

En l'elaboració d'aquest capítol han participat:

Raquel Vaquer-Sunyer, Natalia Barrientos, Benjamí Reviriego, Mar Santandreu i Sergio Martino.

Índex Multivariant *Posidonia oceanica* (POMI)

La Directiva marc de l'aigua (DMA 2000/60/CEE) estableix les bases per a la vigilància, protecció i millora de l'estat ecològic dels sistemes aquàtics dins dels països membres de la Unió Europea. El principal objectiu de la DMA és assolir (o mantenir) almenys un estat ecològic bo de les masses d'aigua europees per a l'any 2015.

Aquesta directiva introdueix l'ús obligatori de bio-indicadors per avaluar l'estat ecològic dels sistemes aquàtics.

Per a les aigües costaneres marines, els organismes que s'han fet servir com a bioindicadors (Biological Quality Elements, BQE) són: fitoplàncton, macroalgues, macroinvertebrats i angiospermes.

En el cas de les fanerògames marines (angiospermes), s'ha triat l'ús de l'espècie *Posidonia oceanica* i l'Índex Multivariant POMI.

La planta marina *Posidonia oceanica* té certes característiques que la fan adequada per mesurar correctament l'estat ecològic de les aigües costaneres. D'una banda, té una alta sensibilitat a les perturbacions ambientals —per exemple, a la disminució de la transparència de l'aigua, l'eutrofització, la contaminació o l'erosió. D'una altra, és una espècie àmpliament distribuïda al llarg de la costa mediterrània i a les Illes Balears n'és la planta marina dominant. Finalment, el gran coneixement de la seva biologia, l'ecologia de l'espècie i les seves respostes específiques associades a impactes antropogènics la converteixen en bona candidata per ser emprada eficientment com a element biològic de qualitat a la mar Mediterrània.

NORMATIVA

→ Directiva 2000/60/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 23 d'octubre de 2000, que estableix un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política d'aigües (Directiva marc de l'aigua).

→ Directiva 2008/56/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 17 de juny de 2008, per la qual s'estableix un marc d'acció comunitària per a la política del medi marí (Directiva marc sobre l'estratègia marina).

→ Llei 62/2003, de 30 de desembre, de mesures fiscals, administratives i de l'ordre social que inclou, al seu article 129, la modificació del text de la Llei d'aigües, aprovat pel Reial decret legislatiu 1/2001, de 20 de juliol, per la qual s'incorpora al dret espanyol la Directiva 2000/60/CE, establint un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política d'aigües.

→ Decret llei 1/2015, de 10 d'abril, pel qual s'aprova la Instrucció de planificació hidrològica per a la demarcació hidrogràfica intracomunitària de les Illes Balears (BOIB núm. 52 d'11 d'abril de 2015).

→ Reial decret 907/2007, de 6 de juliol, pel qual s'aprova el Reglament de la planificació hidrològica.

METODOLOGIA

S'ha avaluat l'estat ecològic de les aigües costaneres de les Illes Balears utilitzant la fanerògama marina *Posidonia oceanica* com a indicador, seguint les directrius de la Directiva marc de l'aigua (DMA). Els resultats presentats provenen de tres estudis¹⁻³ en els quals s'ha emprat l'Índex Multivariant de *Posidonia oceanica* (POMI en les seves sigles en anglès), basat en l'estudi de variables fisiològiques, morfològiques, estructurals i a nivell d'ecosistema que es poden relacionar inequívocament amb la qualitat de l'aigua.⁴

QUÈ ÉS?

És un dels índexs biològics que s'empren per determinar l'estat de les masses d'aigua costaneres definides per la Directiva marc de l'aigua (DMA). Utilitza l'angiosperma marina *Posidonia oceanica* per determinar la qualitat de l'aigua.

Aquesta planta té determinades característiques que la fan adequada per ser emprada eficientment com a element biològic de qualitat: té una alta sensibilitat a les perturbacions ambientals, és una espècie àmpliament distribuïda al llarg de la costa mediterrània —a les Illes Balears n'és l'espècie de planta dominant—, i hi ha un gran coneixement de la seva biologia, ecologia de l'espècie i les seves respostes específiques associades a impactes antropogènics.

METODOLOGIA

S'ha avaluat l'estat ecològic de les aigües costaneres de les Illes Balears utilitzant la *Posidonia oceanica* com a indicador seguint les directrius de la Directiva marc de l'aigua (DMA). Els resultats presentats provenen de tres estudis¹⁻³ on s'ha emprat l'Índex Multivariant de *Posidonia oceanica* (POMI).⁴

El POMI es basa en la combinació, mitjançant l'anàlisi de components principals (PCA), de descriptors fisiològics, morfològics, estructurals i a nivell d'ecosistema que estan relacionats inequívocament amb la qualitat ambiental.⁴ Els valors de l'eix principal es normalitzen a una escala entre 0 i 1 (EQR) emprant valors d'estacions de referència òptims i pèssims —estacions virtuals construïdes amb la mitjana del 10 % dels millors valors de cada una de les mètriques emprades per calcular el POMI en el cas de l'òptim, i del 10 % dels pitjors valors en el cas del pèssim.⁴ Els estats ecològics es classifiquen d'acord amb els valors obtinguts d'EQR.

S'han emprat metodologies diferents per calcular les estacions de referència entre l'estudi realitzat els anys 2017-2018 i els dos anteriors, per tant els resultats no són comparables.

RESULTATS

- Emprant la *Posidonia oceanica* com a indicador seguint les directrius de la Directiva marc de l'aigua (DMA), s'ha observat un declivi gradual de la qualitat de les masses d'aigua de les Balears.
- Els anys 2005 i 2006 gairebé totes les estacions estaven en estat molt bo (43,6 %) o bo (52,7 %) i només 2 estacions tenien un estat moderat (3,6 %). Una única massa d'aigua tenia un estat moderat: la badia de Palma —del cap Enderrocat a cala Major.
- Els anys 2008 i 2009 es va triplicar el nombre d'estacions en un estat ecològic moderat, incomplint la Directiva marc de l'aigua (Port d'Alcúdia, cala Gamba, Can Picafort, Magaluf, el cap Negret i Santa Eulària). El nombre de masses d'aigua en estat moderat va

PER QUÈ?

