



INFORME DE RESULTADOS do Estudo Integral Preliminar sobre as limitacións antropoxénicas á produción marisqueira na Ría de Arousa.

**Miniproxecto 1: Avaliación preliminar do impacto de
augas residuais urbanas en tres zonas de marisqueo.**

ECOTOX - 04/2015

Autores:

Ricardo Beiras García-Sabell - *Catedrático de Ecoloxía*

Sergio González Fernández - *Director técnico do Servicio de laboratorio-ECIMAT*

Raimundo Blanco Pérez – *Biólogo*

Oscar Nieto Palmeiro – *Profesor Titular de Química Analítica*

Tania Tato Vidal - *Técnico especialista*

Pilar Feijoo Abal - *Técnico especialista*

ÍNDICE DE CONTIDOS

1. Introducción	3
2. Antecedentes	3
2.1 Hipótese de traballo	3
3. Metodoloxía	4
3.1 Planificación	4
3.2 Mostraxe	9
3.3 Métodos analíticos	11
4. RESULTADOS E DISCUSIÓN	13
4.1 Resultados de laboratorio e criterios de valoración	13
4.1.1 DBO ₅	19
4.1.2 Metais en auga	20
4.1.3 Bioensaio de ourizo (<i>Paracentrotus lividus</i>)	21
4.1.4 Metais en sedimento	24
4.1.5 Hidrocarburos policíclicos aromáticos en sedimento	24
4.1.6 <i>Escherichia coli</i> en biota	25
4.1.7 <i>Escherichia coli</i> en auga	26
5. Conclusións	27
6. Agradecementos	28
7. Referencias bibliográficas	29
Anexos	30

1. Introducción

O obxecto do presente traballo foi realizar unha avaliación preliminar do efecto das augas residuais urbanas procedentes de aportes costeiros, tanto a través de emisarios submariños das Estacións de Augas Residuais urbanas (EDARs) como de verquidos ubicados na liña de costa, sobre tres zonas de forte produción marisqueira da Ría de Arousa: Cambados-Grove, Vilanova de Arousa, e Pobra do Caramiñal-Cabo de Cruz.

Co fin de acadar valores de campo cos que poder extraer conclusións, realizáronse durante os meses de Xuño, Xullo e Outubro de 2015 unha serie de campañas de monitorización e mostraxe dende terra e dende o mar, para a recollida de mostras de auga, sedimento e mexillón, que foron posteriormente procesadas no laboratorio da Unidade de Calidade Ambiental da ECIMAT (Universidade de Vigo).

A continuación descríbense todos os pormenores das actividades realizadas, así como os datos adquiridos nos traballos de campo e como resultado dos ensaios realizados no laboratorio.

2. Antecedentes

A alta densidade de poboación na ría de Arousa, a presión turística e a deficiente planificación da infraestrutura de saneamento fan que os bancos marisqueiros e polígonos de bateas estean sometidos a verquidos próximos de augas residuais. Por outra banda a recente construción de estacións depuradoras de augas residuais (EDAR), ás veces sen tratamento terciario, e os correspondentes colectores, supón concentrar as augas residuais recollidas ao longo de km de costa en puntos concretos, nas proximidades de zonas con forte explotación marisqueira.

2.1 Hipótese de traballo

Para realizar o estudo preliminar dos factores que limitan a produción de recursos marisqueiros de calidade, partimos da hipótese de que a proximidade a emisarios de EDAR e verquidos de augas residuais de todo tipo supón unha posible merma na calidade do marisco asociada a:

1. aumento de bacterias coliformes de orixe fecal, indicadoras da posible presenza de microorganismos patóxenos humanos
2. aumento do contido en contaminantes químicos como metais pesados e hidrocarburos,

Baixo esta hipótese realizamos o deseño dos traballos de campo de tal forma que as evidencias recollidas e analizadas en conxunto, nos permitan aceptala ou rexeitala.

3. Metodoloxía

3.1 Planificación

Como fase previa aos traballos de campo, realizouse unha planificación dos mesmos en base a estudos documentais e a requisitos normativos aplicables. Froito desta planificación quedaron definidas as actuacións a realizar, así como as datas previstas de actuación. A ubicación dos puntos de mostraxe para a toma de mostras de auga e sedimento fíxose en base a presenza localizada de verquidos na zona, segundo a información recollida no visor cartográfico de contaminación do grupo ECOTOX (<http://ecotox.uvigo.es/gl/visor-cartografico>).

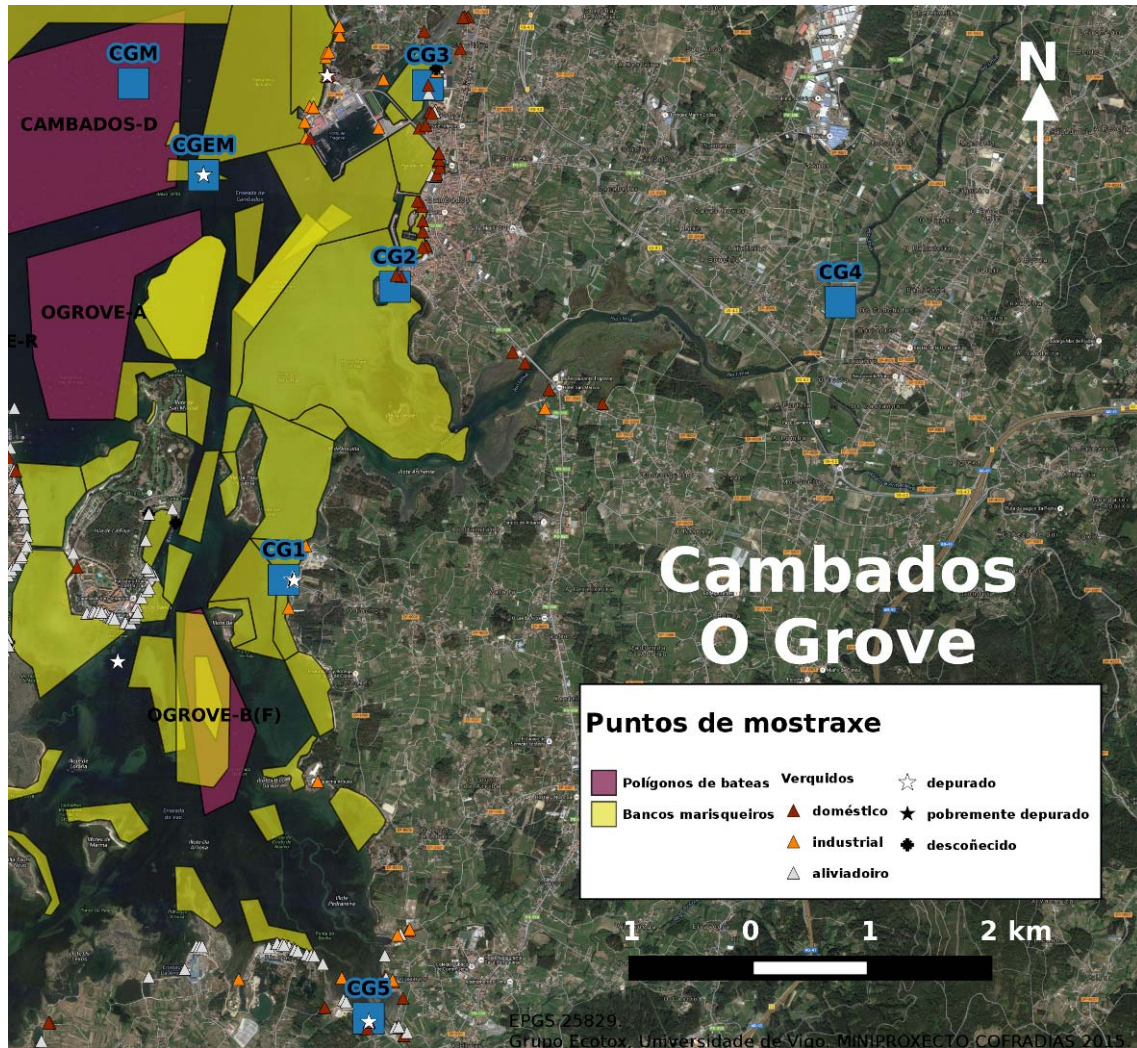
Planificouse a realización de campañas de mostraxe para a recolección de mostras de auga, sedimento e biota. A rede de mostraxe quedou constituída por tres áreas xeográficas de importante produción marisqueira dentro da Ría de Arousa, afectadas por verquidos, máis unha zona control de características máis oceánicas. Estas áreas foron seleccionadas pola dobre condición de, por unha banda, ser áreas importantes de produción de marisco, tanto polígonos de bateas como bancos de bivalvos infaunais en explotación, como por outra banda por seren zonas de posible afección por verquidos de augas residuais urbanas, procedentes dos Concellos de Cambados, O Grove, Vilanova de Arousa, A Pobra do Caramiñal e Boiro. O punto control estableceuse nunha zona exterior da ría, ao noroeste da Illa de Arousa, fora da afección directa de aportes de augas residuais segundo a documentación dispoñible.

