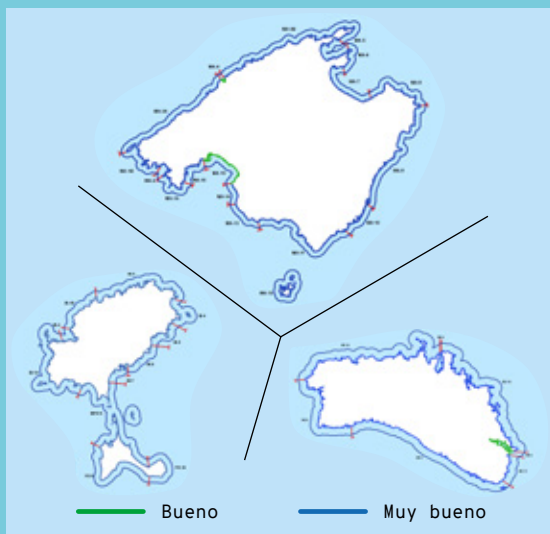
## ¿QUÉ ES?

La metodología CARLIT se basa en la cartografía de las comunidades bentónicas litorales que se desarrollan sobre sustrato rocoso. Es uno de los índices bióticos que se utilizan para determinar el estado de las masas de aguas costeras definidas por la Directiva marco del agua (DMA).

## METODOLOGÍA

La metodología se basa en la agrupación de la gran diversidad de especies presentes a lo largo de la costa en unas cuantas categorías con un valor de calidad ambiental asignado. La categoría asignada indica la especie o especies más abundantes en la costa prospectada y con su valoración y el tramo de costa que ocupa proporciona un valor de calidad ecológica. Los valores de EQR (Ecological Quality Ratio) se obtienen mediante el cociente entre el valor de calidad ecológica obtenido y el valor en las zonas de referencia. Los valores de EQR se asocian a las masas de agua, que son la entidad de gestión ambiental en la Directiva marco del agua (DMA). Permite realizar una valoración precisa del estado ecológico del litoral mediante un estudio no destructivo continuado de la costa y comparar los cambios de las comunidades algales a lo largo del tiempo y la evolución del estado ecológico de la zona costera.

Los resultados que se presentan aquí se basan en dos estudios elaborados por el equipo del CEAB-CSIC liderado por el doctor Ballesteros de los años 2006 y 2009: «Evaluación de la calidad ambiental de las masas de agua costeras utilizando las macroalgas y los invertebrados bentónicos como bioindicadores. Informe final 2009-2010» e «Implementación de la Directiva marco del agua en las Islas Baleares. Evaluación de la calidad ambiental de las masas de agua costeras utilizando las macroalgas y los invertebrados bentónicos como bioindicadores (mayo 2005 - marzo 2007)».



Estado ecológico de los sectores de costa muestreados en las Islas Baleares en el año 2009 según la metodología CARLIT. FUENTE: Ballesteros et al. (2010).

## ¿POR QUÉ?

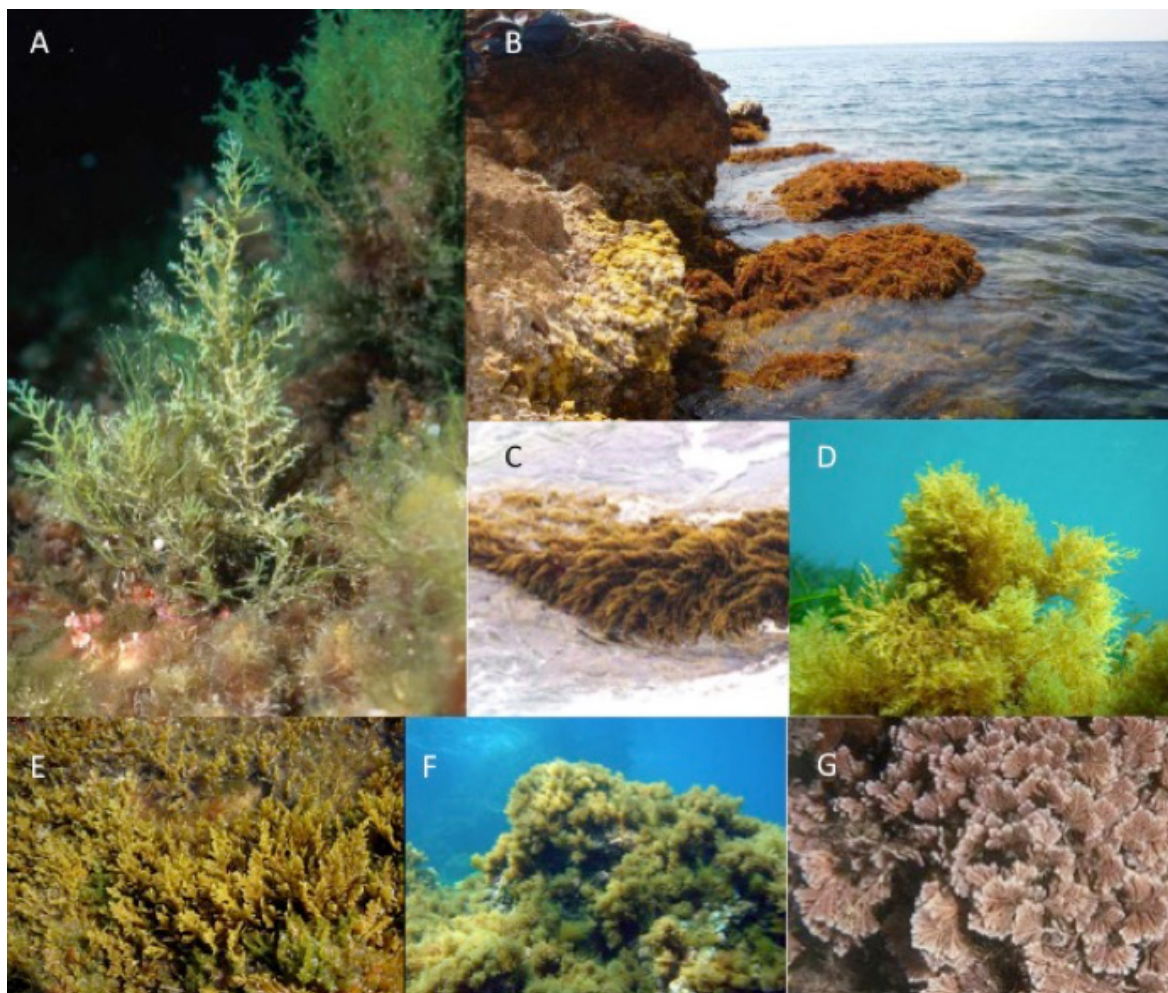
El principal objetivo de la Directiva marco del agua (DMA 2000/60/CEE) es conseguir (o mantener) como mínimo un estado ecológico bueno en las masas de agua europeas. Esta directiva introduce el uso obligatorio de bioindicadores para evaluar el estado ecológico de los sistemas acuáticos. Las comunidades de macroalgas de sustratos rocosos infralitorales son buenos indicadores de la calidad del agua. En concreto, las comunidades de *Cystoseira* son buenas indicadoras de la eutrofización marina, ya que son muy sensibles a esta presión.

