

PROGRAMA  
COOPERACIÓN TRANSFRONTERIZA  
ESPAÑA ~ PORTUGAL  
COOPERAÇÃO TRANSFRONTEIRIÇA  
2 0 0 7 - 2 0 1 3

Unión Europea  
FEDER



Invertimos en su futuro

# PROYECTO



# team miño

## Indicadores de calidad del estado ecológico de las aguas de transición: Indicadores biológicos



INSTITUTO  
ESPAÑOL DE  
OCEANOGRAFÍA

Universidade de Vigo





## AUTORES

**Supervisión del estudio:** M<sup>a</sup> Victoria Besada Montenegro, Instituto Español de Oceanografía (IEO)

**Recogida de muestras:** Equipo TEAM-Miño

**Análisis y redacción (por Instituciones):**

### Instituto Español de Oceanografía (IEO)

Juan Bellas Bereijo  
Lucía Viñas Diéguez  
Daniel Blanco Ward

### Universidade de Vigo (UVigo)

Ricardo Beiras  
Aitor Freire Astray

### Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA)

Carlos Vale  
Joana Raimundo  
Rogélia Martins  
Miriam Tuaty Guerra



## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	4
INDICADORES BIOLÓGICOS PARA FITOPLANCTON .....	5
1. Biomasa: .....	5
2. “Blooms”: .....	5-6
INDICADORES BIOLÓGICOS PARA MACROALGAS .....	7
INDICADORES BIOLÓGICOS PARA ANGIOSPERMAS .....	8
INDICADORES BIOLÓGICOS FAUNA BENTÓNICA DE INVERTEBRADOS .....	9-10
INDICADORES BIOLÓGICOS PECES .....	11-12
<b>VALORACIÓN DE LAS MASAS DE AGUA OBJETO DE ESTUDIO EN EL PROYECTO “TEAM-Miño”: RECOMENDACIONES PARA LA CLASIFICACIÓN DE SU ESTADO ECOLÓGICO</b>	
A. INDICADORES BIOLÓGICOS PARA MACROALGAS .....	13
B. INDICADORES BIOLÓGICOS FAUNA BENTÓNICA DE INVERTEBRADOS .....	14-18
E. INDICADORES BIOLÓGICOS PECES .....	19-20
AGRADECIMIENTOS .....	21
REFERENCIAS .....	21-22

## INTRODUCCIÓN

La Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua (DMA), define las aguas de transición como: “masas de agua superficial próximas a la desembocadura de los ríos que son parcialmente salinas como consecuencia de su proximidad a las aguas costeras, pero que reciben una notable influencia de flujos de agua dulce”.

Los elementos indicadores de calidad del estado ecológico para las aguas de transición se agrupan en:

- Indicadores biológicos: fitoplancton, macroalgas y fanerógamas acuáticas, fauna bentónica de invertebrados y peces
- Indicadores químicos y físico-químicos
- Indicadores hidromorfológicos

Los índices de calidad representan la relación entre los valores de los parámetros biológicos observados en las masas estudiadas y los valores correspondientes a dichos parámetros en las condiciones de referencia aplicables a la masa obteniendo el denominado “Cociente de Calidad Ecológica o EQR (Ecological Quality Ratio)”, que varían desde el valor mínimo de 0, correspondiendo a la peor calidad posible y hasta 1 para el mejor estado.

$$EQR = \frac{\text{Valor biológico observado}}{\text{Valor biológico de referencia}}$$

Para los indicadores biológicos y físico-químicos es imprescindible establecer cinco categorías de estado (muy bueno, bueno, moderado, deficiente y malo) dependiendo del estado de alteración con respecto a las condiciones naturales y que debe responder a la siguiente escala de colores:

CLASIFICACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO	CÓDIGO
<b>Muy bueno</b>	
<b>Bueno</b>	
<b>Moderado*</b>	
<b>Deficiente</b>	
<b>Malo</b>	

\* La versión española de la DMA traduce incorrectamente moderate por aceptable, pero esta categoría no se considera ecológicamente aceptable en el esquema de evaluación propuesto por la Directiva, por lo que en este documento emplearemos el término original moderado.

Establecer los valores límites que identifican la frontera entre el estado ecológico moderado y bueno es de gran importancia porque este límite señala las zonas en las que es necesario llevar a cabo diferentes actuaciones de gestión ambiental encaminadas a la mejora del estado.

Este documento recopila los valores empleados por distintas agencias y organismos, así como algunas recomendaciones para la clasificación de las aguas del estuario del río Miño.

## INDICADORES BIOLÓGICOS PARA FITOPLANCTON

### 1. Biomasa:

Utilización del percentil del 90% de la concentración de *clorofila a*. Valores de referencia y EQRs dependen de la salinidad y coinciden en la Confederación Hidrográfica Miño-Sil, Aguas de Galicia, la demarcación hidrográfica del Cantábrico Occidental y la Agencia Vasca del Agua [1,2,3,4].

Salinidad	< 30 ‰		≥ 30 ‰	
[Clorofila a] µg/l	Percentil 90%	EQR	Percentil 90%	EQR
<b>CR (Condición de referencia)</b>	5,33	1	2,67	1
<b>Umbral Bueno/Moderado</b>	>12	<0,44	>8	<0,33

En Portugal no hay actualmente valores de clasificación y EQRs definitivos [5,6]. Para las aguas de transición localizadas por encima del cabo Carvoeiro, provisionalmente, se obtienen los siguientes valores [7].