Dentro de cada unha das catro zonas establecéronse puntos de recollida de mostras de auga e sedimento, un punto de recollida de mexillóns e puntos de monitorización activa na boca dos emisarios das depuradoras de Cambados e A Pobra.

Nas táboas que describen os puntos de mostraxe indicase as coordenadas proxectadas UTM para o huso 29 no sistema de xeorreferencia ETRS 89.

A rede de mostraxe quedou constituída como se mostra nas seguintes imaxes:

Zona 1: CAMBADOS-O GROVE (CG)



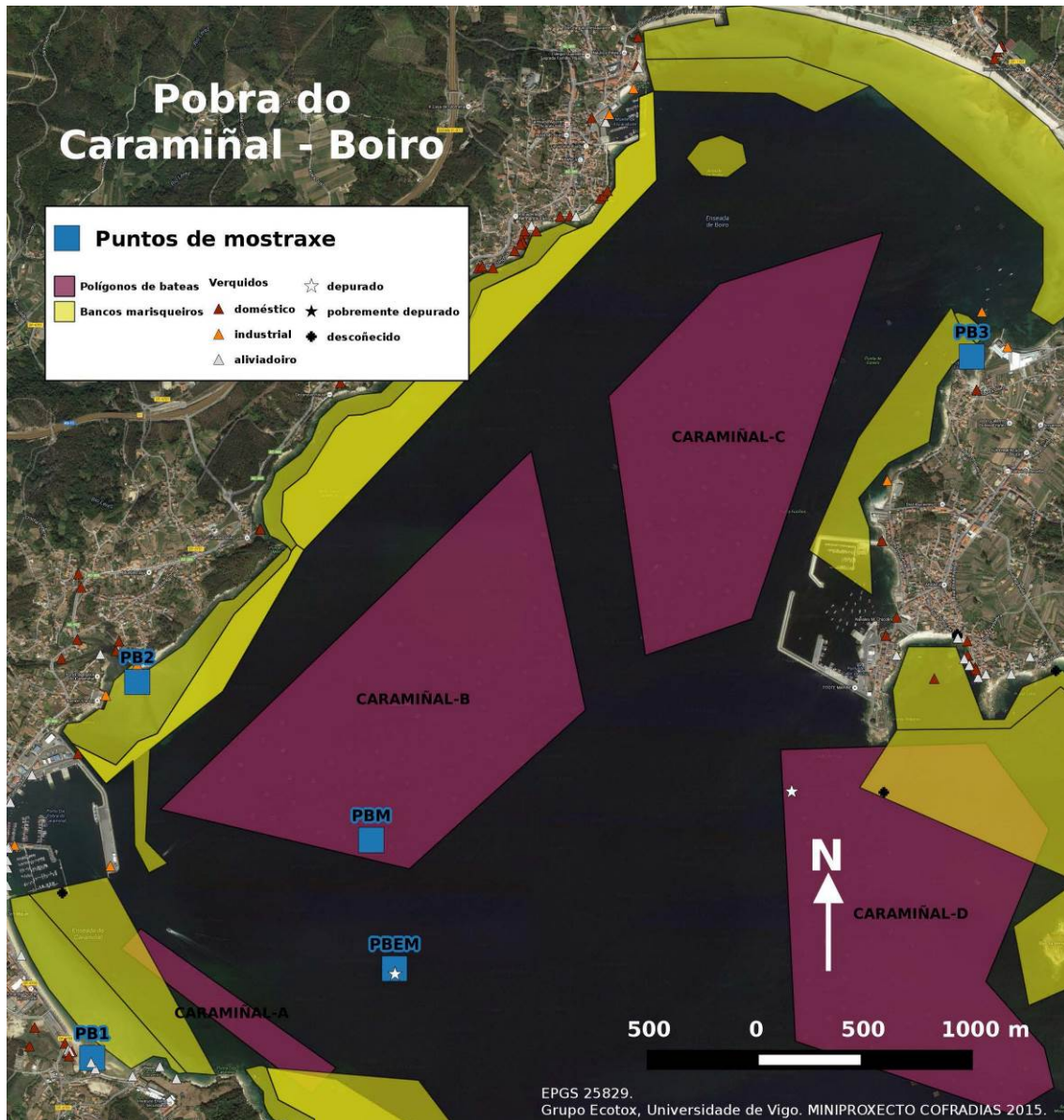
Punto	Coordenadas	Ubicación	Mostra
CG1	513885.169208425, 4703667	O Correlo (O Grove)	Auga, Sedimento
CG2	514808.754919651, 4706109	A Mouta (Cambados)	Auga, Sedimento
CG3	515082.462584628, 4707787	Saco de Fefiñans (Cambados)	Auga, Sedimento
CG4	518537.441759679, 4705990	Lugar Cova de Lobos (Cambados)	Auga
CG5	514601.886895856, 4700017	Altamira (Meaño)	Auga
CGEM	513225.466959019, 4707034	Emisario (Ensenada de Cambados)	Auga , Biomonitoring
CGM	512619.108008405, 4707797	Polígono de bateas Cambados-D (Ensenada de Cambados)	Biota

Zona 2: VILANOVA DE AROUSA (VV)



Punto	Coordenadas	Ubicación	Mostra
VV1	513520.149358366, 4710884	Praia O Pasaxe (O Bote) (Vilanova de Arousa)	Auga, Sedimento
VV2	513990.936726459, 4712015	Punta Ariño (Vilanova de Arousa)	Auga, Sedimento
VV3	513942.771873943, 4712952	Praia A Braña (Vilanova de Arousa)	Auga, Sedimento
VVM	512816.476334066, 4712747	Polígono de bateas Vilagarcía-B	Biota

Zona 3: A POBRA DO CARAMIÑAL-BOIRO (PB)



Punto	Coordenadas	Ubicación	Mostra
PB1	505600.574841271, 4716079	Praia O Areal (A Pobra do Caramiñal)	Auga, Sedimento
PB2	505809.572409113, 4717830	Punta Gaivoteira (A Pobra do Caramiñal)	Auga, Sedimento
PB3	509700.526581581, 4719346	Punta de Esteiro (Boiro)	Auga, Sedimento
PBEM	507011.167788001, 4716497	Boca emisario (Ensenada de A Pobra do Caramiñal)	Auga, Biomonitoring
PBM	506902.282494457, 4717095	Polígono de bateas Caramiñal-B (Ensenada de A Pobra do Caramiñal)	Biota

Zona 4: CONTROL



Punto	Coordenadas	Ubicación	Control
CTRL	506667.129504652, 4710738	Faro Baixo Pedra Seca	Auga, Biomonitoring
CTRLM	508293.171019945, 4712050	Poligono de bateas Cambados-C1	Biota

A planificación experimental das mostras recollidas para verificar o efecto dos aportes de augas residuais, consistiu na realización de distintas determinacións analíticas en función da tipoloxía e orixe das mostras.