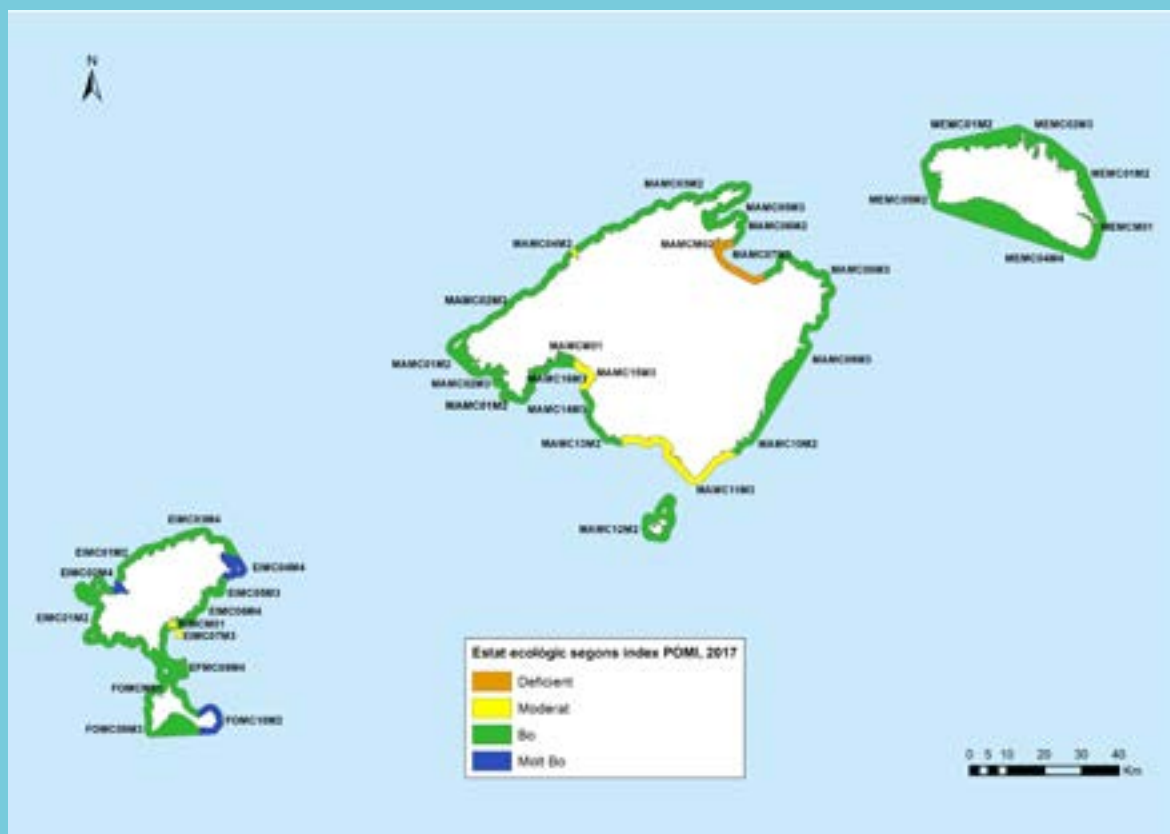
El principal objectiu de la Directiva marc de l'aigua (DMA 2000/60/CEE) és aconseguir (o mantenir) almenys un estat ecològic bo de les masses d'aigua europees. Aquesta directiva introdueix l'ús obligatori de bioindicadors per avaluar l'estat ecològic dels sistemes aquàtics. Les comunitats d'angiospermes marines i en concret la *Posidonia oceanica* és adequada per mesurar correctament l'estat ecològic de les aigües costaneres.

LOCALITZACIÓ



passar d'1 a 2: badia d'Alcúdia i de cala Llenya a la punta Blanca (zona de Santa Eulària, Eivissa).

- S'han emprat diferents metodologies per calcular els valors de referència. Per tant, no es poden comparar els resultats dels estudis realitzats els anys 2005-2006 i 2008-2009 amb l'estudi dels anys 2017-2018.
- S'aprecia una disminució de la qualitat de l'aigua entre els anys 2005 i 2017. Els anys 2017-2018 es van trobar per primera vegada 2 masses d'aigua en estat ecològic deficient (6 %): badia d'Alcúdia i Port d'Alcúdia, i 4 masses d'aigua en estat ecològic moderat: del cap Enderrocat a cala Major, badia de Sóller, de cala Figuera a cala Beltran i el Port d'Eivissa.



Estat ecològic de les diferents masses d'aigua per als anys 2017-2018. FONT: Santandreu *et al.*³

REFERÈNCIES

- ¹ DUARTE, C. M. *et al.* (2010). «Estudi d'implementació de la directiva marc de l'aigua a Balears: Avaluació de la qualitat ambiental de les masses d'aigua costaneres utilitzant indicadors i índex biològics. Element biològic de qualitat: *Posidonia oceanica*. 2008-2009». Palma: Agència Balear de l'Aigua i de la Qualitat Ambiental de la Conselleria de Medi Ambient del Govern de les Illes Balears.
- ² DUARTE, C. M. *et al.* (2007). «Estudi d'implementació de la directiva marc de l'aigua a Balears: Avaluació de la qualitat ambiental de les masses d'aigua costaneres utilitzant indicadors i índex biològics. Element biològic de qualitat: *Posidonia oceanica*». Palma: Agència Balear de l'Aigua i de la Qualitat Ambiental de la Conselleria de Medi Ambient del Govern de les Illes Balears.
- ³ SANTANDREU, M. M. *et al.* (2019). «Monitoreo y Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica de las Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad *Posidonia oceanica*. 2017» [Informe tècnic]. FOA Ambiental S.L.-Centre Balear de Biologia Aplicada; Direcció General de Recursos Hídrics del Govern de les Illes Balears.
- ⁴ ROMERO, J. *et al.* (2007). «A multivariate index based on the seagrass *Posidonia oceanica* (POMI) to assess ecological status of coastal waters under the water framework directive (WFD)». *Marine Pollution Bulletin*, 55, 196-204. DOI:10.1016/j.marpolbul.2006.08.032.

PUNTS DE MOSTREIG I MASSES D'AIGUA

El Govern de les Illes Balears va definir 31 masses d'aigua (MA) l'any 2005: 16 a Mallorca, 10 a Eivissa i Formentera i 5 a Menorca. El nombre de masses d'aigua es va augmentar fins a 38 els anys 2008-2009 (19 a Mallorca, 8 a Menorca i 11 a Eivissa i Formentera) i es va reduir a 37 l'any 2017 (18 a Mallorca, 5 a Menorca i 14 a Eivissa i Formentera) (taula 1). Per tant, les masses d'aigua dels diferents estudis no són exactament les mateixes, i hi ha masses d'aigua de les quals només s'obtenen dades en un dels estudis.

El nombre d'estacions mostrejades als diversos estudis ha anat augmentant al llarg del temps. Mentre que a l'estudi realitzat els anys 2005-2006 es van analitzar un total de 58 estacions,² a l'estudi fet els anys 2008-2009¹ varen ser 73 estacions, i els anys 2017-2018 se'n van analitzar 76 (taula 1).³

Taula 1. Nombre de masses d'aigua i estacions de cada un dels estudis.

ANY	NRE. MASSES D'AIGUA	NRE. ESTACIONS
2005	31	58
2008	38	73
2017	37	76

ANÀLISI

De cada massa d'aigua es varen quantificar:

→ Descriptors estructurals:

- Cobertura de la praderia.
- Densitat total de feixos.
- Densitat d'apexs de rizomes horitzontals (plagiòtrops) i verticals (ortòtrops).
- % d'apexs de rizomes horitzontals (plagiòtrops).
- Superfície foliar.
- % de fulles necrosades i longitud foliar necrosada per feix.

→ Descriptors químics:

- Concentració de nitrogen a fulles i rizomes.
- Concentració de fòsfor a fulles i rizomes.
- Concentració de sofre total a fulles i rizomes.
- Concentració de nitrogen a epífits foliaris.
- Abundància isotòpica de ¹⁵N a fulles i rizomes.
- Abundància isotòpica de ³⁴S a fulles i rizomes.
- Contingut en metalls de rizomes (Ag, Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) (només analitzats els anys 2005-2006).

→ Descriptors fisiològics:

- Concentració de carbohidrats no estructurals —sacarosa i midó— a rizomes.