## LOCALIZACIÓN



## RESULTADOS

- Según la aplicación de la metodología CARLIT, el 91,7 % de la costa balear se encuentra en un estado ecológico muy bueno (33 sectores de un total de 36), y el 8,3 % (3 sectores), en un estado ecológico bueno.
- Las tres masas de agua en estado ecológico bueno son: la bahía de Sóller (MA-4), la bahía de Palma (MA-15) y el puerto de Maó (ME-3). En la bahía de Palma y el puerto de Maó, la sustitución de *Cystoseira amentacea* por *Corallina-Haliptilon* parece relacionada con presiones antrópicas.
- En la bahía de Sóller (MA-4) se ha detectado un descenso del estado ecológico, que ha pasado de muy bueno en 2006 (con un EQR de 0,86) a bueno en 2009 (EQR de 0,71), con una disminución del EQR del 17,4 %.
- En el puerto de Maó hay una masa de agua muy modificada (ME-3), con el 78 % muy modificada (interior del puerto y otras estructuras artificiales), y no fue evaluada. Por tanto, la valoración de estado bueno obtenida no es representativa de toda la masa de agua. En Cala Sant Esteve, la comunidad estaba dominada por *Cystoseira amentacea*, lo que indica un estado muy bueno. El límite sur de esta masa de agua (con la masa ME-1C) se podría redefinir para mejorar las necesidades de gestión.
- Ninguno de los sectores de costa estudiados en Mallorca presenta un porcentaje alto de ocupación por *Cystoseira amentacea* muy abundante. En el resto de islas, esta categoría presenta valores más altos, pero tampoco predomina en ninguno de los sectores de costa.



**Figura 1.** Comunidades de macroalgas dominantes en sustratos rocosos infralitorales del Mediterráneo. A: *Cystoseira (Carpodesmia) brachycarpa*. B: comunidad de *Cystoseira (Carpodesmia) amentacea* frente al faro de Botafoc, Ibiza. C: comunidad típica de ambientes batidos y limpios del litoral dominada por *Cystoseira (Carpodesmia) amentacea* al sur de Menorca (Cap d'en Font). D: ejemplar de *Cystoseira (Carpodesmia) brachycarpa* a un par de metros de profundidad (Portinatx, Ibiza). E: *Cystoseira compressa*. F: comunidad algal fotófila dominada por *Cystoseira (Carpodesmia) brachycarpa* y *dictyotals* (Portinatx, Ibiza). G: *Corallina elongata*. FUENTES: A, E y G: Ballesteros *et al.*<sup>2,6</sup>; B, C, D y F: Ballesteros *et al.*<sup>2</sup>

## NORMATIVA DE APLICACIÓN

- Directiva marco del agua (2000/60/CE).
- Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la planificación hidrológica.
- Decreto ley 1/2015, de 10 de abril, por el que se aprueba la Instrucción de planificación hidrológica para la demarcación hidrográfica intracomunitaria de las Islas Baleares.
- Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.

## METODOLOGÍA

Aquí presentamos los resultados de dos estudios dirigidos por el doctor Enric Ballesteros, llevados a cabo en los años 2006 y 2009 en la costa de las Baleares, en los que se evalúa el estado biológico de las masas de agua de las Islas mediante la aplicación del índice CARLIT.<sup>2,6</sup>

## Prospección visual

Se realizó una prospección de la costa con una embarcación neumática durante las primaveras de los años 2006 y 2009 (de abril a junio), coincidiendo con un desarrollo óptimo de las comunidades de fucas para permitir una valoración rápida y adecuada de las mismas.<sup>2</sup>

Los muestreos consistieron en la observación visual de las principales especies que constituyen las comunidades presentes sobre sustrato rocoso, y quedaron sin valorar las zonas de arena y el interior de los puertos. Se tuvieron en cuenta los ambientes cerrados que podrían ser considerados puertos naturales: el puerto de Maó y la bahía de Fornells.

Se estimó la unidad mínima de tramo de costa para valorar en un mínimo de cincuenta metros de longitud de costa recorrida en barca neumática a unos tres metros de la orilla.

La prospección visual consistió en diferenciar una serie de categorías, cuya extensión se marcó directamente sobre una fotografía aérea de la Aeroguía del litoral (Editorial Planeta, S. A., con fotografías

en color a escala 1:10.000 o 1:20.000) una vez recorrido cada lugar. Cada categoría se corresponde al tipo y a la abundancia de las comunidades de la zona infralitoral superior:<sup>2,6</sup>

- *Cystoseira* 5 (Cs5). El horizonte de *Cystoseira* (*Carpodesmia*) *amentacea* es continuo, denso y muy bien constituido.
- *Cystoseira* 4 (Cs4). El horizonte de *Cystoseira* (*Carpodesmia*) *amentacea* es continuo solo en los lugares más favorables al desarrollo de esta comunidad (sustrato horizontal).
- *Cystoseira* 3 (Cs3). El horizonte de *Cystoseira* (*Carpodesmia*) *amentacea* es discontinuo; solo está bien constituido en aquellos lugares más favorables para la especie, y puede haber tramos más o menos largos de costa donde la *Cystoseira* esté ausente o solo haya individuos separados.
- *Cystoseira* 2 (Cs2). Las poblaciones de *Cystoseira* (*Carpodesmia*) *amentacea* son poco densas y solo se encuentran de forma dispersa en los lugares más favorables.
- *Cystoseira* 1 (Cs1). Se observan individuos aislados de *Cystoseira* (*Carpodesmia*) *amentacea* y en ningún caso se puede hablar de horizonte. Con esta categoría se quiere constatar solo la presencia de esta especie.

En lugares muy calmados donde *Cystoseira* (*Carpodesmia*) *amentacea* no se desarrolla se han considerado otras especies de *Cystoseira* (sobre todo *Cystoseira compressa* y, excepcionalmente, *Cystoseira* (*Carpodesmia*) *crinita*, *Cystoseira* (*Treptacantha*) *barbata*, *Cystoseira* (*Treptacantha*) *algeriensis*, *Cystoseira* (*Treptacantha*) *ballesterosii* var. *tenuior* y *Cystoseira* (*Carpodesmia*) *brachycarpa*).