Matriz: Auga

- Parámetros físico-químicos *in situ*: temperatura, salinidade e osíxeno disolto.
- Parámetros físico-químicos en laboratorio: Demanda biolóxica de osíxeno aos 5 días (DBO₅).
- Parámetros microbiolóxicos: Reconto de bacterias coliformes e *Escherichia coli*.

- Parámetros biolóxicos: determinación da toxicidade mediante o Bioensaio da Embrioxénese do Ourizo de mar (*Paracentrotus lividus*).

Matriz: Sedimento

- Parámetros físico-químicos: determinación da porcentaxe de finos e da porcentaxe de Carbono orgánico.
- Parámetros químicos: determinación de contaminantes orgánicos: Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (PAHs) e determinación de contaminantes inorgánicos (metais traza).
- Parámetros biolóxicos: determinación da toxicidade mediante o Bioensaio da Embrioxénese do Ourizo de mar (*Paracentrotus lividus*) co elutriado do sedimento.

Matriz: Biota (Mexillón: *Mytilus galloprovincialis*)

- Parámetros microbiolóxicos: Reconto de *Escherichia coli*.

3.2 Mostraxe

As tomas de mostra para a realización do estudo foron realizadas en tres campañas realizadas nos meses de Xuño, Xullo e Outubro de 2015 (ver Táboa abaixo). Estes traballos foron desenvolvidos por persoal do Grupo ECOTOX e da Unidade de Calidade Ambiental da Estación de Ciencias Mariñas de Toralla (ECIMAT) da Universidade de Vigo. A Estación de Ciencias Mariñas de Toralla presenta un Sistema de Xestión da Calidade Certificado ISO 9001 por *Bureau Veritas* que inclúe a recollida de mostras mariñas e as análises ambientais.

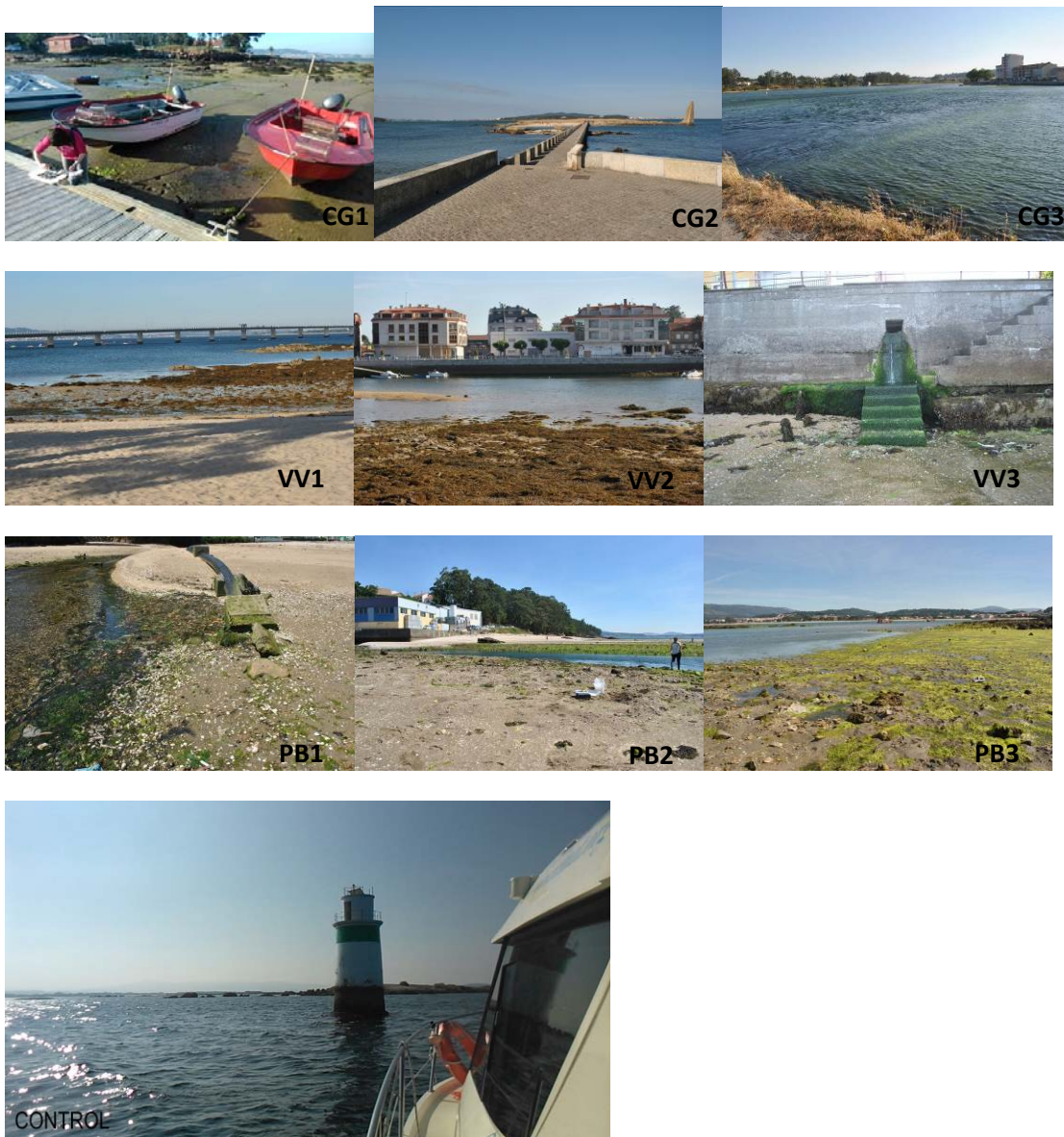
Dando soporte á mostraxe participou a Unidade de Medio Mariño da ECIMAT na campaña inicial (persoal técnico especialista, embarcación intraborda, equipamento de mergullo autónomo, furgoneta pick-up), e membros da Confraría San Antonio de Cambados nas campañas seguintes (embarcación a motor da confraría de Cambados). As mostras de auga do emisario tomáronse mediante mergulladores.

Avaliación preliminar do impacto de augas residuais en tres zonas de marisqueo

CAMPAÑA	DATAS		
CAMBADOS	15/06/15	13/07/15	15/10/15 – 21/10/15
VILANOVA	16/06/15	14/07/15	-
POBRA	17/06/15	15/07/15	-

A maiores, o 7 de xullo tomáronse mostras de auga adicionais en CG3, e o 13 e 14 de outubro tomáronse mostras dos efluentes de saída das EDAR de Ribadumia e Denagrove respectivamente, para realizar a caracterización dos verquidos.

Fotografías tomadas nas estacións de toma de mostras de auga e sedimentos, no punto control e no emisario submariño da EDAR de Cambados (ECOTOX, Universidade de Vigo)





3.3 Métodos analíticos

Todos os traballos, tanto a recollida de mostras como as análises de laboratorio, foron realizados aplicando métodos estandarizados baseados en normas internacionais e postas en marcha seguindo procedementos normalizados de traballo.

Os procedementos de traballo empregados para a realización do biomonitoring foron desenvolvidos por investigadores da Universidade de Vigo adscritos ao Grupo de Investigación ECOTOX. Dita metodoloxía atópase pendente de patente.

As determinacións físico-químicas, microbiolóxicas e biolóxicas foron desenvolvidas nos laboratorios do Grupo de Ecotoxicoloxía mariña (www.ecotox.es) e da Unidade de Calidade Ambiental de ECIMAT (www.ecimat.org).