Salinidad	0-5 ‰	5-25 ‰	>25 ‰	
[Clorofila a] µg/l	Percentil 90%			EQR
<b>CR</b>	6,67	6,67	6	1
<b>Umbral Bueno/Moderado</b>	>15	>15	>13,5	<0,44

### 2. “Blooms”:

La frecuencia de *blooms* se contempla en la demarcación hidrográfica del Cantábrico Occidental (Asturias y Cantabria) y en la Agencia Vasca del Agua, considerando concentraciones mayores de 750,000 células por litro en ambos casos. El recuento se realiza durante un período de seis años [3,4].

Blooms	Frecuencia	EQR
<b>CR</b>	16,7	1
<b>Umbral Bueno/Moderado</b>	>39	<0,43

En Portugal no hay todavía valores de clasificación y EQRs definitivos [5,6]. Como en el caso de la biomasa y para la misma zona provisionalmente se obtienen los siguientes valores [7].

Blooms	Frecuencia	EQR
CR	16,7	1
Umbral Bueno/Moderado	>41,7	<0,4

En el ámbito del Cantábrico (Asturias, Cantabria y País Vasco) existe una propuesta de utilizar el promedio de las puntuaciones de concentración de *clorofila a* así como de *blooms* aunque el método no se encuentra todavía intercalibrado.

Clorofila a + Blooms	Clasificación
Umbral Bueno/Moderado	< 0,8



## INDICADORES BIOLÓGICOS PARA MACROALGAS

No existe en Europa una metodología comúnmente aceptada para aguas de transición. En la Agencia Vasca del Agua [4] se utiliza un método multimétrico propuesto por Borja et al. (2004) [8]. Utiliza la riqueza específica, la cobertura de especies tolerantes y sensibles a la contaminación, y el ratio entre algas verdes y el resto de algas y fanerógamas.

Macroalgas	Clase de calidad	EQR
<b>CR</b>	20	1
<b>Umbral Bueno/Moderado</b>	<14	<0,62

En Asturias [3] se propone el uso del índice IQMa, aunque todavía no se ha utilizado. Utiliza la riqueza de especies y la relación de algas verdes con el resto de algas. Cada uno de esos parámetros adquiere un valor que oscila de 0 a 4 y se asigna la clase moderada si la suma es menor de 4 y la clase buena cuando supera ese valor.

Cantabria [3] utiliza el porcentaje de algas oportunistas propuesto por Patricio et al. (2007) [9]. Proporciona resultados equivalentes a los de la valoración conjunta de la cobertura y biomasa (propuesta metodológica de Wells et al., 2007 [10]). Se clasifica el estado de las aguas como moderado con una cobertura de algas oportunistas por encima del 15 y como bueno si se encuentra por debajo de esa cantidad.

En Portugal se emplea el índice MAB "Macroalgae Blooming" [11]; métricas: área intermareal disponible para afloramientos, área ocupada por los afloramientos, % ocupación. Las especies consideradas suelen pertenecer al filo Chlorophycophyta, familia Ulvaceae, género Ulva. La intercalibración está en proceso. Las condiciones de referencia son:

Área de cobertura	Porcentaje
< 1 km <sup>2</sup>	< 5%

Por el momento se establece la siguiente clasificación.

	Muy bueno	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
<b>%Cobertura</b>	<5	5-15	15-25	25-75	>75
<b>Área</b>	<1	Sin alteración			
	1-4,99	Sin alteración			
	5-9,99	-1 clase			
	10-24,99	-2 clases			
	>25	-3 clases			

## INDICADORES BIOLÓGICOS PARA ANGIOSPERMAS

Para aguas de transición, en la demarcación del Cantábrico occidental se utiliza el índice IQA [3], adaptación de García et al. (2009) [12], que se basa en la cartografía de hábitats:

1. La riqueza de hábitats (Nh), definida como el número de hábitats naturales diferentes presentes en el estuario.
2. El estado de los hábitats de la marisma (Ih), calculado como la desviación media de las coberturas esperadas con respecto a las observadas.
3. La naturalidad o superficie recuperable (In) de los hábitats de la marisma.

En Asturias y Cantabria se aplica la misma métrica, con diferencias en el protocolo de aplicación. Una vez calculado, el umbral que establece el paso de la clase de buena calidad a la de calidad moderada se establece por debajo de 70 en Asturias y 10 en Cantabria.

En el norte de Portugal [13] se utiliza un métrica adaptada de los trabajos de Best et al. (2007) [14] y Garcia et al. (2009) [12] que tiene en cuenta la presencia/ausencia y la cobertura de especies de angiospermas características de distintas zonas del estuario o humedales "sapais" (inferior, intermedio y superior) contrastándolas con una situación de referencia. Un valor inferior a 0,7 indicaría el paso de un estado ecológico bueno a moderado. Este índice ya ha sido objeto de intercalibración a nivel Europeo.