- *Corallina-Haliptilon*. Aunque *Corallina elongata* y *Haliptilon virgatum* están presentes casi por doquier, esta categoría está definida por la abundancia de estas especies siempre que no haya individuos de *Cystoseira*. De hecho, las categorías 1 y 2 de *Cystoseira* (y parte de la categoría 3) son, en la práctica, horizontes de *Corallina elongata* o *Haliptilon virgatum* con *Cystoseira amentacea*. En la costa balear, a menudo se encuentra *Corallina elongata* en sustratos desplomados o verticales, y suele haber *Haliptilon virgatum* en lugares más soleados.
- Algas fotófilas. Se encuentran generalmente algas pardas de talo erecto, como *Dictyota fasciola*, *Dictyota ligulata* o *Dictyota dichotoma*, que substituyen a las algas del género *Cystoseira* en sustratos bien iluminados y con menos hidrodinamismo.
- *Mytilus*. Esta categoría está definida por el mejillón como especie más abundante, en ausencia de *Cystoseira*.

- Ulváceas. Categoría caracterizada por la ausencia de *Cystoseira* spp. y la abundancia de ulváceas (*Ulva*) y otras clorofíceas (*Cladophora* y *Chaetomorpha*).
- *Lithophyllum*. Las especies más abundantes son las coralináceas incrustantes de talo liso. Principalmente se trata de *Neogoniolithon brassica-florida*, así como bases de *Corallina elongata* y de otras coralináceas.
- Cornisa. La existencia de una cornisa del alga *Lithophyllum byssoides* en la zona mediolitoral inferior dificulta o imposibilita el desarrollo de un horizonte de *Cystoseira* spp. o de otras algas fotófilas en el nivel litoral estricto. Habitualmente se establece un poblamiento de algas esciófilas dominado por *Corallina elongata*, pero que cabe diferenciar del horizonte fotófilo de *Corallina*.
- Dendropoma. Esta estructura biogénica resulta de la asociación de dos especies, el vermético gasterópodo *Dendropoma petraeum* con el alga coralinácea *Neogoniolithon brassica-florida*. Aunque tiene una forma variable, habitualmente se trata de una plataforma horizontal cerca del nivel del mar, a pocos centímetros de la superficie. En algunos lugares se pueden encontrar acompañadas de *Cystoseira* spp. o *Palisada tenerima*.
- Cianoficias. Categoría propia de lugares altamente contaminados donde el poblamiento dominante está constituido por cianoficias acompañadas de otras algas muy resistentes a la contaminación (derbesiales, ulváceas).

Aparte de estas categorías, se añadieron otras de poco habituales, definidas a posteriori. En algunos casos se indicó también la abundancia de una especie determinada dentro de cada categoría (por ejemplo: *Cystoseira* 3 con *C. compressa*).

También se tomaron notas sobre los parámetros geomorfológicos que influyen en la composición de las comunidades durante la prospección visual:

- La naturaleza del sustrato: natural (N) o artificial (A).
- El tipo de costa: costa baja (CB) o costa alta (CA).
- El tipo de bloques: bloques dosimétricos de tamaño pequeño (BD) o bloques métricos de tamaño grande (BM).
- El grado de inclinación de la pared: horizontal (H), subvertical (SV), vertical (V), o desplome (D).

---

## TRATAMIENTO DE DATOS

La información obtenida durante la prospección visual se trasladó a un sistema de información geográfico (SIG), al programa ArcGIS versión 9.2. Se utilizaron como soporte de datos las ortofotografías

en color del litoral balear realizadas a partir del año 2002 y la línea de costa elaborada en el año 1995, corregidas al hacer el SIG a escala 1:5.000. Se modificó la línea de costa para adecuarla a la actual, alterada por la continua proliferación de obras nuevas (construcción de puertos nuevos, espigones, etc.).

Del conjunto de datos del SIG se pueden extraer dos tipos de información: en primer lugar, la distribución y el estado de las comunidades que pueden encontrarse en la zona infralitoral superior de la costa balear, y en segundo lugar, un índice de calidad ambiental, el EQR, asociado a cada tramo de costa a partir del cociente entre el valor de calidad ecológica obtenido en el litoral balear y el valor de referencia.

La agrupación de los tramos de costa con la misma comunidad en función de diferentes criterios (territoriales, geomorfológicos, etc.) y la posterior representación en forma de gráficos permite ver claramente la ocupación territorial de las diferentes comunidades y su evolución al comparar años sucesivos. Ello debe ayudar a detectar la presencia no deseada de determinadas comunidades indicadoras de perturbaciones y a obtener una visión global del paisaje costero de las Islas Baleares.

La DMA establece que el índice EQR debe calcularse comparando los valores del lugar estudiado (las diferentes masas de agua de la costa balear) con las condiciones biológicas de las zonas de referencia. Este índice relaciona el estado ecológico real de la zona estudiada, obtenido durante la monitorización, con el estado ecológico potencial, marcado por las condiciones de referencia. Como condiciones de referencia se han escogido zonas en un estado ecológico excelente, a partir de un muestreo realizado en el año 2001. Son la fachada marítima del Parque Natural Regional de Córcega, la Reserva Marina de los Freus de Ibiza y Formentera y la Reserva Marina del Norte de Menorca.

La obtención de un índice de calidad, el EQR (Ecological Quality Ratio), es un proceso relativamente complejo y requiere una serie de cálculos. Primero hay que asignar la calidad ecológica de las comunidades establecidas en una zona de costa (EQ). Estos EQ tienen en cuenta las longitudes de costa ocupada por cada comunidad (i) y la valoración de su calidad ambiental para todo el tramo de costa recorrido. Los valores de calidad ambiental asignados a cada comunidad (Tabla 1) fueron establecidos previamente por el grupo de investigación del CEAB-CSIC que desarrolló la metodología CARLIT. Estas valoraciones no son valores fijos, y se podrían modificar más adelante. El EQ se calcula así:

$$EQ_{SSI} = \frac{\sum (l_i * SL_i)}{\sum l_i}$$

Donde  $EQ_{SSI}$  es la calidad ecológica de un determinado tramo de costa;  $l_i$ , la longitud de la línea de

costa ocupada por el tipo de comunidad, y  $SL_i$ , la valoración de la calidad ambiental de la comunidad i.