A determinación de contaminantes químicos orgánicos e inorgánicos realizáronse nos Laboratorios de Seguridade Alimentaria de Vigo e Ourense pertencentes ao Centro de Apoio Científico Tecnolóxico á Investigación (CACTI) da Universidade de Vigo.

A continuación indícanse as metodoloxías analíticas empregadas:

Matriz: Auga		
Determinación	Metodoloxía	
Parámetros físico-químicos in situ	Electrometría Sondas	
DBO ₅	Electrometría Procedemento interno (I-LB-FQ-008)	
Reconto de bacterias coliformes e <i>E. coli</i>	Filtración en membrana Procedemento interno (I-LB-MB-001)	
Bioensaio da Embrioxenese do Ourizo de mar	Bioensaio Procedemento interno (I-LB-BE-001)	
Matriz: Sedimento		
Determinación	Metodoloxía	Mostra
Granulometría (% finos)	Tamizado Procedemento interno (I-LB-FQ-012)	Sedimento orixinal
% Carbono orgánico	Combustión Procedemento interno (I-LB-FQ-020)	Fracción < 2mm
Bioensaio da Embrioxenese do Ourizo de mar	Bioensaio Procedemento interno (I-LB-BE-001)	Elutriado
Contaminantes orgánicos (PAHs)	Cromatografía HPLC con detector de fluorescencia	Liofilizado Pulverizado
Contaminantes inorgánicos (Metais pesados)	Difracción de raios X	Liofilizado Pulverizado
Bioensaio da embrioxénese de ourizo	Beiras et al. (2012)	Elutriado obtido a partir do sedimento orixinal
Matriz: Biota		
Determinación	Metodoloxía	Mostra
Reconto de <i>E. coli</i>	Dilución e sementa en placa	Vianda e líquido intervalvar

O biomonitoring activo consiste na exposición de exemplares vivos de *Mytilus galloprovincialis* no medio receptor de fontes de contaminación, para estudar a cinética de acumulación de contaminantes ao longo do tempo. Para elo realizase o

fondeo de exemplares de mexillón de uns 40-50 mm, procedentes de polígonos de zona A, previamente acondicionados no laboratorio baixo unha corrente de auga de mar constante e en condicións controladas de temperatura e salinidade durante 3 días, período no que tamén son alimentados diariamente cunha dieta composta dun mix de algas de volume calculado en función do número de individuos totais. Transcorrido o acondicionamento, os exemplares de mexillón son levados ao mar onde permanecen suxeitos a estruturas durante un período de tempo determinado en función dos obxectivos do estudo.

O día de inicio do biomonitoring reservase unha mostra de mexillón que é procesada correspondentemente para a determinación das cargas de fondo (tempo=0). Os monitores fondeados son retirados tralo tempo de exposición e analizados do mesmo xeito que as anteriores para determinar as diferenzas.

4. RESULTADOS E DISCUSIÓN

4.1 Resultados de laboratorio e criterios de valoración

A continuación expóñense as táboas cos resultados obtidos nas distintas análises de laboratorio realizadas sobre as mostras tomadas nas zonas de estudio. Ademais dos datos numéricos, emprégase un código de cores que permite facer unha rápida interpretación. Estas cores estrutúranse en tres niveis de alerta correspondentes as categorías de cumprimento dos criterios da valoración ambiental para cada medida. Ditos criterios están tomados da lexislación vixente (normas de calidade), ou ben son froito do consenso científico (criterios de calidade), estando respaldados por distintos organismos internacionais (OSPAR, ICES, US-EPA, etc.), ou traballos científicos publicados en revistas sometidas a avaliación de calidade. Os niveis de alerta son os que se indican na seguinte táboa.

Nivel de alerta	Categoría
Verde	Aceptable
Amarelo	Dubidoso
Vermello	Non aceptable

Aplicando estes criterios asignámoslle aos resultados unha categoría de calidade: Aceptable / Dubidosa / Non aceptable, podendo identificar visualmente as mostras máis comprometidas dentro do estudio. No caso de non existir criterios de aplicación directa os resultados móstranse sen cor (en negro).

Zona 1: CAMBADOS-O GROVE (CG)

Auga

Data toma mostras	Punto	T °C	S ppt	OD mg/L (%sat)	DBO ₅ mg O ₂ /L	<i>E.coli</i> UFC/100mL	Coliformes totais UFC/100mL
15/06	CGA-1	18,9	34,81	10 (131)	2,7	18	44
	CGA-2	22,8	33,73	8,1 (112)	21	Ausencia	11
	CGA-3	19,0	2,74	7,3 (79)	1,1	7560	ECPR ¹

Data toma mostras	Punto	<i>E. coli</i>	Coliformes totais
07/07	CGA3-I	1100	3500
	CGA3-D	1400	3400
	CGA3-1	1900	3800
	CGA3-2	1500	3200

Sedimento

Data toma mostras	Punto	%finos	%CO	UT
15/06	CGS-1	16,11±0,83	0,94±0,04%	0,49
	CGS-2	15,18±0,66	0,80±0,03%	0,52
	CGS-3	39,82±0,98	4,27±0,07%	0,73
13/07	CGS-1	18,20±1,65	1,60±0,17%	0,31
	CGS-2	20,93±0,76	1,70±0,17%	-
	CGS-3	43,14±0,39	5,57±0,37%	0,09

¹ ECPR: Excesivas Colonias Para o Reconto

Data toma mostrás	Elemento	unidades	Mostra		
			CGS-1	CGS-2	CGS-3
15/06	Cr	mg/kg	29,01	21,51	40,66
	Ni	mg/kg	14,03	8,62	15,40
	Cu	mg/kg	38,52	21,61	93,94
	Zn	mg/kg	43,61	41,83	151,30
	Pb	mg/kg	45,75	51,37	55,43
	Pireno	µg/kg	74	348	52
	Benzo(a)antraceno	µg/kg	32	200	30
	Criseno	µg/kg	38	218	42
	Benzo(b)fluoranteno	µg/kg	41	206	36
	Benzo(k)fluoranteno	µg/kg	20	99	17
	Benzo(a)pireno	µg/kg	28	132	28
	Benzo(g,h,i)perileno	µg/kg	41	181	14
	Indeno(123-cd)pireno	µg/kg	25	137	18

Biota

Punto	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>
CGM	Ausencia/100g	Ausencia/100g

EMISARIO DE CAMBADOS (EM-CG)

Auga

Data toma mostrás	Mostra	T °C	S ppt	OD mg/L	pH	DBO ₅ mg O ₂ /L	<i>E. coli</i> UFC/100mL	Coliformes totais UFC/100mL	UT
15/06	Directa tubo	16,8	35,07	8,9	-	1,4	27000	241000	-
26/06	Pluma superficie	18,8	34,6	7,7	-	-	1	2	<0,27
	Pluma medio	18,8	34,7	7,7	-	-	Ausencia	1	<0,27
	Tubo fondo	19,7	13,6	6,8	-	-	3	33	1,05
13/07	Inicio pulso (t1)	19,5	6,20	7,3	7,23	-	17	38	0,40
	Medio pulso (t2)	19,0	7,11	7,3	7,25	-	18	42	2,74
	Fin pulso (t3)	19,3	8,47	7,2	7,28	-	21	50	1,40
13/10	Directa tubo	-	-	-	-	-	Ausencia	2	-
14/10	Directa tubo	-	-	-	-	-	13	67	-
19/10	Directa tubo	-	-	-	-	-	40	95	-

Biomonitoring activo

Datas	<i>E. coli</i> (UFC/100 g)		
	t 0h	t 24h	t 5días
13/10 – 19/10	Ausencia	27000	65000

EDAR DE RIBADUMIA

Punto	Data toma mostrás	T °C	S ppt	OD mg/L	pH	DBO ₅ mg O ₂ /L	<i>E. coli</i> UFC/100mL	Coliformes totais UFC/100mL	UT	Cu µg/L	Zn µg/L
CG4	13/10	18,8	0,07	8,9	6,81	0,5	478	ECPR	1,38	-	16,53