→ Descriptors demogràfics (només 9 praderies de l'estudi realitzat els anys 2008-2009):

- Taxa anual específica de mortalitat (M, any⁻¹)
- Reclutament (R, any⁻¹)
- Creixement net de la població (μ, any⁻¹)

L'anàlisi de les concentracions de nutrients (nitrogen i fòsfor) i sofre, així com l'abundància natural de l'isòtop 15 de nitrogen i 34 de sofre als diferents teixits (fulles i rizomes) i a la comunitat epífita, permeten cobrir diferents possibles escales temporals de canvi. Mentre que els rizomes tenen generalment una vida més llarga que les fulles —arribant a viure més de 50 anys en alguns casos—, les fulles tenen una vida màxima de 300 dies.⁵ Així, els rizomes poden acumular una quantitat més gran de nutrients en els seus teixits, els nutrients de les fulles donen una estimació de l'estat de l'aigua de l'any anterior, i els epífits que recobreixen les fulles serveixen d'indicador de la quantitat de nutrients a l'ambient.

L'abundància isotòpica de ¹⁵N a fulles i rizomes és un descriptor que ajuda a esbrinar l'origen del nitrogen que forma part dels teixits de *P. oceanica*. El senyal isotòpic del nitrogen atmosfèric és proper a zero; per tant, si els teixits de les plantes tenen un senyal isotòpic proper a zero hauran adquirit aquest nitrogen mitjançant la fixació de nitrogen atmosfèric.

L'abundància isotòpica de ³⁴S indica si ha hagut intrusió d'àcid sulfhídric (H₂S) a la planta a través del sediment. La posidònia és una planta especialment sensible a la intrusió d'àcid sulfhídric, i baixes concentracions (10 μM) causen la seva mortaldat.⁶ Valors inferiors al 19-20 % de ³⁴S a les fulles indiquen que hi ha hagut intrusió i, per tant, la planta es troba afectada per aquesta substància.⁷

CLASSIFICACIÓ DE LES MASSES D'AIGUA

Per classificar les masses d'aigua costanera de les Balears emprant com a Element Biològic de Qualitat (BQE en les seves sigles en anglès) *Posidonia oceanica*, s'ha emprat l'Índex Multivariant POMI (*Posidonia oceanica* Multivariate Index), seguint la metodologia descrita per Romero i col·laboradors.⁴

El POMI es basa en la combinació, a través de l'anàlisi de components principals (PCA), de descriptors (o mètriques) fisiològics, morfològics, estructurals i a nivell d'ecosistema que estan relacionats inequívocament amb la qualitat ambiental.⁴ Els valors de l'eix principal es normalitzen a una escala entre 0 i 1 (EQR) emprant estacions de referència òptimes i pèssimes —estacions virtuals, construïdes amb la mitjana del 10 % dels millors valors de cada una de les mètriques emprades per calcular el POMI en el cas de l'òptima, i del 10 % dels pitjors valors en el cas de la pèssima.⁴ Els estats ecològics es classifiquen segons els valors obtinguts d'EQR (taula 2).

Taula 2. Categories de l'estat ecològic depenent de l'EQR.⁴

ESTAT ECOLÒGIC	EQR
Molt bo	0,775 - 1
Bo	0,550 - 0,774
Moderat	0,325 - 0,549
Deficient	0,1 - 0,324
Dolent	< 0,1

Taula 3. Llista de descriptors emprats als diferents estudis.^{1-4,8}

	POMI 14	POMI 5	POMI 9	POMI 11
Descriptors	Romero <i>et al.</i> ⁴	Estudis 2005-2006 i 2008-2009 ^{1,2}	Bennet <i>et al.</i> ⁸	Estudi 2017-2018 ³
Densitat de feixos	X		X	X
Cobertura	X	X	X	X
Percentatge de feixos plagiotròpics	X			X
Superfície foliar	X		X	X
Percentatge de fulles necrosades	X		X	X
Contingut en nitrogen dels rizomes	X	X		X
Contingut en fòsfor dels rizomes	X	X		X
Concentració de carbohidrats no estructurals a rizomes	X		X	X
Abundància isotòpica de ¹⁵ N a rizomes	X	X	X	X
Abundància isotòpica de ³⁴ S a rizomes	X	X	X	X
Concentració de nitrogen a epífits foliars	X		X	X
Concentració de coure a rizomes	X			
Concentració de plom a rizomes	X		X	
Concentració de zinc a rizomes	X			

Romero i col·laboradors van proposar aquest índex basant-se en 14 mètriques (POMI 14):

- 5 mètriques representatives del nivell fisiològic (contingut en nitrogen, fòsfor, i sacarosa i abundància isotòpica de ¹⁵N i ³⁴S a rizomes).
- 2 del nivell individual (percentatge de fulles amb necrosis i àrea foliar).
- 3 del nivell de població (cobertura de la praderia, densitat de feixos i percentatge de rizomes plagiotrops —horitzontals—).
- 1 del nivell de comunitat (contingut en nitrogen d'epífits).
- 3 indicadors de contaminació (concentració de coure, plom i zinc a rizomes).

Un altre estudi va concloure que emprant només 9 mètriques (POMI 9) —excloent el contingut en fòsfor, nitrogen, coure i zinc de rizomes i el percentatge de rizomes plagiotrops—, s'obtenien els mateixos resultats que emprant-ne 14 (POMI 14).⁸

Algunes mètriques utilitzades mostren una gran variabilitat estacional, com per exemple la superfície foliar o longitud necrosada de les fulles. Això podria donar lloc a errades i classificacions errònies de l'estat de la qualitat de l'aigua. Per minimitzar diferències de l'estat ecològic (EQR) causades per diferències en el moment del mostreig, en els estudis fets per personal investigador de l'Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (IMEDEA) (els anys 2005-2006 i 2008-2009) es va optar per incloure

només 5 mètriques en l'anàlisi de components principals (taula 3):

- Cobertura de la praderia.
- Contingut en nitrogen dels rizomes.
- Contingut en fòsfor dels rizomes.
- Abundància isotòpica de ¹⁵N a rizomes.
- Abundància isotòpica de ³⁴S a rizomes.

Als estudis realitzats per l'IMEDEA els anys 2005-2006 i 2008-2009 per determinar una estació de referència òptima i pèssima es varen emprar les mitjanes dels 3 millors valors de cada una de les mètriques utilitzades per calcular el POMI en el cas de l'òptima, i dels 3 pitjors valors en el cas de la pèssima, d'estacions tant de les Balears com de Catalunya que havien estat mostrejades durant el mateix període. Es va optar per incloure estacions de Catalunya perquè els valors pèssims obtinguts per a les Balears eren propers als valors de l'estat òptim d'altres zones de la Mediterrània (com per exemple Catalunya). Aquesta metodologia es va adoptar en col·laboració amb l'investigador Javier Romero, qui va desenvolupar l'índex POMI.

A l'estudi elaborat els anys 2017-2018 es varen incloure en l'anàlisi de components principals les 11 mètriques establertes al plec de condicions de la licitació de l'estudi. En aquest estudi es varen emprar el 10 % dels millors i pitjors valors mesurats a les Balears per calcular les estacions de referència òptima i pèssima respectivament, tal

com es va descriure a l'article científic on es desenvolupa l'índex POMI.⁴ A més de calcular el POMI 11, es va afegir un annex calculant el POMI 5 amb els descriptors emprats en estudis anteriors com a eina comparativa. Els autors defensen la validesa del POMI 11 i al·leguen que el POMI 5 no és estadísticament correcte, en donar com a resultat una estació en estat dolent amb presència de posidònia quan pel sol fet de ser-hi ja no es podria considerar un estat dolent. A més a més, aquesta estació té un valor d'EQR més petit que el de l'estació de referència pèssima.³

El fet de calcular de forma diferent els valors de referència òptim i pèssim provoca que els diversos estudis no siguin comparables i no es pugui establir quina ha estat la tendència de la qualitat de l'aigua de les diferents estacions i masses d'aigua.