También en Portugal se ha propuesto el uso del "Intertidal Seagrass index" [15]. El estado de referencia es el siguiente:

Métrica	Condiciones de referencia
Nº especies.	Sin pérdida con respecto al máximo registrado.
Área de cobertura (todas las spp).	Sin pérdida en el área de cobertura con respecto al potencial máximo y en equilibrio -dentro de la variabilidad natural-.
Densidad de individuos.	Sin desvío apreciable de la densidad máxima potencial.
Porcentaje de cobertura.	Sin desvío apreciable de la cobertura máxima potencial.

Los límites de clasificación de este índice habían sido propuestos para el ejercicio de intercalibración 2009-11 [15].

Métrica	Bueno	Moderado
Nº especies.	< 1 sp	1-2 sp
Área de cobertura (todas las spp).	11-30%	31-50%
Densidad de individuos.	11-30%	31-50%
Porcentaje de cobertura.	11-30%	31-50%

## INDICADORES BIOLÓGICOS FAUNA BENTÓNICA DE INVERTEBRADOS

El índice M-AMBI utilizado por la Confederación Hidrográfica del Miño-Sil (CHMS), Augas de Galicia (AG), la demarcación hidrográfica del Cantábrico Occidental y la Agencia Vasca del Agua [1,2,3,4], utiliza la riqueza específica (S), el índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y el índice AMBI. Los valores de referencia y EQR dependen de la tipología de la masa de agua de transición. Los recogidos en los Planes Hidrológicos de la CHMS y AG son, por el momento:

Tipología IPH	S	$H'$	AMBI
8	12	2,8	2,8
9	17	3,3	2,8
11	12	2,4	3,3
EQR Referencia		1	
<b>Umbral Bueno/Moderado</b>		<0,53	

Tipologías IPH: 8-estuarios atlánticos intermareales con dominancia del río sobre el estuario, 9-estuarios atlánticos intermareales con dominancia marina, 11-zonas de transición atlánticas lagunares.

En el País Vasco y Asturias los valores de referencia se establecieron según la salinidad:

Salinidad/Tipología IPH/Comunidad	S	$H'$	AMBI
Oligo-Mesohalino (8,9,10), <i>Cerastodema edule - Scrobicularia plana</i>	13	2,5	2,8
Polihalino (9,10), <i>Venus fasciata</i>	32	3,8	2,0
Polihalino-Euhalino (9) <i>Pontocrates arenarius - Eurydice pulchra</i>	9	2,0	1,0
Euhalino (9,10) <i>Abra alba</i>	40	3,5	2,1
EQR Referencia		1	
<b>Umbral Bueno/Moderado</b>		<0,53	

El índice QSB *-quality of soft bottoms-* es utilizado en Cantabria y propuesto también en la Confederación Hidrográfica Miño-Sil [3,1].

Condiciones de referencia del "QSB index"			
Salinidad	Euhalino	Polihalino	Oligo-mesohalino
Riqueza (S)	30	15	11
Composición (Bray-Curtis cualitativo, BC)	80		
Estructura (Bray-Curtis cuantitativo, Bs)	80		
Especies oportunistas (Op)(%)	10		
Abundancia (N-) por defecto	297	34	84
Abundancia (N+) por exceso	1127	578	481
EQR Referencia	1		
<b>Umbral Bueno/Moderado</b>	$\leq 0,6$		

En Portugal se propone el método BAT *-Benthic Assessment Tool-*, compuesto por el Índice de Margalef (d), el Índice de Shannon-Wiener (H') y el Índice AMBI. Los valores de referencia y los EQR para aguas de transición están en desarrollo [5,6]. Estudios realizados en el estuario de Mondego proponen los siguientes valores de referencia [16], de nuevo dependientes de la salinidad.

Parámetro	Desembocadura	Brazo sur polihalino	Brazo norte polihalino	Condiciones mesohalinas	Montante Oligohalino
<b>Salinidad</b>	34‰	27,1‰	29,4‰	16‰	1,7‰
<b>d</b>	5,0	4,5	4	4	2,5
<b>H'</b>	4,1	3,8	3	3	2
<b>AMBI</b>	1	2	2,2	2,2	2,8



## INDICADORES BIOLÓGICOS PECES

La Agencia Vasca del Agua aplica el índice "AZTI's Fish Index" (AFI) [4] en el que tienen cabida la riqueza específica, especies indicadoras de contaminación, especies introducidas, salud piscícola, presencia de peces planos, composición trófica y especies residentes en el estuario. A mayor puntuación mayor calidad.

AZTI's Fish Index (AFI)	Clasificación	EQR
Umbral Bueno/Moderado	$\leq 30$	<0,56



En Cantabria, se ha propuesto un índice multimétrico utilizado en Reino Unido (Coates et al., 2007 [17]) que no se ha aplicado todavía. Maneja cuatro variables: diversidad y composición de especies, abundancia de especies, efecto vivero y estructura trófica.

Índice de Coates et al.	Clasificación	EQR
Umbral Bueno/Moderado	30,5	<0,68

En Portugal [18], se utiliza el índice EFAI (*Estuarine Fish Assessment Index*) propuesto por Cabral et al. (2012) [19] y adaptado por la APA (Agência Portuguesa do Ambiente). Está compuesto por seis métricas: riqueza específica, % de individuos que utilizan el estuario como vivero, % de individuos residentes, especies piscívoras, especies diádromas, y especies sensibles. El valor del índice oscila entre 5-30 con los valores más altos asociados al mejor estado ecológico.