EDAR DENA-GROVE

Punto	Data toma mostrás	T °C	S ppt	OD mg/L	pH	DBO ₅ mg O ₂ /L	<i>E. coli</i> UFC/100mL	Colis tot UFC/100mL	UT	Cu µg/L	Zn µg/L
CG5	14/10	18,3	0,9	8,4	7,09	1,0	66	ECPR	1,08	1,7	14,98

Zona 2: VILANOVA DE AROUSA (VV)

Auga

Data toma mostrás	Punto	T °C	S ppt	OD mg/L (%sat)	DBO ₅ mg O ₂ /L	<i>E. coli</i> UFC/100mL	Colis tot UFC/100mL
16/06	VVA-1	19,7	34,3	9,9 (130)	1,5	Ausencia	4
	VVA-2	21,7	29,65	9,8 (134)	7,3	60	ECPR
	VVA-3	22,4	34,4	12,9 (179)	2,3	1	60

Sedimento

Data toma mostrás	Punto	%finos	%CO	UT
16/06	VVS-1	5,87±1,04	0,54±0,05%	0,13
	VVS-2	2,22±0,65	0,34±0,01%	0,88
	VVS-3	4,31±0,63	0,85±0,18%	0,89
14/07	VVS-1	4,45±0,42	0,53±0,02%	0,40
	VVS-2	2,83±0,15	0,49±0,05%	0,20
	VVS-3	12,53±0,26	1,32±0,07%	-

Data toma mostrás	Elemento	unidades	Mostra		
			VVS-1	VVS-2	VVS-3
16/06	Cr	mg/kg PS	17,57	21,68	18,62
	Ni	mg/kg PS	7,52	10,17	13,78
	Cu	mg/kgPS	26,30	22,06	16,28
	Zn	mg/kg PS	32,04	23,14	48,06
	Pb	mg/kg PS	41,18	31,17	37,88
	Pireno	µg/kg PS	141	57	27
	Benzo(a)antraceno	µg/kg PS	63	25	10
	Criseno	µg/kg PS	80	29	12
	Benzo(b)fluoranteno	µg/kg PS	76	26	13
	Benzo(k)fluoranteno	µg/kg PS	34	13	6
	Benzo(a)pireno	µg/kg PS	54	19	10
	Benzo(g,h,i)perileno	µg/kg PS	61	18	8
	Indeno(123-cd)pireno	µg/kg PS	46	18	9

Biota

Punto	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>
VVM	Ausencia/100g	Ausencia/100g

Zona 3: A POBRA DO CARAMIÑAL (PB)

Auga

Data toma mostrás	Punto	T °C	S ppt	OD mg/L (%sat)	DBO ₅ mg O ₂ /L	<i>E. coli</i> UFC/100mL	Colis tot UFC/100mL
17/06	PBA-1	22,9	3,45	9,5 (110)	0,4	208	ECPR
	PBA-2	20,7	5,64	12,9 (147)	0,6	136	ECPR
	PBA-3	19,5	33,62	9,9 (130)	1,4	34	ECPR

Sedimento

Data toma mostrás	Punto	%finos	%CO	UT
17/06	PBS-1	1,92±0,48	0,58±0,01%	0,11
	PBS-2	0,95±0,07	0,50±0,01%	0,18
	PBS-3	10,01±0,62	1,15±0,04%	0,28

Data toma mostrás	Elemento	unidades	Mostra		
			PBS-1	PBS-2	PBS-3
17/06	Cr	mg/kg PS	25,47	36,49	35,45
	Ni	mg/kg PS	8,80	12,84	9,94
	Cu	mg/kg PS	23,48	26,30	30,06
	Zn	mg/kg PS	36,49	33,82	46,28
	Pb	mg/kg PS	29,99	27,52	46,45
	Pireno	µg/kg PS	1832	29	433
	Benzo(a)antraceno	µg/kg PS	1131	14	300
	Criseno	µg/kg PS	1319	16	353
	Benzo(b)fluoranteno	µg/kg PS	902	17	265
	Benzo(k)fluoranteno	µg/kg PS	463	7	139
	Benzo(a)pireno	µg/kg PS	700	11	225
	Benzo(g,h,i)perileno	µg/kg PS	857	14	267
	Indeno(123-cd)pireno	µg/kg PS	494	12	129

Biota

Punto	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>
PBM	Ausencia/100g	Ausencia/100g

Biomonitoring activo

A campaña de monitoraxe nesta zona sufriu diversas incidencias. O emisario da EDAR resultou estar roto e non verquer pola súa boca, non sendo posible aos nosos mergulladores atopar o lugar de rotura e verquido. A pesares diso colocouse a estrutura de biomonitoring na zona de estudio, pero transcorrido o mes de exposición

foron inútiles os intentos de localización do sistema de monitoraxe, polo que se considerou perdido e non dispoñemos de datos ao respecto.

Zona 4: CONTROL

Auga

Data toma mostras	Punto	T °C	S ppt	OD mg/L (%sat)	DBO ₅ mg O ₂ /L	<i>E. coli</i> UFC/100mL	Colis tot UFC/100mL
	AC	18,1	32,87	7,6	0,8	Ausencia	Ausencia

Biota

Punto	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>
CM	Ausencia/100g	Ausencia/100g

Biomonitoring activo

Realizouse tamén unha campaña de biomonitoring activo na zona control para contrastar con niveis de fondos obtidos fora das zonas de afección. Transcorrido o mes de exposición, foron inútiles os intentos de localización do sistema de monitoraxe, polo que se considerou perdido e non dispoñemos dos datos ao respecto.

4.1.1 DBO₅

Os valores rexistrados para a demanda biolóxica de osixeno (DBO₅) clasifícanse de acordo co límite (Crit1) establecido na ORDEN ARM/2656/2008 de Planificación hidrolóxica.

Crit.1	
<6	>6

Os resultados obtidos son aceptables salvo nas mostras CGA2 e VVA2, onde resultan inaceptablemente altos. Valores altos deste parámetro indican contaminación por materia orgánica na auga. Un exceso de materia orgánica pode conducir á hipereutrofización do medio, coas conseguíntes proliferacións excesivas de algas non desexables en zonas de marisqueo.

No ANEXO I do Real Decreto 509/1996, que establece as Normas aplicables ao tratamento das augas residuais urbanas, defínense os valores límite de concentración que deben cumprir os verquidos procedentes de instalacións de tratamento de augas residuais urbanas.

Parámetro	Concentración
Demanda bioquímica de osíxeno (DBO 5 a 20 °C) sen nitrificación.	25 mg O ₂ /L

O criterio a aplicar sobre as mostras dos efluentes de saída das EDARes de Ribadumia e Dena-Grove foron:

Crit.1	Crit.2
<25	>25

En ambos casos obtivéronse valores moi inferiores. Non pode descartarse, considerando a toxicidade atopada en todos os emisarios, que a composición do efluente inhibise a actividade biolóxica dos microorganismos heterótrofos na que se basea o test DBO e que por tanto os resultados infraestimen o contido orgánico de ditos efluentes.

4.1.2 Metais en auga

Os resultados de metais disoltos en auga afectada polo emisario da EDAR de Cambados móstranse na seguinte táboa.

Data	Elemento	unidades	Mostra		
			EM-CG fon	EM-CG medio	EM-CG sup
26/06	Cu	µg/L	1,44	-	-
	Zn	µg/L	36,3	4,46	9,94

Adicionalmente, os valores de Pb e Cd estiveron sempre por debaixo do límite de detección da técnica empregada (<0,1 µg/L) o que implica a categoría de aceptable para estes elementos.