RESULTATS

Estat ecològic de les estacions

A l'estudi realitzat els anys 2005 i 2006 es va determinar l'estat ecològic d'un total de 55 estacions (de les 58 mostrejades). La majoria d'estacions estaven en un estat ecològic molt bo (24 estacions, 43 %) o bo (29 estacions, 53 %), i només dues en estat moderat (4 %).² Aquestes dues estacions en estat moderat incomplirien la Directiva marc de l'aigua (DMA) en trobar-se en un estat ecològic pitjor de bo. Es tracta de Son Verí i Port d'Alcúdia, amb pràcticament el mateix EQR. Els anys 2005-2006 no es va trobar cap estació en estat deficient o moderat (taula 4, figura 1).

Taula 4. Valors d'EQR i estat ecològic de les estacions mostrejades segons l'índex POMI, que corresponen a les cinc categories d'estat ecològic proposades per la DMA. FONT: Duarte *et al.*, Santandreu *et al.*¹⁻³

Massa d'aigua	Estació	EQR 05/06	EQR 08/09	EQR 17/18 POMI 5	EQR 17/18 POMI 11	Estat ecològic 05/06	Estat ecològic 08/09	Estat ecològic 17/18 POMI 5	Estat ecològic 17/18 POMI 11
MAMC12M2	Es Castell (Cabrera)	0,982	0,748	0,870	0,739	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo
EFMC08M4	Ses Illetes (Formentera)	0,939	0,752	0,899	0,810	Molt bo	Bo	Molt bo	Molt bo
MAMC12M2	S'Olla (Cabrera)	0,914		0,803	0,699	Molt bo		Molt bo	Bo
MAMC01M2	Cala Marmassen	0,906	0,753	0,745	0,670	Molt bo	Bo	Bo	Bo
FOMC09M3	Platja des Migjorn	0,898	0,764	0,910	0,712	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo
MAMC12M2	Santa Maria (Cabrera)	0,893	0,882	0,917	0,740	Molt bo	Molt bo	Molt bo	Bo
EFMC08M4	Cala Torreta	0,888	0,742	0,879	0,740	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo
EFMC08M4	Es Pujols	0,877	0,856	0,849	0,760	Molt bo	Molt bo	Molt bo	Bo
EIMC01M2	Cap des Mossons	0,875	0,652	0,612	0,627	Molt bo	Bo	Bo	Bo
EFMC08M4	Ses Salines	0,87		0,717	0,623	Molt bo		Bo	Bo
MAMC05M3	Illa de Formentor	0,861	0,825	0,818	0,599	Molt bo	Molt bo	Molt bo	Bo
MAMC03M2	Cap de Formentor	0,856	0,758	0,646	0,604	Molt bo	Bo	Bo	Bo
MAMC03M2	Cala Deià	0,84	0,693	0,758	0,559	Molt bo	Bo	Bo	Bo
EIMC01M2	Cala Llonga	0,835	0,747	0,639	0,695	Molt bo	Bo	Bo	Bo
MAMC08M3	Cala Matzoc	0,834		0,839	0,673	Molt bo		Molt bo	Bo
EIMC07M3	Platja d'en Bossa	0,823	0,776	0,665	0,755	Molt bo	Molt bo	Bo	Bo
MEMC01M2	Arenal de s'Olla	0,822	0,748	0,748	0,642	Molt bo	Bo	Bo	Bo
MAMC01M2	Sa Dragonera	0,818	0,847	0,684	0,646	Molt bo	Molt bo	Bo	Bo
MAMC09M3	Cala Millor	0,818		0,639	0,516	Molt bo		Bo	Moderat
MAMC05M3	Pollença	0,815	0,797	0,859	0,769	Molt bo	Molt bo	Molt bo	Bo
EIMC04M4	Punta d'en Valls	0,811	0,722	0,793	0,765	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo
EIMC02M4	Sant Antoni	0,807	0,769	0,721	0,788	Molt bo	Bo	Bo	Molt bo
MEMC02M3	Fornells	0,805	0,837	0,725	0,655	Molt bo	Molt bo	Bo	Bo
MEMC01M2	Platja des Grau	0,784		0,714	0,763	Molt bo		Bo	Bo
EIMC07M3	Talamanca	0,771	0,777	0,582	0,649	Bo	Molt bo	Bo	Bo
Port de Palma	Ses Illetes	0,764	0,771	0,622	0,563	Bo	Bo	Bo	Bo
MAMC16M3	Magaluf	0,762	0,519	0,716	0,640	Bo	Moderat	Bo	Bo
EIMC01M2	Cap Llentrisca	0,758	0,744	0,722	0,599	Bo	Bo	Bo	Bo
MAMC11M3	Colònia de Sant Jordi	0,755		0,405	0,408	Bo		Moderat	Moderat
MAMC06M2	Cap de Menorca	0,744	0,782	0,679	0,655	Bo	Molt bo	Bo	Bo
MEMC05M2	Arenal de Son Saura	0,744	0,755	0,678	0,624	Bo	Bo	Bo	Bo