Para calcular el índice EQR, se compara el valor  $EQ_{SSI}$  que se obtiene en el estudio de la costa balear con el  $EQ_{SSI}$  obtenido en el estudio de las zonas de referencia:

$$EQR = \frac{EQ \text{ per a la zona estudiada } (EQ_{SSI})}{EQ \text{ per a les zones de referència } (EQ_{RS})}$$

COMUNIDADES	SL <sub>i</sub>	COMUNIDADES	SL <sub>i</sub>
Cs (calmado)	20	Cs1 + U	10
Fanerógamas	20	Co	8
Cs5	20	Co + Cer	8
T	20	Co + Cy	8
Af + Cs (calmado)	20	Co + Gel + L	8
Cs4	19	Co + Gel + M	8
Cs4 + M	19	Co + L	8
Cs4 + T	19	Co + L + U	8
Cs4 + U	19	Gel	8
Cs3	15	Co + M	7
Cs3 + M	15	Co + M + Cy	7
Cs3 + M + T	15	Co + M + T	7
Cs3 + T	15	Co + U	7
Cs3 + U	15	Gel + M	7
Cs2	12	Cer	6
Cs2 + L	12	L	6
Cs2 + T	12	L + M	6
Cs2 + T + U	12	M	6
Cs2 + U	12	Gel + M + U	5
Co + T	12	Gel + U	5
Af	12	L + U	5
H	12	M + U	5
Cs1-2	11	Co + U + Cy	3
Cs1-2 + T	11	U	3
Cs1	10	U + Cer	3
Cs1 + L	10	U + Cy	3

**Tabla 1.** Valoración de las comunidades y combinaciones de estas en las costas españolas y en las zonas de referencia \*Cs1: *Cystoseira* 1; Cs2: *Cystoseira* 2; Cs3 *Cystoseira* 3; Cs4: *Cystoseira* 4; Cs5: *Cystoseira* 5; Cs1-2: *Cystoseira* 1-2; Cs2-3: *Cystoseira* 2-3; Cs3-4: *Cystoseira* 3-4; Cs4-5: *Cystoseira* 4-5; T: cornisa; Co: *Corallina*; L: *Lithophyllum*; M: *Mytilus*; U: ulváceas; Cer: ceramiáceas; Gel: *Gelidium*; Af: algas fotófilas; Hv: *Haliptilon virgatum*.

Cabe tener en cuenta la importancia de los parámetros geomorfológicos a la hora de determinar la composición de las comunidades. Se seleccionaron dos parámetros que, de acuerdo con los trabajos del grupo de investigación del CEAB-CSIC, son los que influyen más sobre las comunidades en ambientes poco afectados o nada por perturbaciones humanas: (1) la naturaleza del sustrato (natural o artificial); y (2) el tipo de costa (costa alta, costa baja o bloques métricos).

Se establecieron unas condiciones de referencia para cada combinación de estos dos parámetros geomorfológicos (Tabla 2). De esta manera, el EQR se calculó comparando los tramos de costa con la misma combinación de parámetros con la correspondiente condición de referencia para asegurar que las diferencias detectadas en el estado de las comunidades de los tramos de costa evaluados eran debidas a cambios en la calidad ambiental, y no a estos otros factores.

Comunidad	Mallorca (%)	Menorca (%)	Pitiusas (%)
<i>Cystoseira</i> muy abundante	36,62	46,39	55,67
<i>Cystoseira</i> abundante	35,21	27,12	27,20
<i>Cystoseira</i> poco abundante	13,50	8,48	10,13
<i>Cystoseira compressa</i>	0,67	0,16	0,23
<i>Cystoseira</i> de zonas calmadas	0,76	6,09	0,54
<i>Corallina-Halimnion</i>	11,87	11,09	5,04
Otras	1,37	0,67	1,19

Tabla 4. Porcentaje de recubrimiento de las comunidades por isla.

TIPO DE COSTA	NATURALEZA DEL SUSTRATO	EQ <sub>PSI</sub>
BM	A	12
CB	A	12
CA	A	8
BM	N	12
CB	N	17
CA	N	15

Tabla 2. Calidad ecológica de las zonas de referencia para los diferentes paisajes posibles.

Los valores de EQR oscilan entre 0 y 1, e indican un buen estado ecológico cuando son cercanos a 1, mientras que indican un mal estado ecológico cuando se acercan a 0. Dividiendo este rango entre cinco, se han definido los valores del índice EQR que limitan los cinco estados ecológicos propuestos por la DMA (Tabla 3).

EQR	ALTERACIÓN	ESTADO ECOLÓGICO
> 0,75 - 1,00	Inexistente o muy pequeña	Muy bueno
> 0,60 - 0,75	Ligera	Bueno
> 0,40 - 0,60	Moderada	Moderado
> 0,25 - 0,40	Grande	Deficiente
0,0 - 0,25	Muy grande	Malo

Tabla 3. Categorías del estado ecológico en función del EQR.

## RESULTADOS

No hay grandes diferencias en las comunidades algales entre las diversas islas, donde, en conjunto, las comunidades de *Cystoseira* ocupan más del 85 % del recubrimiento total. La distribución de este porcentaje de recubrimiento entre las diferentes categorías de *Cystoseira* sí que varía entre islas. Las islas Pitiusas (Ibiza y Formentera) tienen una proporción mayor de *Cystoseira* (*Carpodesmia*) *amentacea*, con más del 90 % de ocupación, que es muy abundante en un 56 % de la su costa. En Menorca, es destacable que el 6 % de la costa está ocupada por especies de *Cystoseira* de zonas calmadas (*Cystoseira* (*Treptacantha*) *barbata*, *Cystoseira* (*Carpodesmia*) *brachycarpa*, etc.), hecho que, junto con el 82 % ocupado por *Cystoseira* (*Carpodesmia*) *amentacea*, indica su buen estado de conservación. En cambio, Mallorca presenta un porcentaje inferior de ocupación de especies del género *Cystoseira*, y sus abundancias son las más bajas encontradas. La comunidad de *Cystoseira* (*Carpodesmia*) *amentacea* con altos recubrimientos solo se encuentra en un 37 % de la costa. La ocupación por *Corallina-Halimnion* es muy similar en Mallorca y Menorca, con un 11 % de recubrimiento en las dos islas, y es más baja en las Pitiusas (5 %) (Tabla 4).

Isla	MA	Delimitación	EQR 2006	EQR 2009	Porcentaje de cambio 2009-2006	Tipo de cambio	Estado ecológico 2006	Estado ecológico 2009
MALLORCA	MA-1A	Cala Falcó - Na Foradada	1	0,98	-2,0	Empeora	Muy bueno	Muy bueno
	MA-1B	Punta Castellot - Punta Negra	1	0,99	-1,0	Empeora	Muy bueno	Muy bueno
	MA-2	Bahía de Santa Ponça	0,82	0,76	-7,3	Empeora	Muy bueno	Muy bueno
	MA-3A	Punta Negra - Cap Gros	1	1	0,0	Sin cambios	Muy bueno	Muy bueno
	MA-3B	Ses Puntes - Illa de Formentor	0,99	0,96	-3,0	Empeora	Muy bueno	Muy bueno
	MA-4	Bahía de Sóller	0,86	0,71	-17,4	Empeora	Muy bueno	Bueno