Os valores compáranse cos límites establecidos pola Axencia de Protección Ambiental dos Estados Unidos (US-EPA) e no caso de Cu e Zn, na Lei 9/2010, de 4 de Novembro, de augas de Galicia, na que se dan valores de contido medio anual (CMA) para estes dous metais. Así mesmo, ECOTOX dentro do proxecto CRISIMAR (CTM 2009-10908)

definiu criterios de calidade de auga agudos (CCA) en base a curvas de sensibilidade de especies que tamén utilizamos para comparar.

Cu (µg/L)			Zn (µg/L)		
CCA	US-EPA, crónico	CMA	CCA	US-EPA, crónico	CMA
1,47	3,1	25	5,9	81	60

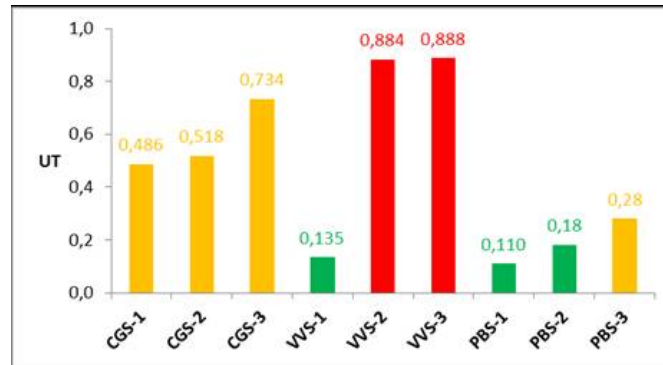
4.1.3 Bioensaio de ourizo (*Paracentrotus lividus*)

Os valores de toxicidade das mostras de auga e elutriados de sedimento ensaiadas exprésanse nas táboas anteriores como Unidades de Toxicidade (UT). En Durán e Beiras (2010) expóñense os límites EAC (*Ecotoxicological Assessment Criteria*) para o bioensaio de ourizo que permiten establecer 5 categorías de estado ecolóxico do sedimento (moi bo, bo, moderado, pobre e malo). No noso caso centrámonos no EAC1 (Crit.1) e EAC2 (Crit.2) que establecen o límite entre bo e moderado e o límite entre moderado e malo respectivamente:

	Estado ecotoxicolóxico		
	Bo	Moderado	Malo
Unidades de toxicidade (UT)	< 0,27	0,27-0,86	> 0,86

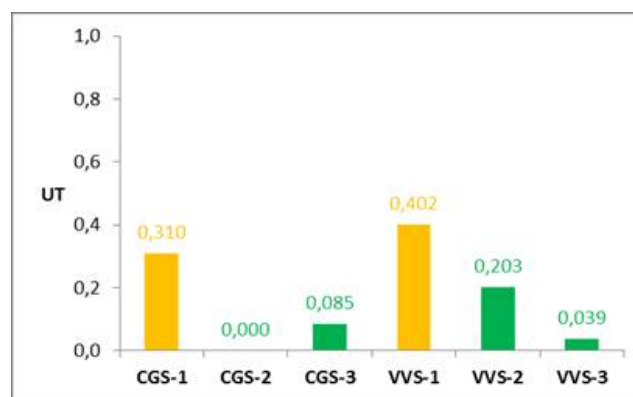
Os resultados obtidos neste estudio poden dividirse en toxicidade dos sedimentos e toxicidade dos efluentes de depuradoras.

No referente aos sedimentos, o patrón observado foi moi heteroxéneo. Na primeira campaña de mostraxe os sedimentos da zona Cambados-Grove mostran todos calidade dubidosa, e an Vilanova os resultados foron inaceptables en VVS2 e 3.



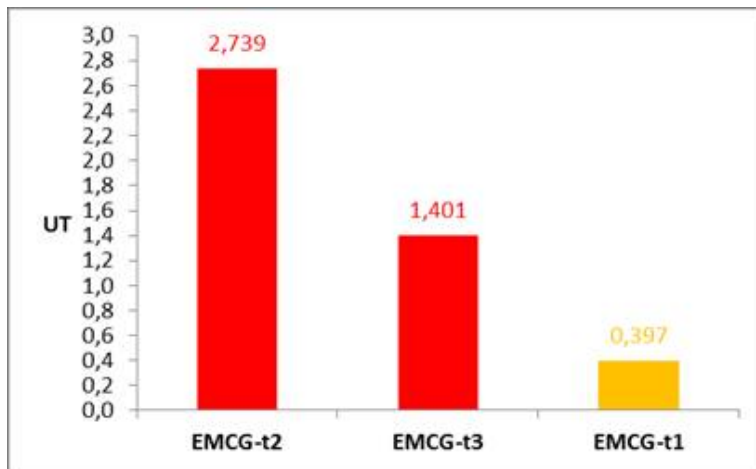
A toxicidade atopada en VVS2 e 3 non é un artefacto debido á manipulación das mostras, dado que os parámetros de control de ambos elutriados (ver Anexo) resultaron dentro do rango de tolerancia do embrión de ourizo. Tampouco se debe aos contidos en metais e hidrocarburos analizados no sedimento, que foron baixos en ambas estacións, polo que podemos concluir que existían nesas mostras outros contaminantes químicos tóxicos non analizados.

Ao repetir a mostraxe un mes despois os resultados milloraron; non houbo mostras inaceptables e resultaron dúbidas tan só as mostra CGS1 e VVS1 (En PB non se repetiu a mostraxe dados os bos resultados obtidos na primeira campaña). Estes resultados poñen de relevancia a gran variabilidade microxeográfica e temporal nos aportes de contaminates químicos ao medio intermareal.

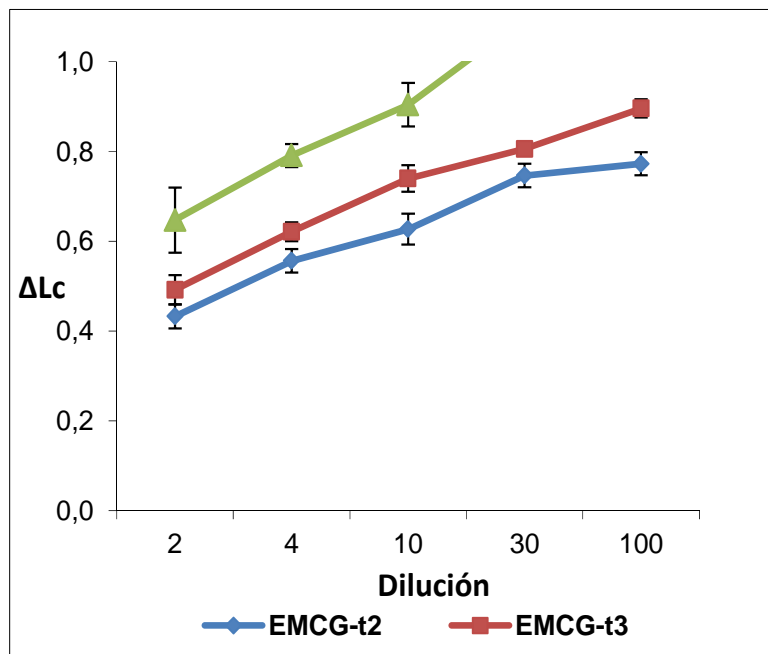


No referente aos emisarios de EDARes o patrón foi máis consistente. Os tres emisarios estudados (EDARes de Cambados, Dena e Ribadumia) presentaron niveis inaceptables de toxicidade (ver Táboas arriba), poñendo de relieve que os métodos de depuración existentes non liberan a auga de microcontaminantes químicos tóxicos para os

recursos mariños. No caso do emisario da EDAR de Cambados, como pode verse na figura inferior, acadáronse valores de 2,7 UT en certos momentos do pulso de emisión.