Massa d'aigua	Estació	EQR 05/06	EQR 08/09	EQR 17/18 POMI 5	EQR 17/18 POMI 11	Estat ecològic 05/06	Estat ecològic 08/09	Estat ecològic 17/18 POMI 5	Estat ecològic 17/18 POMI 11
MAMC13M2	Cap Blanc	0,725	0,837	0,728	0,657	Bo	Molt bo	Bo	Bo
MEMC05M2	Cala Blanca	0,722	0,626	0,636	0,526	Bo	Bo	Bo	Moderat
EIMC03M4	Punta des Gat	0,711	0,655	0,665	0,654	Bo	Bo	Bo	Bo
MEMC01M2	Illa de ses Bledes	0,703	0,73	0,811	0,691	Bo	Bo	Molt bo	Bo
MAMC09M3	Porto Cristo	0,695	0,655	0,580	0,528	Bo	Bo	Bo	Moderat
EIMC06M4	Punta des Andreus	0,693	0,793	0,639	0,728	Bo	Molt bo	Bo	Bo
MAMC01M2	Cala Figuera (Portals Vells)	0,689	0,7	0,666	0,669	Bo	Bo	Bo	Bo
MAMC07M3	Can Picafort	0,687	0,512	0,050	0,180	Bo	Moderat	Dolent	Deficient
MEMC01M2	S'Algar	0,684	0,669	0,626	0,727	Bo	Bo	Bo	Bo
MEMC04M4	Cap de ses Penyes	0,681	0,591	0,513	0,517	Bo	Bo	Moderat	Moderat
FOMC09M3	Punta Rasa	0,679	0,75	0,636	0,703	Bo	Bo	Bo	Bo
MAMC10M2	Cala d'Or	0,674	0,581	0,433	0,439	Bo	Bo	Moderat	Moderat
MAMC10M2	Mondragó	0,663	0,659	0,769	0,765	Bo	Bo	Bo	Bo
MEMC04M4	Biniangolla	0,66	0,713	0,734	0,787	Bo	Bo	Bo	Molt bo
MAMC10M2	Portocolom	0,653		0,636	0,517	Bo		Bo	Moderat
EIMC05M3	Santa Eulària	0,645	0,539	0,724	0,612	Bo	Moderat	Bo	Bo
MAMC02M2	Santa Ponça	0,643	0,645	0,660	0,649	Bo	Bo	Bo	Bo
MEMC04M4	Cala Galdana	0,618	0,72	0,430	0,556	Bo	Bo	Moderat	Bo
MAMC15M3	Cala Gamba	0,606	0,486	0,260	0,371	Bo	Moderat	Deficient	Moderat
Port de Maó	Port de Maó	0,579	0,633	0,460	0,593	Bo	Bo	Moderat	Bo
EIMC01M2	Cala Tarida	0,572	0,767	0,819	0,732	Bo	Bo	Molt bo	Bo
MAMC14M3	Hotel Delta	0,567	0,66	0,579	0,646	Bo	Bo	Bo	Bo
MAMC07M3	Port d'Alcúdia	0,484	0,366	0,120	0,103	Moderat	Moderat	Deficient	Deficient
MAMC15M3	Son Verí	0,483	0,618	0,476	0,505	Moderat	Bo	Moderat	Moderat
FOMC10M2	Punta de sa Creu (Formentera)		0,647	0,842	0,904		Bo	Molt bo	Molt bo
EIMC04M4	Cala Llenya		0,731	0,787	0,830		Bo	Molt bo	Molt bo
MAMC01M2	El Toro		0,786	0,861	0,827		Molt bo	Molt bo	Molt bo
EIMC01M2	Cap Negret		0,531	0,810	0,768		Moderat	Molt bo	Bo
MAMC11M3	Es Caragol		0,681	0,803	0,767		Bo	Molt bo	Bo
Port de Formentera	La Savina			0,898	0,762			Molt bo	Bo
MAMC06M2	Cap Pinar		0,88	0,764	0,750		Molt bo	Bo	Bo
MAMC03M2	Cala Tuent			0,860	0,721			Molt bo	Bo
MAMC01M2	Punta de na Galinda		0,837	0,777	0,661		Molt bo	Molt bo	Bo
MAMC14M3	Cap Enderrocat			0,698	0,653			Bo	Bo
MAMC13M2	Punta Llobera		0,748	0,689	0,646		Bo	Bo	Bo
EIMC03M4	Punta de sa Creu (Eivissa)		0,848	0,601	0,632		Molt bo	Bo	Bo
MEMC01M2	Cala Morell		0,722	0,712	0,622		Bo	Bo	Bo
MAMC09M3	Cala Rajada			0,722	0,621			Bo	Bo
MEMC04M4	Cala en Porter		0,655	0,598	0,580		Bo	Bo	Bo
MAMC08M3	Es Caló		0,751	0,632	0,552		Bo	Bo	Bo
Port d'Eivissa	Port d'Eivissa			0,506	0,535			Moderat	Moderat
MAMC04M2	Port de Sóller		0,65	0,584	0,505		Bo	Bo	Moderat
MAMC11M3	S'Estanyol		0,563	0,370	0,355		Bo	Moderat	Moderat
MAMC07M3	Son Serra de Marina		0,564	0,152	0,148		Bo	Deficient	Deficient
Port d'Alcúdia	Port d'Alcúdia Zona 2			0,132	0,103			Deficient	Deficient

Estacions



Figura 1. Percentatge d'estacions en cada un dels diferents estats ecològics per als diferents estudis. En el cas de l'estudi realitzat els anys 2017-2018 es presenten els resultats amb les dues metodologies diferents (POMI 11 i POMI 5). FONT: Duarte *et al.*, Santandreu *et al.*¹⁻³

Els anys 2008-2009 hi va haver un lleuger empitjorament de la qualitat de les masses d'aigua. Es va passar de tenir un 43 % de les estacions en molt bon estat ecològic els anys 2005-2006 a només un 24 % (15 estacions). La majoria d'estacions varen passar a un estat ecològic bo (42 estacions, 67 % del total).¹ També es va incrementar el nombre d'estacions en un estat moderat, que es va triplicar, passant de 2 a 6 estacions (9 %) (figura 1, taula 4). Aquestes 6 estacions en estat moderat, i que per tant incompleixen la DMA, en ordre d'EQR més petit a més gran—de pitjor a millor estat—són: Port d'Alcúdia, cala Gamba, Can Picafort, Magaluf, el cap Negret i Santa Eulària. Els anys 2008-2009 no es va trobar cap estació en estat deficient o moderat (taula 4, figura 1).

A l'estudi realitzat els anys 2017-2018 no es va emprar la mateixa metodologia que als dos estudis anteriors, per tant els resultats no són comparables. Tot i així, s'observa un empitjorament considerable de l'estat de les masses d'aigua, tant emprant la metodologia POMI 5 (com en els dos estudis anteriors, llevat dels valors de referència) com la POMI 11.

Els resultats que s'obtenen emprant aquestes dues metodologies són diferents, sobretot en el cas dels EQR de les diverses estacions; per als estats ecològics de les masses d'aigua aquestes diferències es redueixen.

Seguint la metodologia POMI 5, als anys 2017-2018 es varen obtenir 21 estacions en estat molt bo, el que representa el 28 % del total; 42 en estat bo (55 %); 8 en estat moderat (11 %); 4 en estat deficient (5 %) i 1 en estat dolent (1 %)³ (figura 1, taula 4). Als estudis anteriors no s'havien trobat mai estacions en estat deficient o dolent. Un total de 13 estacions estan en un estat ecològic pitjor que bo, incomplint la DMA. Aquestes estacions, en ordre de pitjor a millor EQR (estat ecològic) són: Can Picafort (en estat dolent); Port d'Alcúdia, Port d'Alcúdia Zona II, Son Serra de Marina i cala Gamba (en estat deficient); i s'Estanyol, Colònia de Sant Jordi, cala Galdana, Port d'Eivissa i el cap de ses Penyes (en estat moderat).

L'estació en estat dolent (Can Picafort) va tenir un EQR més petit que el valor de referència pèssim, cosa no permesa per la metodologia POMI.³ Hem de recordar que l'aplicació del POMI 5 en aquest estudi es va realitzar únicament com a eina comparativa i els resultats presentats pels autors són els obtinguts aplicant el POMI 11.

El nombre d'estacions que es troben en els diversos estats ecològics va ser diferent seguint la metodologia POMI 11. Es va obtenir un total de 6 estacions en estat molt bo (8 %), 54 en estat bo (71 %), 12 en estat moderat (16 %), 4 en estat deficient (5 %) i cap en estat dolent³ (figura 1, taula 4).

Masses d'aigua



Figura 2. Percentatge de les masses d'aigua en cada un dels diferents estats ecològics als diferents estudis.¹⁻³

Seguint aquesta metodologia es va trobar un total de 16 estacions que incompleixen la DMA per trobar-se en un estat ecològic pitjor que bo. En aquest cas, les estacions en estat deficient varen ser: Port d'Alcúdia, Port d'Alcúdia Zona II, Son Serra de Marina i Can Picafort; en estat moderat: s'Estanyol, cala Gamba, Colònia de Sant Jordi, cala d'Or, Son Verí, Port de Sóller, cala Millor, el cap de ses Penyes, Portocolom, cala Blanca, Porto Cristo i Port d'Eivissa.

Cala Galdana i Port de Maó incompleixen la DMA emprant el POMI 5, però no si s'usa el POMI 11, on es classificarien en estat ecològic bo. En canvi, el Port de Sóller, cala Millor, Portocolom, cala Blanca i Porto Cristo incomplirien la DMA només si s'empra el POMI 11, i no emprant la metodologia POMI 5. Per tant, hi ha estacions que incompleixen la DMA emprant el POMI 11 que no la incompleixen si s'usa el POMI 5, i viceversa.