Isla	MA	Delimitación	EQR 2006	EQR 2009	Porcentaje de cambio 2009-2006	Tipo de cambio	Estado ecológico 2006	Estado ecológico 2009
MALLORCA	MA-5	Bahía de Pollença	0,97	0,94	-3,1	Empeora	Muy bueno	Muy bueno
	MA-6	Cap des Pinar - Illa d'Alcanada	0,99	1	1,0	Mejora	Muy bueno	Muy bueno
	MA-7	Illa d'Alcanada - Colònia de Sant Pere	0,92	0,88	-4,3	Empeora	Muy bueno	Muy bueno
	MA-8	Colònia de Sant Pere - Punta de Capdepera	1	0,95	-5,0	Empeora	Muy bueno	Muy bueno
	MA-9	Punta de Capdepera - Portocolom	0,91	0,87	-4,4	Empeora	Muy bueno	Muy bueno
	MA-10	Punta des Joncs - Cala Figuera	0,87	0,81	-6,9	Empeora	Muy bueno	Muy bueno
	MA-11	Cala Figuera - Cala Beltran	0,91	0,98	7,7	Mejora	Muy bueno	Muy bueno
	MA-12	Cabrera	1	0,92	-8,0	Empeora	Muy bueno	Muy bueno
	MA-13	Cala Beltran - Cap de Regana	1	0,99	-1,0	Empeora	Muy bueno	Muy bueno
	MA-14	Cap de Regana - Cap Enderrocat	1	1	0,0	Sin cambios	Muy bueno	Muy bueno
	MA-15	Cap Enderrocat - Cala Major	0,69	0,75	8,7	Mejora	Bueno	Bueno
	MA-16	Cala Major - Cala Falcó	0,96	0,91	-5,2	Empeora	Muy bueno	Muy bueno
MENORCA	ME-1A	Cap de Bajolí - Cap de Fornells	0,97	0,97	0,0	Sin cambios	Muy bueno	Muy bueno
	ME-1B	Es Morters - Punta des Clot	1	0,99	-1,0	Empeora	Muy bueno	Muy bueno
	ME-1C	Cala Sant Esteve - Punta Prima	0,99	1	1,0	Mejora	Muy bueno	Muy bueno
	ME-2	Bahía de Fornells	1	1	0,0	Sin cambios	Muy bueno	Muy bueno
	ME-3	Puerto de Maó	0,70	0,72	2,9	Mejora	Bueno	Bueno
	ME-4	Punta Prima - Punta Pruna	0,93	0,95	2,2	Mejora	Muy bueno	Muy bueno
	ME-5	Punta na Pruna - Cap de Bajolí	0,91	0,86	-5,5	Empeora	Muy bueno	Muy bueno
IBIZA	IB-1A	Punta des Jondal - Punta de sa Pedrera	0,96	0,98	2,1	Mejora	Muy bueno	Muy bueno

Isla	MA	Delimitación	EQR 2006	EQR 2009	Porcentaje de cambio 2009-2006	Tipo de cambio	Estado ecológico 2006	Estado ecológico 2009
IBIZA Y FORMENTERA	IB-1B	Cap Negret - Cap des Mossons	0,93	0,85	-8,6	Empeora	Muy bueno	Muy bueno
	IB-2	Bahía de Sant Antoni	1	0,98	-2,0	Empeora	Muy bueno	Muy bueno
	IB-3	Cap des Mossons - Punta Grossa	0,99	0,96	-3,0	Empeora	Muy bueno	Muy bueno
	IB-4	Punta Grossa - Cala Llenya	0,98	1	2,0	Mejora	Muy bueno	Muy bueno
	IB-5	Cala Llenya - Punta Blanca	1	1	0,0	Sin cambios	Muy bueno	Muy bueno
	IB-6	Punta Blanca - Punta des Andreus	1	1	0,0	Sin cambios	Muy bueno	Muy bueno
	IB-7	Punta des Andreus - Punta de la Mata	0,93	0,95	2,2	Mejora	Muy bueno	Muy bueno
	IBFO-8	Freus de Ibiza y Formentera	1	1	0,0	Sin cambios	Muy bueno	Muy bueno
	FO-9	Punta de la Gavina - Punta de ses Pesqueres	1	0,99	-1,0	Empeora	Muy bueno	Muy bueno
	FO-10	Punta de ses Pesqueres - Punta de ses Pedres	0,98	1	2,0	Mejora	Muy bueno	Muy bueno

**Tabla 5.** Valores de EQR para cada sector de costa o masa de agua (MA) de las Baleares, obtenidos mediante la metodología CARLIT, que corresponden a los umbrales entre las cinco categorías de estado ecológico propuestas por la DMA.

\*Se indica el porcentaje de cambio entre el muestreo del año 2006 y el del año 2009, la tipología del cambio (empeora, sin cambios o mejora) y el estado ecológico resultante de la aplicación de este índice.

No hay cambios significativos entre los dos años de muestreo (2006 y 2009) (Tabla 5). De los 36 sectores de costa evaluados, ninguno se encuentra en riesgo de incumplimiento, 33 presentan un estado ecológico muy bueno y 3, un estado ecológico bueno (Tabla 5).

Solo una masa de agua, la bahía de Sóller (MA-4), ha cambiado de categoría y ha pasado de muy bueno en el año 2006 (con un EQR de 0,86) a bueno en el 2009 (con un EQR de 0,71), con una disminución del EQR del 17,4 %. Esta diferencia no puede explicarse por un aumento de la longitud de costa muestreada, ya que en 2006 se prospectó un 91 % de la masa de agua. El cambio de las comunidades presentes podría estar relacionado con las obras de ampliación del puerto durante el año 2006, o con causas naturales. Por tanto, se debería realizar un seguimiento más exhaustivo de esta masa de agua para saber cuál es el origen de la perturbación (Tabla 5, Figura 2).

Las otras dos masas de agua que han presentado una valoración de estado bueno, la bahía de Palma (MA-15) y el puerto de Maó (ME-3), ya presentaban esta valoración en 2006. Se corresponden a las masas de agua más antropizadas, donde se ubican las capitales de las islas de Mallorca y Menorca (Tabla 5, figuras 2-3).

La isla de Mallorca es la que presenta más sectores de costa en estado ecológico bueno, con dos masas de agua, la de la bahía de Sóller (MA-4) y la de la bahía de Palma (MA-15), con esta categoría. Además, la masa de agua de la bahía de Santa Ponça (MA-2) presenta un valor de EQR de 0,76, cercano al 0,75, que es el límite entre las categorías de bueno y muy bueno, y ha empeorado en un 7,3 % entre los años 2006 y 2009 (Tabla 5, Figura 2).