Na gráfica inferior móstranse os datos orixinais de toxicidade (inhibición do crecemento da larva de ourizo) das cinco dilucións ensaiadas para cada mostra. Como pode verse as mostras máis tóxicas (correspondentes aos pulsos a tempo t2 e t3) seguen inhibindo o desenvolvemento do ourizo incluso tras seren diluídas 100 veces.



Á hora de avaliar o alcance destes resultados hai que ter en conta que, por sorte, a forte dilución suministrada polas augas naturais receptoras fai que a escasos metros da

boca do emisario as mostraxa non resulten tóxicas, como se reflicte no seguimento da pluma do emisario da EDAR de Cambados (ver Táboas arriba).

4.1.4 Metais en sedimento

Para comparar os valores rexistrados de metais en sedimentos empregáronse os criterios norteamericanos recollidos en Long et al (1995), que diferencian dous parámetros coñecidos como ERM (*Effects Range Median*) e ERL (*Effects Range Low*) os cales constitúen respectivamente o percentil 50 (mediana) e o percentil 10 dunha base de datos de concentracións ascendentes asociada con efectos biolóxicos adversos. Para o chumbo empregouse como criterio 2 o valor correspondente a SQC_M (*Sediment Quality Criteria values in minimal-effects range*) de Bellas et al. (2011) en vez do ERM dado que as características mineralóxicas dos nosos sedimentos distan moito das de Norteamérica no referente a este metal.

A OSPAR por outra banda da uns valores BAC (*Background Assessment Concentrations*) moito máis baixos que representan niveis de fondo que tamén nos serven para comparar os nosos valores.

	Criterio (mg/KgPS)		
	BAC	ERL(*SQC _M)	ERM
Cu	27	34	270
Ni	36	20,9	51,6
Cr	81	81	370
Zn	122	150	410
Pb	22,4	58,7*	218

Como pode verse nas táboas de resultados o máis salientable son os altos niveis de Cu e Zn no sedimento de CGS3, sendo os contidos para os demais metais en xeral aceptables. En contraste, como se describe no seguinte apartado, atopouse forte contaminación por hidrocarburos en varias mostraxas.

4.1.5 Hidrocarburos policíclicos aromáticos en sedimento

Empréganse os criterios norteamericanos TEL (*Threshold Effect Level*) e PEL (*Probable Effect Level*) de MacDonald et al (1996) á vez que o límite BAC da OSPAR.

	Criterio (µg/kg PS)		
	BAC	TEL	PEL
Pireno	11,3	153	1398
Benzo(a)antraceno	7,1	74,8	693
Criseno	8,0	108	846
Benzo(a)pireno	8,2	88,8	763
Benzo(g,h,i)perileno	6,9	nr	nr

Como pode verse nas táboas de resultados (pp 15, 17, 18), atopouse forte contaminación por hidrocarburos en PBS1, con niveis inaceptables de pireno, benzo-antraceno e criseno, e niveis dubidosos de benzo-a-pireno. As estacións CGS2 e PBS3 tamén están contaminadas por hidrocarburos, con niveis dubidosos de todos os hidrocarburos poliaromáticos analizados para os que dispoñemos de criterio de calidade (pireno, benzo-antraceno, criseno e benzo-a-pireno). Compre destacar que o Regul. 835/2011 CE esixe a vixilancia dos niveis de benzo-a-pireno, criseno e benzoantraceno nos peixes e moluscos para alimento humano, e establece un contido máximo para poder seren comercializados.

4.1.6 *Escherichia coli* en biota

Comparamos os resultados de *E. coli* obtidos no biomonitoring activo cos valores límite establecidos no Real Decreto 571/1999, de 9 de abril, polo que se aproba a Regulamentación Técnico-Sanitaria que fixa as normas aplicables á produción e comercialización de moluscos bivalvos vivos. Este Regulamento, establece, no Capítulo I do anexo, as condicións para clasificar as zonas de produción de acordo a tres categorías:

Zona	<i>E. coli</i> NMP/ 100 g
Tipo A	< 230
Tipo B	< 4600
Tipo C	< 46000

Se ben nas análises realizadas sobre as propias mostras de biota extraídas dos polígonos de cultivo, non se detecta contaminación por *E. coli*, estando todas as mostras en verde, os resultados obtidos mediante a técnica de biomonitoring si parecen indicar que existe un efecto directo entre a emisión de augas residuais e a

acumulación microbiolóxica, acadándose niveis en vermello xa a partir das 24 horas de exposición.

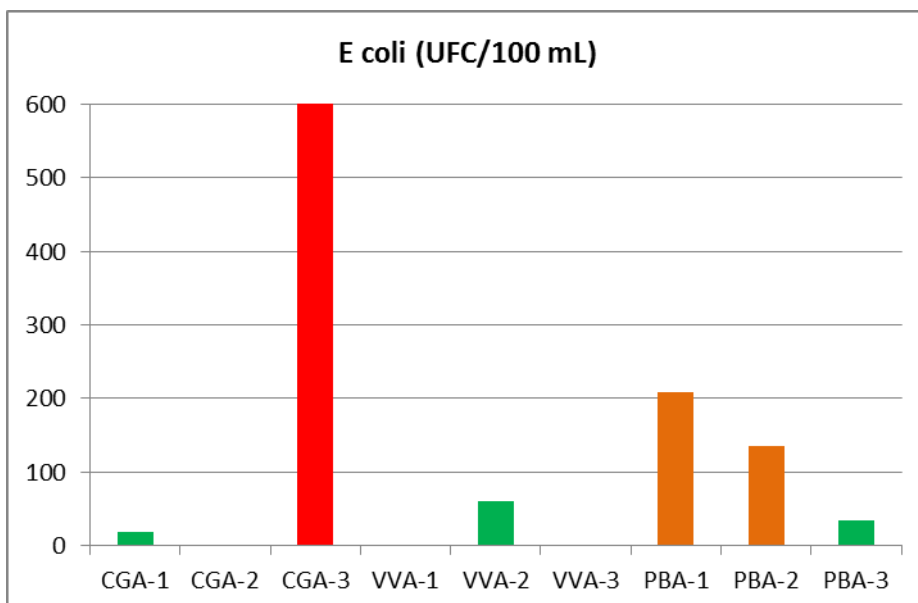
4.1.7 *Escherichia coli* en auga

Tomamos como referencia os valores establecidos no Anexo da Directiva 2006/7/CE do parlamento europeo e do consello de 15 de febreiro de 2006 relativa á xestión da calidade das augas de baño. Baseándonos nesta Directiva establecemos os seguintes niveis:

Parámetro	aceptable	Dubidoso	Non aceptable
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100 mL)	<250	250-500	>500

De feito a Lei de augas de Galicia (2010) establece un obxectivo de calidade de augas das rías máis esixente, cun límite para coliformes fecais de 100 UFC/100 mL.

Os resultados permitiron identificar una zona, CGA3, con enorme contaminación fecal. Isto é ben coñecido pola administración, que actualmente ten catalogada esta área como Zona C. Compre vixiar tamén os niveis de coliformes aportados polos emisarios máis ou menos incontrolados nos puntos VVA2, PBA1 e PBA2, todos eles próximos a explotacións de bivalvos infaunais.



No referente ao control microbiolóxico dos emisarios, compre sinalar o caso da EDAR de Tragove-Cambados. As distintas mostraxes arroxaron valores moi diferentes, o que leva a pensar que o control da depuración terciaria é escaso. Alcanzáronse picos de

27.000 UFC *E. coli*/100 mL, en contraste coas estatísticas oficiais obtidas para o mesmo período (ver abaixo), que nunca superan as 31 UFC /100 mL.

Efluente EDAR Cambados	Valores do control oficial (maio-xullo 2015)	Valores medidos neste traballo (xuño/xullo 2015)
<i>E. coli</i> (UFC/100 mL)	0-31	17-27000

O efluente da EDAR de Ribadumia mostrou niveis excesivos de *E. coli*, mentras que o de Dena mostrou niveis apreciables pero aceptables.