Estat ecològic de les masses d'aigua

Els anys 2005-2006 gairebé la meitat de les masses d'aigua tenia un molt bon estat ecològic (14 masses d'aigua, 48 %), 14 masses d'aigua tenien un estat ecològic bo (48 %) i només 1 tenia un estat ecològic moderat (4 %) (figures 2 i 3, taula 5). La massa d'aigua que no complia la Directiva marc de l'aigua

per tenir un estat ecològic pitjor que bo era la de la badia de Palma —del cap Enderrocat a cala Major (MAMC15M3). Hi va haver 3 masses d'aigua classificades a la categoria de bon estat que es trobaven properes al llindar de transició a estat moderat ($EQR < 0,6$): badia d'Alcúdia, Port de Maó i del cap de Regana al cap Enderrocat (taula 5).²

Els anys 2008-2009 es va reduir el nombre de masses d'aigua en estat ecològic molt bo, passant d'un 48 % a un 24 % (9 masses d'aigua). 26 masses d'aigua estaven en estat ecològic bo (70 %). Hi va haver 2 masses d'aigua amb un estat ecològic moderat, incomplint la DMA: badia d'Alcúdia i de cala Llenya a la punta Blanca (EIMC05M3, zona de Santa Eulària, Eivissa). La massa d'aigua de la badia de Palma (MAMC15M3), que havia tingut un estat ecològic moderat a l'estudi previ, ara el tenia bo, però proper al llindar de la transició a moderat, per tant requeria especial vigilància. En aquesta mateixa situació es trobava la massa d'aigua de cala Figuera a cala Beltrán (MAMC11M3) (figures 2 i 4, taula 5).¹

Per als anys 2017-2018 el nombre de masses d'aigua en cada un dels diferents estats variava depenent de la metodologia emprada —POMI 5 o POMI 11. Així i tot, el nombre de masses d'aigua que incompleixen la DMA (en estat moderat i deficient) es mantenia estable independentment del mètode usat.

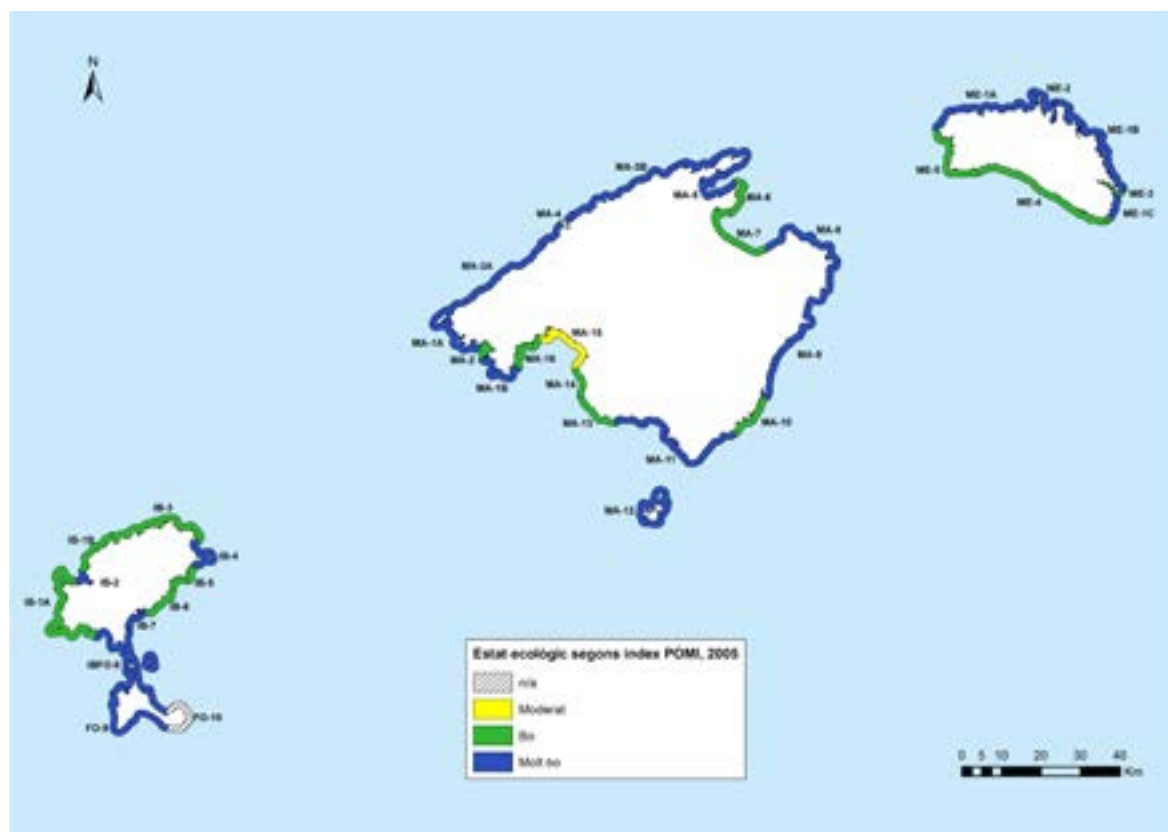


Figura 3. Estat ecològic de les masses d'aigua els anys 2005-2006. FONT: Duarte *et al.*²

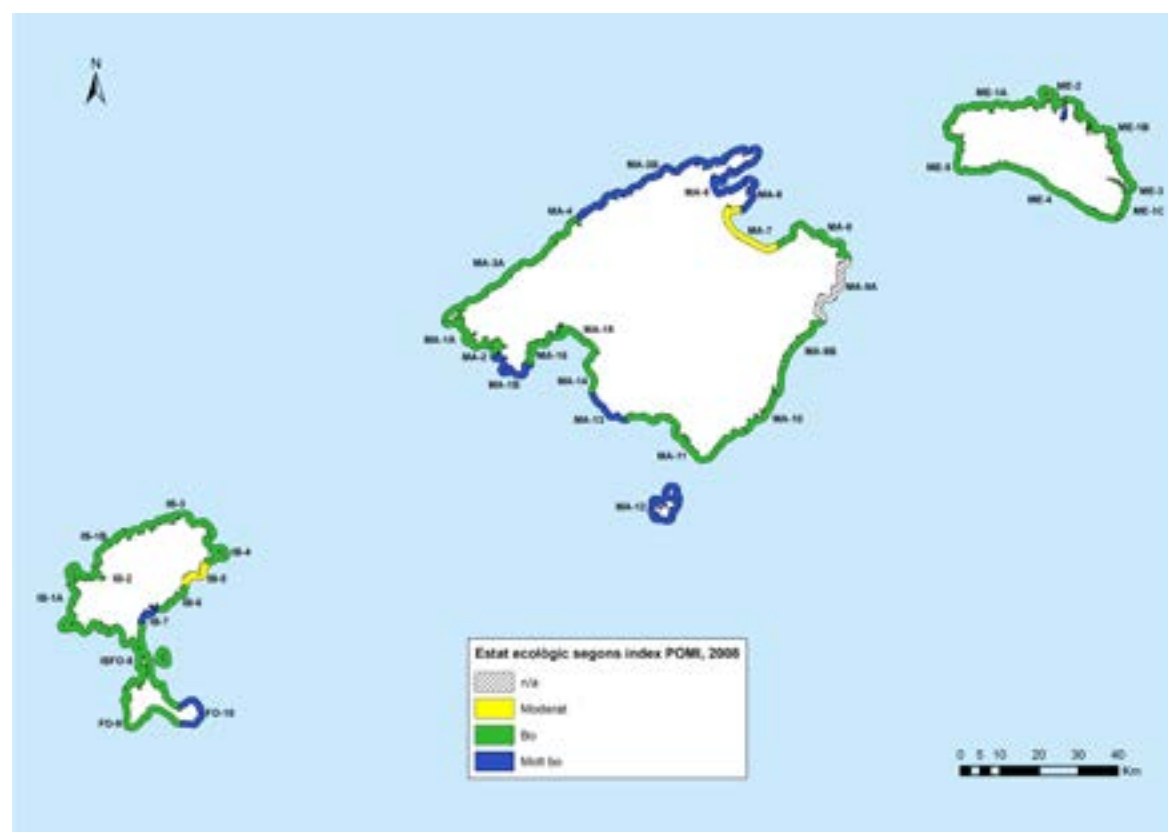


Figura 4. Estat ecològic de les masses d'aigua els anys 2008-2009. FONT: Duarte *et al.*¹