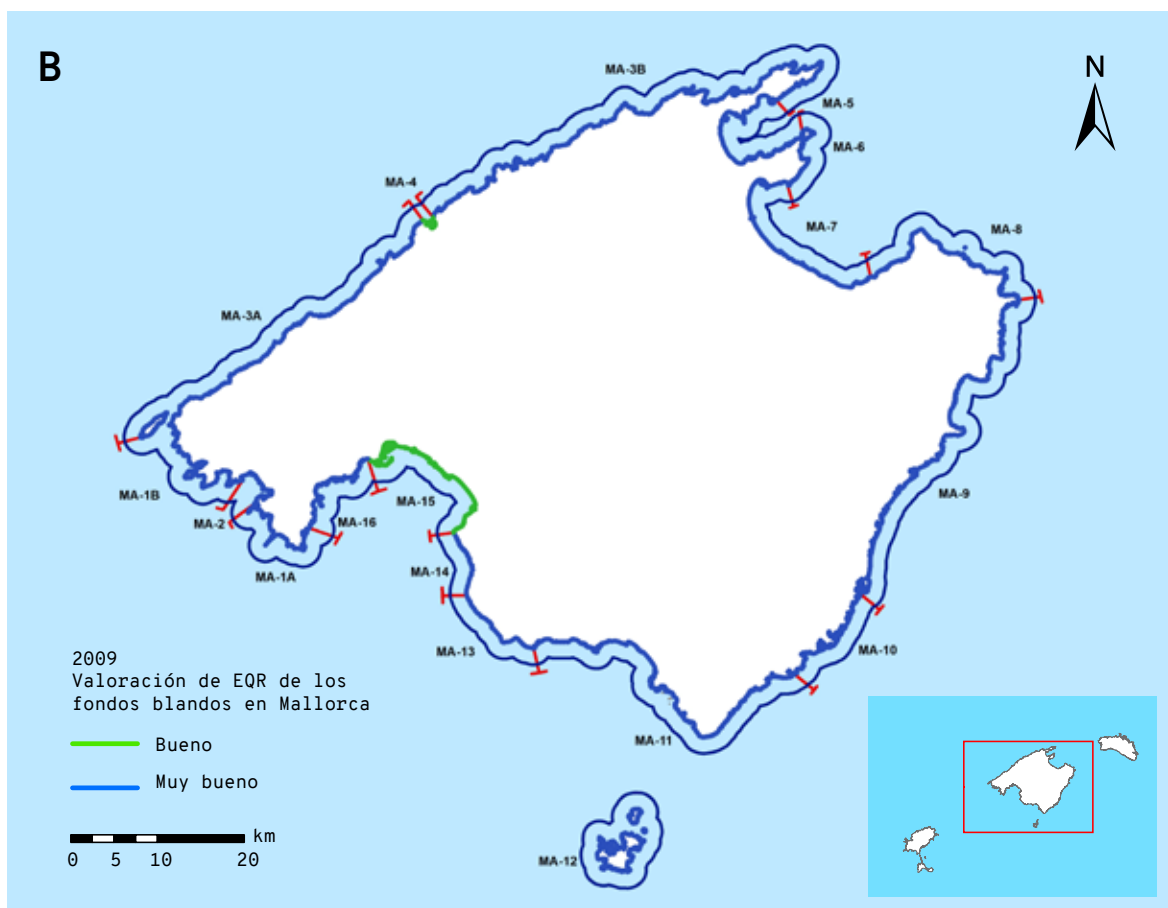
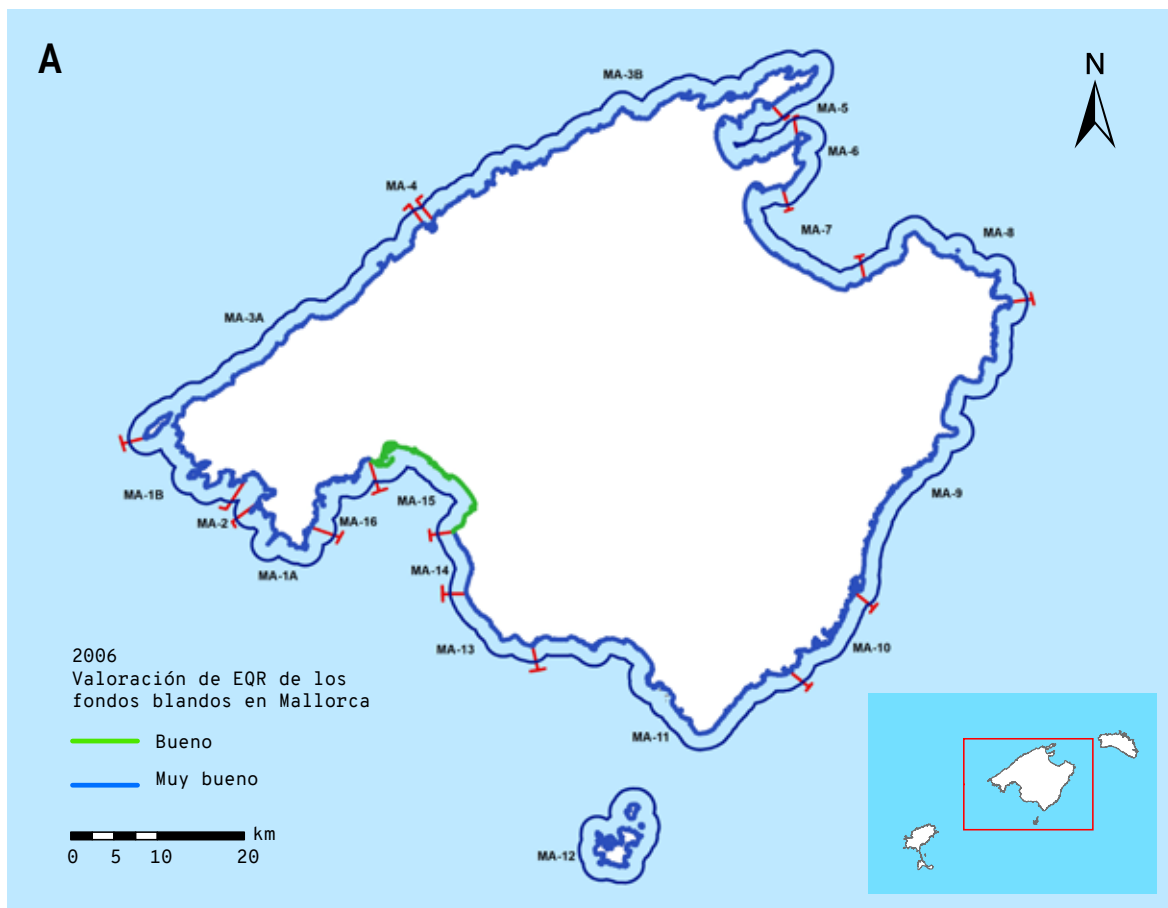


Figura 2. Valores de EQR para cada sector de costa en las islas de Mallorca y Cabrera en el año 2006 (A) y 2009 (B) según el índice CARLIT. FUENTE: Ballesteros *et al.*<sup>2</sup>