Riqueza	Vivero	Residentes	Piscívoras	Diádromas	Sensibles
>28 sp	>60%	30-50%	40-60% o >5sp	Sin reducción	Sin reducción
			>12sp o 20-80%		
Clasificación y EQR					
Condiciones mesohalinas y polihalinas				< 18	0,43
Condiciones oligohalinas				< 15	0,42



## VALORACIÓN DE LAS MASAS DE AGUA OBJETO DE ESTUDIO EN EL PROYECTO “TEAM-Miño”: RECOMENDACIONES PARA LA CLASIFICACIÓN DE SU ESTADO ECOLÓGICO

### A. Indicadores biológicos para macroalgas

Distribución de macroalgas del género *Fucus* en la zona de estudio (Figura 1). Este género, con especies tolerantes a bajas salinidades, es con mucha diferencia la más abundante en el estuario. A pesar de eso, su distribución está limitada a la masa de agua más externa (IM1001), y a la parte sur de la margen portuguesa de la masa de agua siguiente (IM1002).

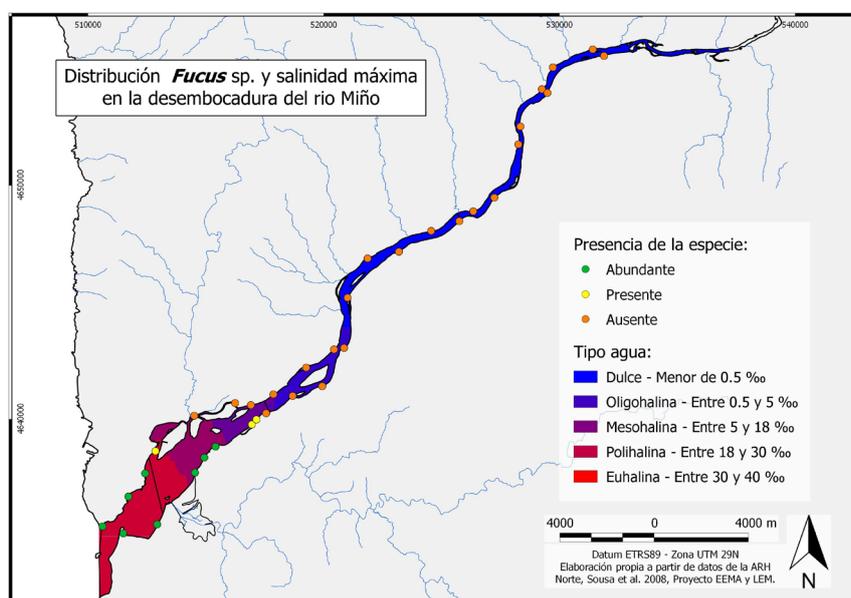


Figura 1. Distribución de macroalgas del género *Fucus* en la zona de estudio.



Cualquier indicador biológico basado en comunidades de macroalgas será de aplicación únicamente en la masa de agua más externa, de influencia marina, asimilable a la tipología 9 de la IPH, y parcialmente a la masa de agua media, asimilable a la tipología 8 de la IPH.

## B. Indicadores biológicos fauna bentónica de invertebrados

La figura 2 muestra la distribución de las estaciones de muestreo.

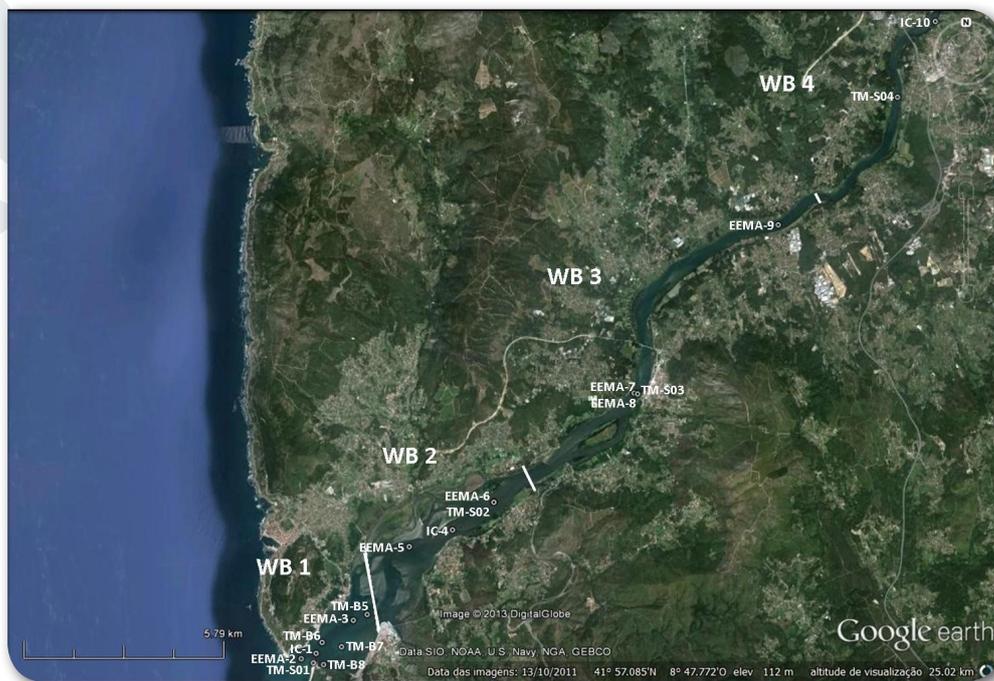


Figura 2. Localización de las estaciones de muestreo en el estuario del río Miño cuyos datos fueron utilizados para los cálculos de los índices BAT y M-AMBI.