Així, 2 masses d'aigua estaven en estat ecològic deficient (6 %): badia d'Alcúdia i Port d'Alcúdia, i 4 masses d'aigua en estat ecològic moderat: del cap Enderrocat a cala Major (MAMC15M3), badia de Sóller (MAMC04M2), de cala Figuera a cala Beltrán (MAMC11M3) i el Port d'Eivissa.

Si s'emprava la metodologia POMI 5 hi havia un total de 6 masses d'aigua en estat molt bo (17 %); en canvi, en usar POMI 11 es reduïa a 3 masses d'aigua (9 %). Si s'emprava el POMI 5 hi havia un total de 23 masses d'aigua (66 %) en estat ecològic bo, que augmentava fins a 26 (74 %) amb el POMI 11 (figura 2, taula 5).³

CONCLUSIONS

→ A l'estudi realitzat els anys 2005 i 2006 gairebé totes les estacions estaven en estat molt bo (43,6 %) o bo (52,7 %) i només 2 estacions tenien un estat moderat (3,6 %). Això es va traduir en una única massa d'aigua en estat moderat: la badia de Palma —del cap Enderrocat a cala Major (MAMC15M3).

→ Els anys 2008 i 2009 es va triplicar el nombre d'estacions en un estat ecològic moderat i que, per tant, incompleixen la Directiva marc

Taula 5. Valors d'EQR i estat ecològic de les masses d'aigua segons l'índex POMI, que corresponen a les cinc categories d'estat ecològic proposades per la DMA. FONT: Duarte *et al.*, Santandreu *et al.*¹⁻³

Massa d'aigua	Nom	EQR 05/06	EQR 08/09	EQR 17/18 POMI 5	EQR 17/18 POMI 11	Estat ecològic 05/06	Estat ecològic 08/09	Estat ecològic 17/18 POMI 5	Estat ecològic 17/18 POMI 11
Port d'Alcúdia	Port d'Alcúdia			0,103	0,132			Deficient	Deficient
MAMC07M3	Badia d'Alcúdia	0,586	0,519	0,146	0,107	Bo*	Moderat	Deficient	Deficient
MAMC15M3	Cap Enderrocat a cala Major	0,545	0,552	0,438	0,368	Moderat	Bo*	Moderat	Moderat
MAMC04M2	Badia de Sóller		0,650	0,505	0,584		Bo	Moderat	Bo
MAMC11M3	Cala Figuera a cala Beltran	0,812	0,563	0,510	0,526	Molt Bo	Bo*	Moderat	Moderat
Port d'Eivissa	Port d'Eivissa			0,535	0,506			Moderat	Moderat
MAMC09M3	Cap de Capdepera a Portocolom	0,818	0,655	0,555	0,647	Molt Bo	Bo	Bo	Bo
Port de Palma	Port de Palma			0,563	0,622			Bo	Bo
MAMC10M2	Punta des Jonc a cala Figuera	0,669	0,620	0,573	0,613	Bo	Bo	Bo	Bo
MEMC05M2	Punta de na Bruna al cap de Bajolí	0,733	0,691	0,575	0,657	Bo	Bo	Bo	Bo
Port de Maó	Port de Maó	0,579	0,633	0,593	0,46	Bo*	Bo	Bo	Moderat
MEMC04M4	Punta Prima a la punta de na Bruna	0,618	0,67	0,610	0,569	Bo		Bo	Bo
EIMC05M3	Cala Llenya a la punta Blanca	0,645	0,539	0,612	0,724	Bo	Moderat	Bo	Bo
MAMC08M3	Colònia de Sant Pere al cap de Capdepera	0,834	0,751	0,612	0,736	Molt Bo	Bo	Bo	Bo
MAMC03M2	Punta Negra a l'Illa de Formentor	0,838	0,781	0,628	0,755	Molt Bo		Bo	Bo
MAMC16M3	Cala Major a cala Falcó	0,763	0,645	0,640	0,716	Bo	Bo	Bo	Bo
EIMC03M4	Cap des Mossons a la punta Grossa	0,711	0,651	0,643	0,633	Bo	Bo	Bo	Bo
MAMC02M2	Badia de Santa Ponça	0,643	0,645	0,649	0,66	Bo	Bo	Bo	Bo
MAMC14M3	Cap de Regana al cap Enderrocat	0,567	0,660	0,650	0,638	Bo*	Bo	Bo	Bo
MAMC13M2	Cala Beltran al cap de Regana	0,725	0,793	0,651	0,709	Bo	Molt Bo	Bo	Bo
MEMC02M3	Badia de Fornells	0,805	0,837	0,655	0,725	Molt Bo	Molt Bo	Bo	Bo
MAMC05M3	Badia de Pollença	0,838	0,797	0,684	0,838	Molt Bo	Molt Bo	Bo	Molt Bo
EIMC01M2	Punta Jondal al cap des Mossons	0,735	0,684	0,684	0,72	Bo		Bo	Bo
MEMC01M2	Cap de Bajolí a la punta Prima	0,784	0,723	0,689	0,722	Molt Bo		Bo	Bo
MAMC01M2	Cala Falcó a la punta Negra	0,797	0,770	0,695	0,747	Molt Bo		Bo	Bo

Massa d'aigua	Nom	EQR 05/06	EQR 08/09	EQR 17/18 POMI 5	EQR 17/18 POMI 11	Estat ecològic 05/06	Estat ecològic 08/09	Estat ecològic 17/18 POMI 5	Estat ecològic 17/18 POMI 11
EIMC07M3	Punta des Andreus a la punta de sa Mata	0,797	0,777	0,702	0,624	Molt Bo	Molt Bo	Bo	Bo
MAMC06M2	Cap des Pinar a l'Illa d'Alcanada	0,744	0,831	0,703	0,722	Bo	Molt Bo	Bo	Bo
FOMC09M3	Punta de sa Gavina a la punta de ses Pesqueres	0,789	0,757	0,707	0,773	Molt Bo	Bo	Bo	Bo
MAMC12M2	Cabrera	0,930	0,815	0,726	0,863	Molt Bo	Molt Bo	Bo	Molt Bo
EIMC06M4	Punta Blanca a la punta des Andreus	0,764	0,770	0,728	0,639	Bo	Bo	Bo	Bo
EFMC08M4	Es Freus d'Eivissa i Formentera	0,901	0,758	0,733	0,836	Molt Bo	Bo	Bo	Molt Bo
Port de Formentera	Port de Formentera			0,762	0,898			Bo	Molt Bo
EIMC02M4	Badia de Sant Antoni	0,807	0,708	0,788	0,721	Molt Bo	Bo	Molt Bo	Bo
EIMC04M4	Punta Grossa a cala Llenya	0,811	0,726	0,798	0,79	Molt Bo	Bo	Molt Bo	Molt Bo
FOMC10M2	Punta de ses Pesqueres a la punta de ses Pedreres		0,848	0,904	0,842		Molt Bo	Molt Bo	Molt Bo