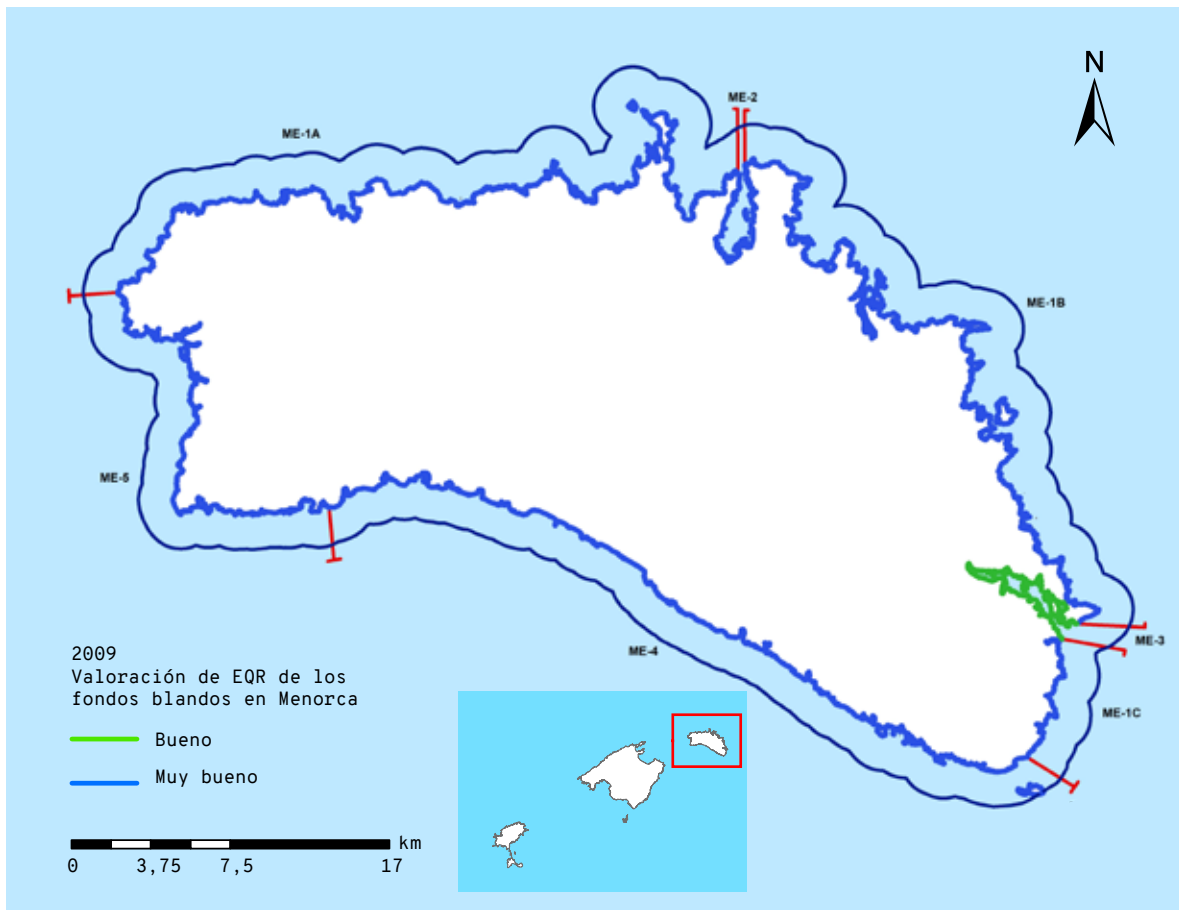


Figura 3. Valores de EQR para cada sector de costa en la isla de Menorca en el año 2009 según el índice CARLIT. FUENTE: Ballesteros *et al.*<sup>2</sup>

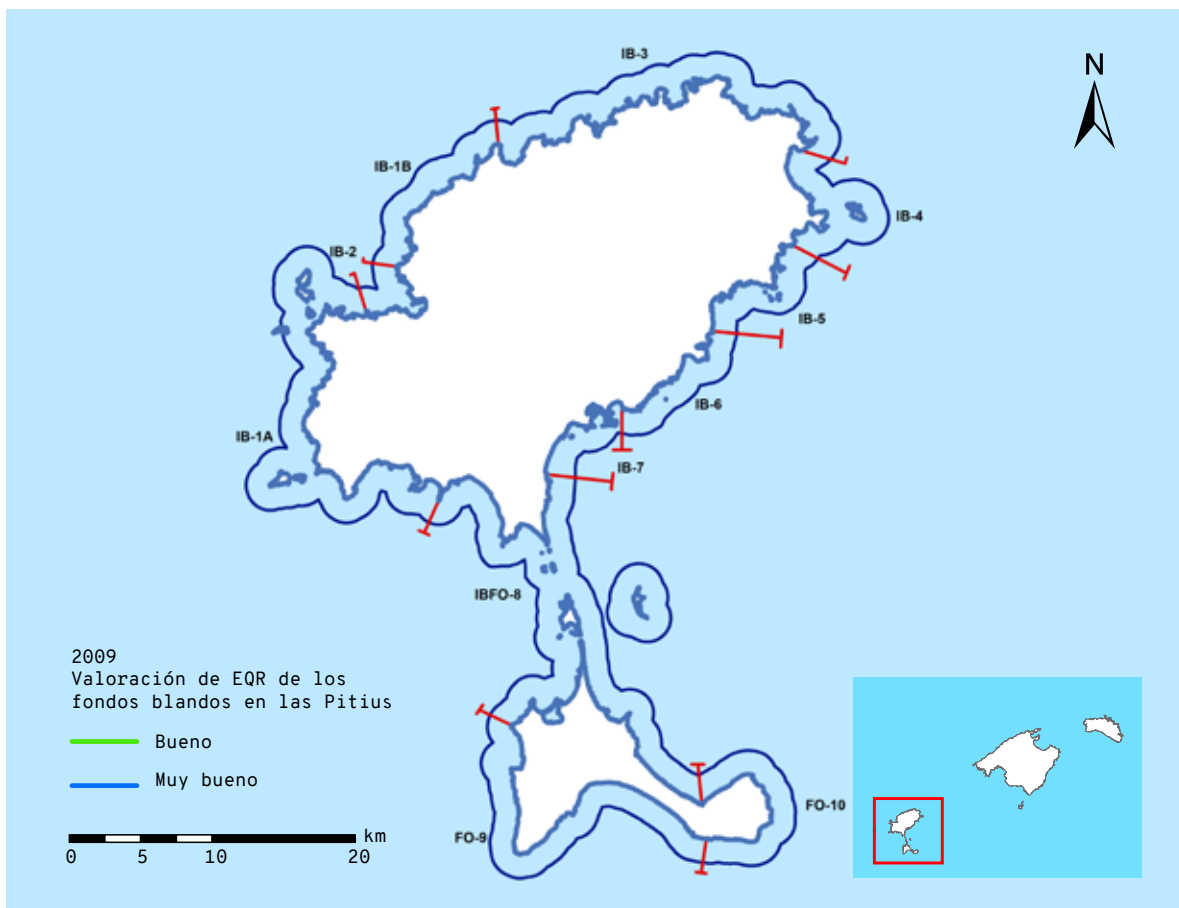


Figura 4. Valores de EQR para cada sector de costa en las islas de Ibiza y Formentera en el año 2009 según el índice CARLIT. FUENTE: Ballesteros *et al.*<sup>2</sup>