Los índices utilizados fueron la riqueza de especies, empleando el índice de Margaleff, la diversidad de Shannon-Wiener, el AMBI v5.0 [20] y el BAT [21]. En la tabla 1 se presentan las condiciones de referencia empleadas.

Ecótopo	Nº de especies S	Diversidad		AMBI
		Margaleff d	Shannon-Wiener H' (log2)	
Agua dulce-Arena	11	2,00	2,10	2,70
Oligohalino-Arena	10	1,80	2,20	2,50
Mesohalino-Arena	12	2,10	2,50	2,40
Polihalino-Arena	31	4,40	3,00	1,00
Euhalino-Arena	48	6,50	3,50	0,60
Agua dulce-Lodo	11	2,00	2,10	2,70
Oligohalino-Lodo	10	1,80	2,20	2,90
Mesohalino-Lodo	12	2,10	2,50	2,60
Polihalino-Lodo	29	4,10	3,00	1,50
Euhalino-Lodo	40	5,50	3,50	0,80

Tabla 1. Condiciones de referencia del elemento de calidad biológica "macroinvertebrados bentónicos" en sedimentos móviles submareales del estuario del río Miño (tipo F - estrecho) (Elaborada por IPMA, 2013).

Los cálculos del BAT se ajustaron a las especificidades que se enuncian a continuación:

1. Se consideró el ecotipo “arena” una vez que todas las muestras fueron recogidas en ese sustrato.
2. El cálculo de la calidad de cada sector salino ha tenido como base las condiciones de referencia respectivas así como los valores de salinidad y la composición específica de los macroinvertebrados bentónicos registrados en cada estación y época de muestreo.
3. En el caso de las muestras azoicas, dada la ausencia de valores para algunos de los índices necesarios para el cálculo del BAT, se atribuyó a esos índices valores correspondientes a los de la condición ecológica “MALA”.
4. Los cálculos se hicieron por replicado y seguidamente se calculan las medias para la obtención del valor del BAT para cada una de las estaciones muestreadas.
5. Los valores de los límites para la determinación de las clases de calidad fueron los siguientes para todos los sectores salinos: Excelente > 0,79; Buena > 0,58; Moderada > 0,44; Deficiente > 0,27 y Mala < 0,27.





En el cálculo del M-AMBI también se valoraron los aspectos específicos a los que se ha hecho referencia en los ítems 1 y 2, y los valores de los límites para la determinación de las clases de calidad fueron, para todos los sectores salinos, los siguientes: Excelente > 0,77; Buena > 0,53; Moderada > 0,39; Deficiente > 0,20 y Mala < 0,20.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de los dos índices de calidad ecológica, BAT y M-AMBI, se presentan en la tabla 2 y en la figura 3. Ambos índices, basados en los mismos parámetros, correlacionan bien ( $R=0,99$ ) y la correspondiente clasificación de estado es muy similar.

El estado de calidad ecológica osciló entre MALO y MODERADO. Debido al historial de baja contaminación química del estuario [22], [23], este resultado difícilmente podrá ser atribuido a ese factor. Existen otros factores que podrían estar relacionados con la calidad ecológica registrada, entre los que destacamos:

- La dificultad para aplicar valores de referencia fijos (en este caso los reflejados en la Tabla 1) en medios estuáricos sometidos a grandes oscilaciones de salinidad entre mareas [23], [24]. La interferencia de la variabilidad natural sobre los índices biológicos, entre ellos el AMBI, postulados para la evaluación de estado ecológico es una de las limitaciones para su uso en el contexto de la DMA [25].
- En el caso de las dos masas de agua más internas (WB3 y WB4), la presencia de especies invasoras, como es el caso del bivalvo *Corbicula fluminea* que ha ocupado el lugar de las especies nativas, provocando su desaparición o confinándolas a las zonas ascendentes del estuario [22], contribuyendo así a una reducción de la biodiversidad.
- Artificialización de la cuenca y del régimen hidrológico provocada por las 39 presas existentes aguas arriba.
- Inestabilidad sedimentaria, principalmente en la masa de agua WB1, provocada no sólo por factores naturales sino también por dragados de mantenimiento que contribuyen a la destrucción de hábitats, la pérdida de biodiversidad y la predominancia de especies oportunistas.