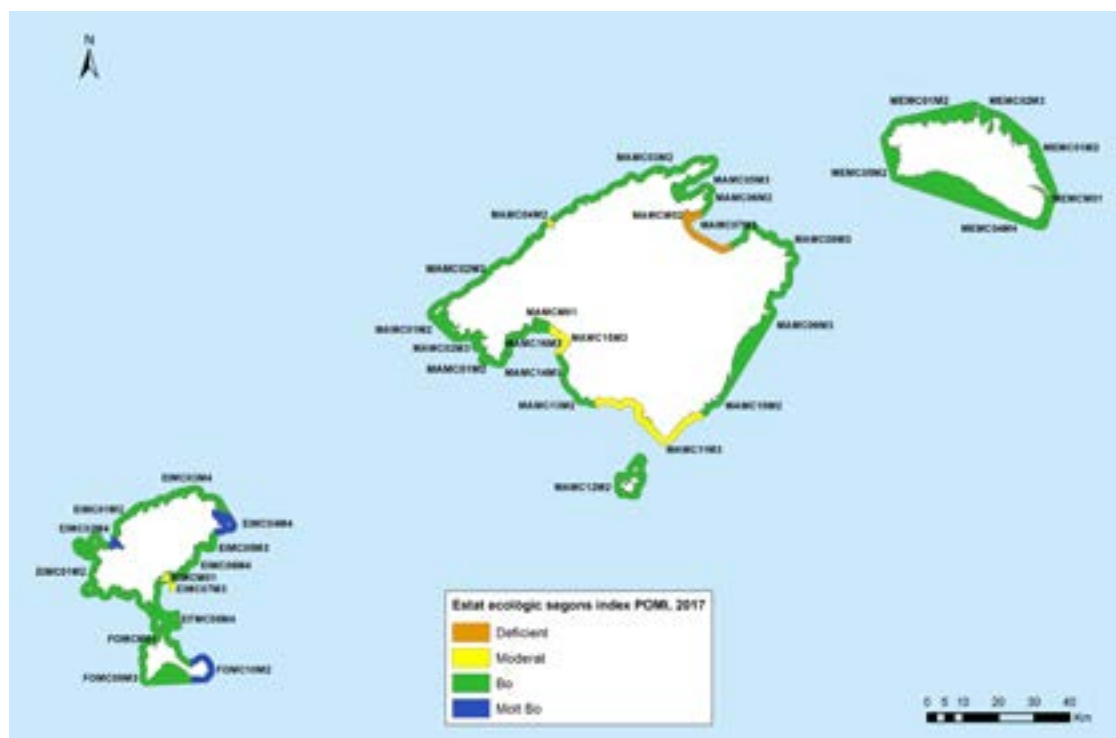


Figura 5. Estat ecològic de les masses d'aigua els anys 2017-2018. FONT: Santandreu *et al.*³

de l'aigua (Port d'Alcúdia, cala Gamba, Can Picafort, Magaluf, el cap Negret i Santa Eulària). Així, el nombre de masses d'aigua en estat moderat va passar d'1 a 2: badia d'Alcúdia i de cala Llenya a la punta Blanca (zona de Santa Eulària, Eivissa).

→ S'han emprat diferents metodologies per calcular els valors de referència. Per tant, no es poden comparar els resultats dels estudis realitzats els anys 2005-2006 i 2008-2009 amb l'estudi dels anys 2017-2018.

→ Tot i això, s'aprecia una disminució gradual de la qualitat de l'aigua entre els anys 2005 i 2017.

A l'estudi de 2017-2018 hi va haver 2 masses d'aigua en estat ecològic deficient (6 %): badia d'Alcúdia i Port d'Alcúdia. Mai s'havien trobat masses d'aigua en aquest estat en estudis anteriors. També es varen trobar 4 masses d'aigua en estat ecològic moderat: del cap Enderrocat a cala Major, badia de Sóller, de cala Figuera a cala Beltrán i Port d'Eivissa.

→ Emprant *Posidonia oceanica* com a indicador seguint les directrius de la Directiva marc de l'aigua (DMA) s'ha observat un declivi gradual en la qualitat de les masses d'aigua de les Balears.

REFERÈNCIES

- ¹ DUARTE, C. M. *et al.* (2010). «Estudi d'implementació de la directiva marc de l'aigua a Balears: Avaluació de la qualitat ambiental de les masses d'aigua costaneres utilitzant indicadors i índex biològics. Element biològic de qualitat: *Posidonia oceanica*. 2008-2009». Palma: Agència Balear de l'Aigua i de la Qualitat Ambiental de la Conselleria de Medi Ambient del Govern de les Illes Balears.
- ² DUARTE, C. M. *et al.* (2007). «Estudi d'implementació de la directiva marc de l'aigua a Balears: Avaluació de la qualitat ambiental de les masses d'aigua costaneres utilitzant indicadors i índex biològics. Element biològic de qualitat: *Posidonia oceanica*». Palma: Agència Balear de l'Aigua i de la Qualitat Ambiental de la Conselleria de Medi Ambient del Govern de les Illes Balears.
- ³ SANTANDREU, M. M. *et al.* (2019). «Monitoreo y Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica de las Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad *Posidonia oceanica*. 2017» [Informe tècnic]. FOA Ambiental S.L.-Centre Balear de Biologia Aplicada; Direcció General de Recursos Hídrics del Govern de les Illes Balears.
- ⁴ ROMERO, J. *et al.* (2007). «A multivariate index based on the seagrass *Posidonia oceanica* (POMI) to assess ecological status of coastal waters under the water framework directive (WFD)». *Marine Pollution Bulletin*, 55, 196-204. DOI:10.1016/j.marpolbul.2006.08.032.
- ⁵ ROMERO, J. a: *International Workshop on Posidonia Beds: the Second International Workshop on Posidonia Oceanica Beds, Ischia, Italie, 7-11 October 1985*. Charles-François Boudouresque (ed.). Marsella (França): GIS Posidonie.
- ⁶ CALLEJA, M. L.; MARBÀ, N.; DUARTE, C. M. (2007). «The relationship between seagrass (*Posidonia oceanica*) decline and sulfide porewater concentration in carbonate sediments». *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73, 583-588
- ⁷ GARCIA, R. *et al.* (2012). «Warming enhances sulphide stress of Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*)». *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 113, 240-247. DOI:10.1016/j.ecss.2012.08.010.
- ⁸ BENNETT, S. *et al.* (2011). «Ecological status of seagrass ecosystems: An uncertainty analysis of the meadow classification based on the *Posidonia oceanica* multivariate index (POMI)». *Marine Pollution Bulletin*, 62, 1616-1621. DOI:10.1016/j.marpolbul.2011.06.016.

CITAR COM

Vaquer-Sunyer, R.; Barrientos, N.; Martino, S.; Reviriego, B.; Santandreu, M. (2021) «Índex Multivariant *Posidonia oceanica* (POMI)». A: Vaquer-Sunyer, R.; Barrientos, N. (ed.). *Informe Mar Balear 2021* <https://www.informemarbalear.org/ca/qualitat-aigua/imb-pomi-cat_2021.pdf>. <https://doi.org/10.62135/YFSC7199>.