De los cinco sectores de la costa de Menorca, solo el del puerto de Maó (ME-3) presenta un estado ecológico bueno. Se trata de una masa de agua muy modificada para la cual no se requiere la evaluación del estado ecológico, sino la de un potencial ecológico (que todavía no se ha definido) (Tabla 1, Figura 3).

Los once sectores de Ibiza y Formentera presentan un estado ecológico muy bueno (Tabla 5, Figura 4).

## CONCLUSIONES

- Se evaluó casi de manera continua toda la costa balear (un 93 %) con la metodología CARLIT. En un 7 % de la costa no se pudo aplicar dicha metodología por tratarse de costas de arena, interiores de puertos y zonas inaccesibles como áreas militares. Las masas de agua donde hubo un porcentaje de costa no evaluada más alto son: Pollença (MA-5), Alcúdia (MA-7), Palma (MA-15), Ibiza (IB-7) y Maó (ME-3). Una parte importante de la costa balear está constituida por sustratos desplomados, donde no puede desarrollarse la comunidad de *Cystoseira* (*Carpodesmia*) *amentacea* (Cs4 y Cs5).
- De los 36 sectores de costa definidos en la costa balear, 33 se encuentran en un estado ecológico muy bueno, y 3 en un estado ecológico bueno. Los tres en estado bueno son la bahía de Sóller (MA-4), la bahía de Palma (MA-15) y el puerto de Maó (ME-3). En el caso de la bahía de Palma y el puerto de Maó, la sustitución de *Cystoseira* (*Carpodesmia*) *amentacea* por *Corallina*-*Haliptilon* en ciertas zonas parece relacionada con el efecto de las presiones antrópicas.
- En la bahía de Sóller (MA-4) se ha detectado un descenso del estado ecológico, que ha pasado de muy bueno en el año 2006 a bueno en 2009. Este hecho podría haber sido causado en parte por las obras de ampliación del puerto durante el año 2006. No obstante, la limitación en el desarrollo de la comunidad de *Cystoseira* puede ser en parte natural, ya que la presencia de acantilados medianos, con un escaso sustrato horizontal, impide el crecimiento de un horizonte continuo de *Cystoseira*. Se recomienda realizar un seguimiento más exhaustivo de esta masa de agua en los próximos años para detectar un posible empeoramiento de su estado ecológico.
- Teniendo en cuenta que, algunas veces, las presiones antrópicas se distribuyen de manera heterogénea dentro de una misma masa de agua, se pueden encontrar comunidades de diferente categoría de calidad ecológica según los tramos prospectados. Si estas masas no se prospectan enteras, podría ocurrir que los tramos escogidos no fuesen representativos de toda la masa de agua. Esto pasa en las masas MA-5, MA-7 y MA-16.
- En el caso de la masa de agua muy modificada del puerto de Maó (ME-3), el 78 % está fuertemente modificado (interior del puerto y otras estructuras artificiales) y no ha sido evaluado. Por tanto, la valoración de estado bueno obtenida no es representativa de toda la masa de agua. Por otro lado, en Cala Sant Esteve la comunidad está dominada por *Cystoseira* (*Carpodesmia*) *amentacea*, lo que indica un estado muy bueno. El límite sur de esta masa de agua (con la masa ME-1C) podría redefinirse para que se atiendan mejor las necesidades de gestión.
- Ninguno de los sectores de costa estudiados en Mallorca presenta un porcentaje alto de ocupación por *Cystoseira* (*Carpodesmia*) *amentacea* muy abundante (Cs5). En el resto de islas, esta categoría presenta valores más altos, pero tampoco predomina en ninguno de los sectores de costa.
- Solo se dispone de datos de CARLIT para los años 2006 y 2009. Actualmente se ha licitado un proyecto para elaborar un estudio que evalúe el EQR siguiendo la metodología CARLIT y el índice MEDOCC durante el año 2020.

---

## REFERENCIAS

- <sup>1</sup> BALLESTEROS, E. *et al.* (2007). «A new methodology based on littoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of the European Water Framework Directive». *Marine Pollution Bulletin*, 55, 172-180. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2006.08.038.
- <sup>2</sup> BALLESTEROS, E. *et al.* (2010). «Avaluació de la qualitat ambiental de les masses d'aigua costaneres utilitzant les macroalgues i els invertebrats bentònics com a bioindicadors. Informe final 2009-2010». Palma: Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient.
- <sup>3</sup> SALES, M.; BALLESTEROS, E. (2009). «Shallow *Cystoseira* (Fucales: *Ochrophyta*) assemblages thriving in sheltered areas from Menorca (NW Mediterranean): Relationships with environmental factors and anthropogenic pressures». *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 84, 476-482. DOI: 10.1016/j.ecss.2009.07.013.
- <sup>4</sup> ARÉVALO, R.; BALLESTEROS, E.; PINEDO, S. (2007). «Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: Descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae». *Marine Pollution Bulletin*, 55, 104-113. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2006.08.023.
- <sup>5</sup> ARÉVALO, R.; BALLESTEROS, E.; PINEDO, S. (2015). «Seasonal dynamics of upper sublittoral assemblages on Mediterranean rocky shores along a eutrophication gradient». *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 161, 93-101. DOI:10.1016/j.ecss.2015.05.004.
- <sup>6</sup> BALLESTEROS, E. *et al.* (2007). «Implementació de la Directiva marc de l'aigua a les Illes Balears. Avaluació de la qualitat ambiental de les masses d'aigua costaneres utilitzant les macroalgues i els invertebrats bentònics com a bioindicadors (maig 2005 - març 2007)». Palma: Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient.

---

## CITAR COMO

Vaquer-Sunyer, R.; Barrientos, N.; Martino, S.; BALLESTEROS, E. (2020) «Indicador biològic de macroalgues: CARLIT». En: Vaquer-Sunyer, R.; Barrientos, N. (ed.). *Informe Mar Balear 2020* <<https://www.informemarbalea.org/es/calidad-agua/imb-carlit-esp.pdf>>.