Masa de agua	Estación/Época	Sector salino	BAT	EQS	M-AMBI	EQS
WB1	IC-1/V	Euhalino	0	Malo	-0,03	Malo
	EEMA-2/P	Euhalino	0	Malo	-0,03	Malo
	EEMA-3/P	Euhalino	0	Malo	0,01	Malo
	TM-S01/P	Euhalino	0	Malo	-0,03	Malo
	TM-B5/O	Polihalino	0,13	Malo	0,05	Malo
	TM-B6/O	Euhalino	0,18	Malo	0,12	Malo
	TM-B7/O	Polihalino	0,04	Malo	0,04	Malo
	TM-B8/O	Polihalino	0,54	Moderado	0,45	Moderado
WB2	IC-4/V	Polihalino	0,06	Malo	0,02	Malo
	EEMA-5/P	Polihalino	0	Malo	-0,03	Malo
	EEMA-6/P	Polihalino	0,38	Deficiente	0,28	Deficiente
	TM-S02/P	Oligohalino	0,51	Moderado	0,35	Moderado
WB3	IC-7/V	Oligohalino	0,15	Malo	0,11	Malo
	EEMA-8/P	Oligohalino	0,35	Deficiente	0,27	Malo
	EEMA-9/P	Agua dulce	0,5	Moderado	0,41	Moderado
	TM-S03/P	Oligohalino	0,39	Deficiente	0,28	Deficiente
WB4	IC-10/V	Agua dulce	0,07	Malo	0,04	Malo
	TM-S04/P	Agua dulce	0,46	Moderado	0,33	Moderado

Tabla 2. Resultados de los índices BAT y M-AMBI y Estados de Calidad Ecológica (EQS) registrados en el estuario del Miño. O - Otoño; P - Primavera; V - Verano.



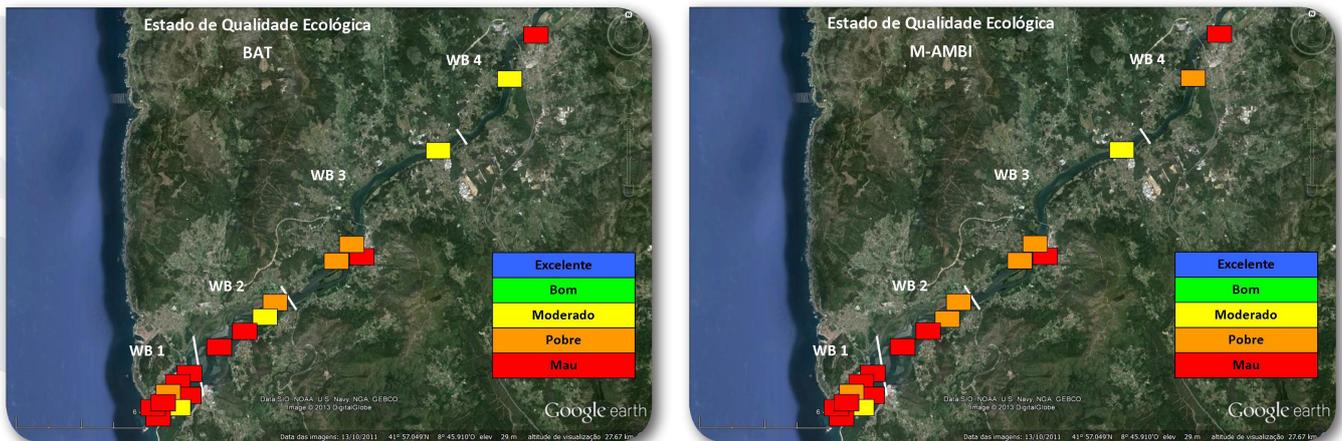


Figura 3. Estado de calidad ecológica de las masas de agua del estuario del río Miño basado en los índices BAT y M-AMBI del elemento de calidad biológica "macroinvertebrados bentónicos" en cada estación de muestreo.

Cabe pues señalar que la presente clasificación de estado ecológico resultante de la aplicación de los índices de comunidades bentónicas, obtenida aplicando los valores de referencia presentados en la Tabla 1, contrasta con los bajos niveles de contaminación química encontrada en la zona. Esta discordancia pone de relieve la dificultad para obtener niveles de referencia para índices biológicos válidos en masas de agua con una elevada variabilidad natural, como son las aguas de transición de los estuarios de esta tipología.



## B. Indicadores biológicos peces

Los resultados de la aplicación del índice EFAI para la clasificación de las aguas de transición del estuario del río Miño se presentan en las tablas 3 y 4.

Métricas	WB1 (Mesoh)		WB2 (Oligoh)		WB3 (Oligoh)		WB4 (Oligoh)		WB Total	
	Nº	Puntuación	Nº	Puntuación	Nº	Puntuación	Nº	Puntuación	Nº	Puntuación
Riqueza Específica	7	3	5	3	2	1	2	1	8	1
% individuos utilizan estuario como vivero	65,3	5	92,5	5	97,9	5	100	5	87,2	5
Nº Especies Residentes		1		1						1
% individuos	8,4	1	2,5	1					3,2	1
Nº Especies Piscívoras		5		1		1		3		1
% individuos	52,6	5	93,7	1	97,9	1	100	1	83,6	1
Nº especies	3	3	1	1	1	1	2	3	3	1
Especies Diádromas		3		3		3		3		3
Especies sensibles a las perturbaciones		3								3
Clasificación EFAI		20		13		10		12		14
Clasificación EQR		0,67		0,52		0,40		0,48		0,47
Calidad Ecológica		<b>Buena</b>		<b>Moderada</b>		<b>Deficiente</b>		<b>Moderada</b>		<b>Moderada</b>

Tabla 3. Aplicación del índice de EFAI a los resultados obtenidos en mayo 2012 (Mesoh-mesohalino; Oligoh-oligohalino; WB-masa de agua).