5. Conclusións

O presente estudo determinou

1. que existen aportes contaminantes de relevancia orixinados por verquidos líquidos depurados e non depurados de augas residuais urbanas en lugares de alta produción marisqueira da Ría de Arousa. Isto se pon de relevo polo forte contraste entre a calidade ambiental das tres zonas estudadas fronte a unha zona control dentro da ría pero sen influencia directa de vertidos deste tipo.
2. que existe contaminación microbiolóxica por aportes directos de augas fecais non depuradas en CG3, debido a unha deficiente rede de saneamento.
3. que existen aportes de augas fecais con insuficiente ou inexistente tratamento terciario de desinfección a través do emisario da EDAR de Cambados-Tragove, sendo os valores de *E. coli* dos efluentes das EDAR de Dena e Ribadumia tamén apreciables.
4. que a contaminación microbiolóxica aportada por dito emisario causa a acumulación de *E. coli* en mexillón transplantado á boca do emisario por riba dos niveis legais para a súa comercialización, acadándose cifras de 65.000 UFC *E. coli* /100 g tras 5 días de exposición, aínda que dito efecto non se deixa notar no mexillón de cultivo das bateas máis próximas grazas aos fortes factores de dilución e o alto poder autodepurante das augas receptoras.
5. que existen aportes de microcontaminantes químicos tóxicos para as fases larvarias dos invertebrados mariños en todos os emisarios de EDAR analizados, se ben por fortuna os fortes factores de dilución no medio receptor fan que as

mostras deixen de ser tóxicas a tan só algúns metros de distancia da boca do emisario. Este tema merece maior atención en futuros estudos.

6. que o emisario da EDAR de A Pobra está roto e non verque pola súa boca, sen que as distintas consultas realizadas no ámbito deste estudo permitisen localizar cartografía algunha do novo lugar de verquido.
7. que existe unha forte contaminación por hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) nos sedimentos de CGS2, PBS3 e especialmente PBS1, con niveis moi altos de todos os HAPs analizados, incluídos os que non deben superar un límite máximo en peixes e moluscos de acordo co Regul. 835/2011 CE (benzo-a-pireno, benzo-antraceno e criseno).

En consecuencia, podemos aceptar a hipótese de traballo, referente a que os verquidos de augas residuais están a limitar a calidade do marisco producido na ría de Arousa, sendo recomendable tomar medidas de mellora no saneamento e depuración de ditas augas.

6. Agradecementos

Queremos agradecer á Confraría de Cambados e moi especialmente a José Carlos Mariño Balsa, a súa colaboración desinteresada ao poñer á nosa disposición medios técnicos e humanos esenciais para a realización deste traballo. Este estudo foi financiado polas confrarías e organizacións de produtores da ría de Arousa e o Consello Regulador Mexillón de Galicia coordinados pola Plataforma en Defensa da Ría de Arousa.

7. Referencias bibliográficas

- Beiras et al. (2012) Biological effects of contaminants: *Paracentrotus lividus* sea urchin embryo test with marine sediment elutriates. ICES Techniques in Marine Environmental Sciences Nº 51. 13 pp.
- Bellas et al. (2011) Integrative assessment of coastal pollution: Development and evaluation of sediment quality criteria from chemical contamination and ecotoxicological data. Continental Shelf Research 31, 448-456.
- Durán, I., Beiras, R., 2010. Assessment criteria for the sea-urchin embryo bioassay. Environmental Toxicology and Chemistry, Vol. 29, 5: 1192-1198.
- MacDonald, D.D, Carr, S.R., Calder, F.D, Long, E.R. and Ingersoll, C.G. 1996 Development and evaluation of sediment quality guidelines for Florida coastal waters. Ecotoxicology 5: 253-278.
- Long, E. R., MacDonald, D. D., Smith, S. L. and Calder, F. D. 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. Environmental. Management 19: 81-97.
- Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica. BOE núm. 229 de 22 de Septiembre de 2008.
- Ospam Commission, Levels and trends in marine contaminants and their biological effects – CEMP Assessment report 2012. Monitoring and Assessment Series 2013.
- US-EPA, National Recommended Aquatic Life Criteria table. <http://www2.epa.gov> (30/11/2015)

Anexos

Parámetros control dos elutriados bioensaiados

Data toma de mostrás	Mostra	T (°C)	S (ppt)	O ₂ (mg/L)	pH	S ²⁻ (mg/L)	NH ₃ (mg/L)
15/06/2015	CGS-1	20	37	7,74	7,91	<0,02	19,48
	CGS-2	20	37	7,66	7,86	<0,02	5,22
	CGS-3	20	37	7,53	7,66	<0,02	0,97
16/06/2015	VVS-1	20	37	7,59	7,91	<0,02	0,43
	VVS-2	20	37	7,46	7,8	<0,02	0,30
	VVS-3	20	37	7,54	7,86	<0,02	1,98
17/06/2015	PBS-1	20,7	35,2	7,1	7,89	<0,02	7,67
	PBS-2	20,3	35,18	7,3	7,96	<0,02	8,15
	PBS-3	20,4	35,2	7	7,84	<0,02	7,84
13/07/2015	CGS-1	20,8	35,7	-	8,11	<0,02	82,04
	CGS-2	21	35,7	-	7,96	<0,02	5,60
	CGS-3	21,1	35,7	-	7,78	<0,02	12,92
14/07/2015	VVS-1	21,2	35,6	-	7,89	<0,02	1,81
	VVS-2	21,1	35,2	-	7,82	<0,02	1,32
	VVS-3	21,1	35,4	-	7,92	<0,02	4,39

Parámetros control das mostrás de auga bioensaiadas

Data toma de mostrás	Mostra	T (°C)	S (ppt)	O ₂ (mg/L)	pH	S (ppt) correxida
26/06/2015	EM-CG fon	20,7	13,56	7,9	7,29	-
	EM-CG medio	20,7	34,09	7,4	7,98	-
	EM-CG sup	20,7	34,89	7,4	7,95	-
13/07/2015	EM-CG t1	20,6	6,2	-	7,84	-
	EM-CG t2	19,5	7,11	-	7,75	-
	EM-CG t3	19,9	8,47	-	7,75	-
	t1 dil 1/2	19,4	20,28	-	-	31,8
	t2 dil 1/2	18,9	20,77	-	-	31,8
	t3 dil 1/2	18,8	21,5	-	-	31,7
	t1 dil 1/4	19,6	27,2	-	-	31,6
	t2 dil 1/4	19,4	27,2	-	-	31,7
	t3 dil 1/4	19,4	27,3	-	-	31,7
	t1 dil 1/10	20	32,2	-	-	-
	t2 dil 1/10	19,7	31,8	-	-	-
	t3 dil 1/10	19,7	32,1	-	-	-
	t1 dil 1/30	19,8	33,9	-	-	-
	t2 dil 1/30	19,6	33,7	-	-	-
	t3 dil 1/30	19,5	34,2	-	-	-
	t1 dil 1/100	20,1	34,6	-	-	-
	t2 dil 1/100	20,1	34,5	-	-	-
	t3 dil 1/100	20,1	34	-	-	-

13/10/2015	CG4 EDAR RIBADUMIA	19,8	0,06	x	7,27	x
	dil 1/3	20	23,4	7,5	8,06	31,7
	dil 1/10	20	32,3	7,7	8,03	x
	dil 1/30	20	34,6	7,2	8,17	x
	dil 1/100	19,9	35,3	7,3	8,16	x
14/10/2015	CG5 EDAR DENA-GROVE	18,3	0,9	8,2	7,09	x
	dil 1/3	20,5	23,4	x	7,72	32
	dil 1/10	20	31,8	x	7,96	x
	dil 1/30	20,5	34,7	x	7,98	x
	dil 1/100	20,4	35,4	x	7,94	x