Métricas	WB1 (Mesoh)		WB2 (Oligoh)		WB3 (Oligoh)		WB4 (Oligoh)		WB Total	
	Nº	Puntuación	Nº	Puntuación	Nº	Puntuación	Nº	Puntuación	Nº	Puntuación
Riqueza específica	17	5	4	3	3	1	4	3	18	3
% individuos utilizan estuario como vivero	50,7	3	29,8	3	89,7	5	98,4	5	70,3	5
Nº Especies Residentes		3		3		3				3
% individuos	10,3	3	70,1	3	12,8	3			20,5	3
Nº Especies Piscívoras		3		3		3		3		3
% individuos	14,7	1	28,3	3	89,7	1	98,4	1	61,1	3
Nº especies	5	5	1	1	2	3	2	3	5	1
Especies Diádromas		3		3		3		3		3
Especies sensibles a las perturbaciones		3								3
Clasificación EFAI		20		15		15		14		20
Clasificación EQR		0,67		0,6		0,6		0,56		0,67
Calidad Ecológica		<b>Buena</b>		<b>Buena</b>		<b>Buena</b>		<b>Moderada</b>		<b>Buena</b>

Tabla 4. Aplicación del índice de EFAI a los resultados obtenidos en noviembre 2012 (Mesoh-mesohalino; Oligoh-oligohalino; WB-masa de agua).

De las cincuenta especies de peces conocidas en el río Miño, apenas se capturó un 20% en la primavera y un 36% en el otoño. Estos valores, que son reflejados indirectamente en las métricas, pueden alterar significativamente la calidad ecológica de las diferentes masas de agua.

En otoño se observó una mayor riqueza específica que en primavera, sin embargo la abundancia de peces fue semejante en los dos períodos.

Cabe destacar que el tipo de arte de pesca utilizada influye en las capturas porque existen especies que no son accesibles al arrastre de vara, a pesar de lo cual este arte se considera como uno de los métodos de pesca más apropiados y eficientes para estuarios [26] aunque su eficiencia puede variar.

En virtud de que la clasificación del estado ecológico para la ictiofauna del estuario del río Miño ha variado entre moderada en la primavera y buena en otoño, se recomienda la aplicación de este índice en el período de mayor riqueza específica por el cual se obtiene la clasificación más adecuada para este indicador (BUENA).

Como se ha observado en la última parte de este documento la interferencia debida a la variabilidad natural de las aguas estudiadas en el Proyecto (salinidad, estacionalidad...) sobre los índices biológicos propuestos para la evaluación de estado ecológico, es una limitación importante para su aplicación en el contexto de la DMA.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al siguiente personal su colaboración y participación en el Proyecto: Bruno Cambeiro, José Antonio Soriano, M<sup>a</sup> Dolores Pampillón (IEO); Sara Pérez, Manuel A. Pombal, Marta Miñambres, Filipe M.G. Laranjeiro, Tania Tato (UVigo); Miguel Caetano, Maria José Gaudêncio, Patrícia Pereira, Pedro Brito, António Pereira, Bárbara Anes, Rui Silva, Miguel Carneiro (IPMA); João Neto (IMAR).

## REFERENCIAS

1. Plan Hidrológico de la demarcación hidrográfica del Miño-Sil. Programas de control y estado de las masas de agua. Capítulo 6. Programas de control y estado de las masas de agua. Confederación Hidrográfica del Miño-Sil. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2012.
2. Plan Hidrológico Galicia-Costa. Capítulo 6. Programas de control y estado de las masas de agua. Demarcación hidrográfica de Galicia-Costa. Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras. Augas de Galicia. Xunta de Galicia. 2011.
3. Plan Hidrológico de la demarcación hidrográfica del Cantábrico Oriental. Capítulo 6. Programas de control y estado de las masas de agua. Confederación Hidrográfica del Cantábrico. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2012.
4. Plan Hidrológico de la demarcación hidrográfica del Cantábrico Oriental. Ámbito de las cuencas internas del País Vasco. 2012. Agencia Vasca del Agua.
5. Página web de la Agencia Portuguesa del Medio Ambiente. Políticas. Aguas. Estado de las aguas. Aguas costeras y de transición. Seleccionar "Estado Ecológico" y "Classificação dos elementos biológicos".
6. Implementação da DQA em Portugal: Águas de Transição e Costeiras. Critérios para a classificação do Estado das massas de água superficiais – águas de transição e costeiras.
7. Brito, A. C., Brotas, V., Caetano, M., Coutinho, T. P., Bordalo, A. A., Icelly, J., Neto, J. M., Serôdio, J., Moita, T. 2012. Defining phytoplankton class boundaries in Portuguese transitional waters: an evaluation of the ecological quality status according to the Water Framework Directive. *Ecological Indicators*, 19 (SI), 5-14.
8. Borja A., Franco J., Valencia V., Bald J., Muxica I., Belzunce M.J., Solaun O. 2004. Implementation of the European Water Framework Directive from the Basque Country (northern Spain): a methodological approach, *Marine Pollution Bulletin*, 48(3-4); 209-218.
9. Patricio, I., Neto, J.M., Teixeira, H., Marques J.C. 2007. Opportunistic macroalgae metrics for transitional waters. Testing tools to assess ecological quality status in Portugal. *Marine Pollution Bulletin*, 54 (12); 1887-1896.
10. Wells, E., Wilkinson, M. Wood, P., Scanlan, C. 2007. The use of macroalgal species richness and composition on intertidal rocky seashores in the assessment of ecological quality under the European Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55, (1-6), 151-161.
11. Página web de la Agencia Portuguesa del Medio Ambiente. Políticas. Aguas. Estado de las aguas. Aguas costeras y de transición. Estado Ecológico. Classificação dos elementos biológicos. Macroalgas.
12. Garcia, P., Zapico, E., Colubi, A. 2009. An angiosperm quality index (AQI) for Cantabrian estuaries. *Ecological indicators*. 9 (5), 856-865.

13. Página web de la Agencia Portuguesa del Medio Ambiente. Políticas. Aguas. Estado de las aguas. Aguas costeras y de transición. Estado Ecológico. Classificação dos elementos biológicos. Sapais.
14. Best, M., Massey, A., Prior, A., 2007. Developing a salt marsh classification tool for the European water framework directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55 (1-6), 205-214.
15. Página web de la Agencia Portuguesa del Medio Ambiente. Políticas. Aguas. Estado de las aguas. Aguas costeras y de transición. Estado Ecológico. Classificação dos elementos biológicos. Ervas marinhas.
16. Métricas para macroinvertebrados bentónicos. Aguas costeiras e de transición. BAT – Benthic Assessment Tool-. Sin fecha. Evaluación del estado de calidad ecológica en Portugal sensu DQA. IMAR. Instituto da Água. IMAR. Presentación en diapositivas powerpoint.
17. Coates, S., Waugh, A., Anwar, A., Robson, M. 2007. Efficacy of a multi-metric fish index as an analysis tool for the transitional fish component of the Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55 (1-6), 225-240.
18. Página web de la Agencia Portuguesa del Medio Ambiente. Políticas. Aguas. Estado de las aguas. Aguas costeras y de transición. Estado Ecológico. Classificação dos elementos biológicos. Peixes.
19. Cabral, H. N., Fonseca, V. F., Gamito, R., Goncalves, C. I., Costa, J. L., Erzini, K., Goncalves, J., Martins, J., Leite, L., Andrade, J. P., Ramos, S., Bordalo, A., Amorim, E., Neto, J. M., Marques, J. C., Rebelo, J. E., Silva, C., Castro, N., Almeida, P. R., Domingos, I., Gordo, L. S., Costa, M. J. 2012. Ecological quality assessment of transitional waters based on fish assemblages in Portuguese estuaries: The Estuarine Fish Assessment Index (EFAI). *Ecological Indicators*, 19, Special Issue (SI), 144-153.
20. Borja, A., Mader, J., Muxika, I., 2012. Instructions for use of AMBI index software (version 5.0). *Revista de Investigación Marina*, 19 (3); 71-82.
21. Teixeira, H., Neto, J.M., Patrício, J., Veríssimo, H., Pinto, R., Salas, F., Marques, J.C. 2009. Quality assessment of benthic macroinvertebrates under the scope of WFD using BAT, the Benthic Assessment Tool. *Marine Pollution Bulletin*, 58; 1477-1486.
22. Sousa, R., Dias, S., Freita, V., Antunes, C. 2008. Subtidal macrozoobenthic assemblages along the river Minho estuarine gradient (north-west Iberian Peninsula). *Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.*, 18; 1063-1077.
23. Raimundo, J., Pereira, P., Caetano, M., Vale, C., Martins, R., Guerra, M., Brito, P., Pereira, A., Anes, B., Micaelo, C., Gaudêncio, M.J., Carneiro, M., Silva, R., Santos, I., Granja, R., 2013. Estabelecimento de condições de referência no Estuário do Minho: contaminantes, macrofauna bentónica e ictiofauna. Relatório IPMA. Fevereiro 2013, 26 p.
24. Costa-Dias, S., Freitas, V., Sousa, R., Antunes, C. 2010. Factors influencing epibenthic assemblages in the Minho estuary (NW Iberian Peninsula). *Marine Pollution Bulletin*, 61; 240-246.
25. Beiras, R., Durán, I., 2013. Objective classification of ecological status in marine water bodies using ecotoxicological information and multivariate analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, doi 10.1007/s11356-013-2186-8.
26. França, S., Costa, M.J., Cabral, H.N. 2011. Inter- and intra-estuarine fish assemblage variability patterns along the Portuguese coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences*, 91; 262-271.



El proyecto Europeo **TEAM-Miño** “Transferencia de herramientas para la Evaluación, Ordenación, Gestión y Educación Ambiental en Estuarios”, financiado por el POCTEP (2007-2013) pretende desarrollar herramientas comunes para la tipificación y clasificación del estado ecológico de las masas de agua de transición del sur de Galicia y norte de Portugal.

La transferencia de los resultados obtenidos en el Proyecto a las Instituciones Públicas competentes, a agentes sociales locales y a la sociedad en general, permitirá colaborar en la implantación de la Directiva Marco del Agua (DMA) estableciendo un marco para la protección efectiva de las aguas de transición.

**Fecha inicio-fin: enero 2011-diciembre 2013**

## SOCIOS



Universidade de Vigo



INSTITUTO  
ESPAÑOL DE  
OCEANOGRAFÍA



CETMAR  
CENTRO TECNOLÓGICO DEL MAR



ciimar  
Centro Interdisciplinar  
de Investigación  
Marinha e Ambiental



<http://www.team-minho.eu/>