CONFERENCIA FINAL BlueWWater
6 nov 2026, CETMAR, Vigo

Modelación hidrodinámica y ecológica del bajo estuario del Miño considerando transportes y efectos de contaminantes y alteraciones climáticas

U.PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

ciimar

LOAI
LAND-OCEAN-ATMOSPHERE INTERACTIONS

MEMO
MARINE ECOSYSTEM MODELLING TEAM

Interreg
España – Portugal

Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia

blue wwater

CONFERENCIA FINAL BlueWWater
6 nov 2026, CETMAR, Vigo

Modelación hidrodinámica y ecológica del bajo estuario del Miño considerando transportes y efectos de contaminantes y alteraciones climáticas

Isabel Iglesias, Alizee de Groodt, Diego del Oro Alcalde, Ana Bio, Luis R. Vieira

U.PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

ciimar

LOAI
LAND-OCEAN-ATMOSPHERE INTERACTIONS

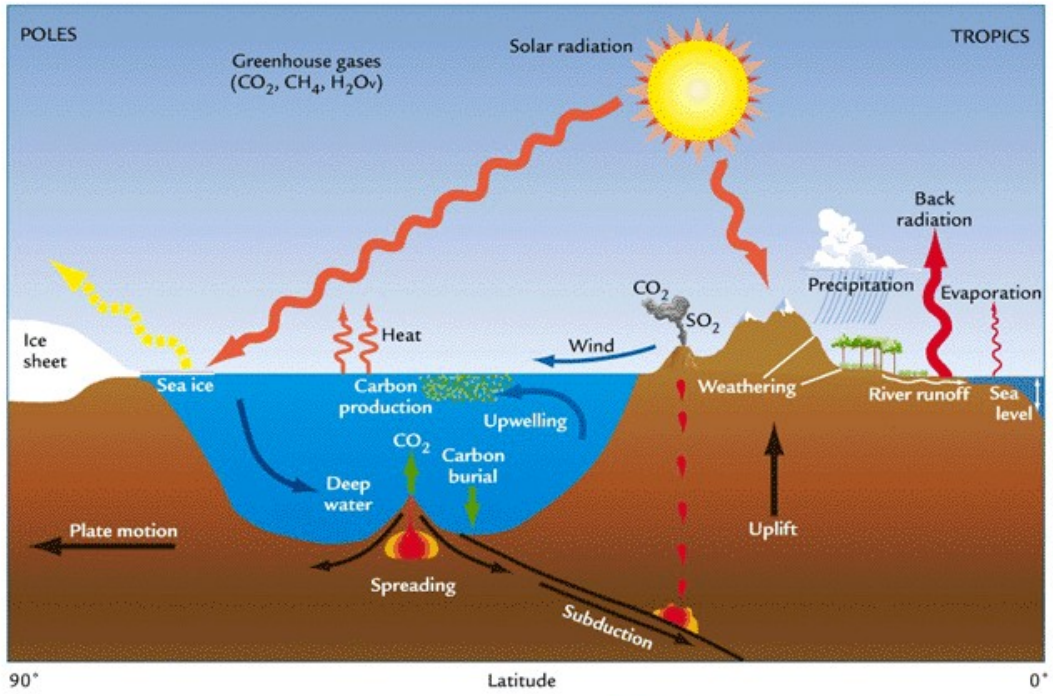
Interreg
España – Portugal

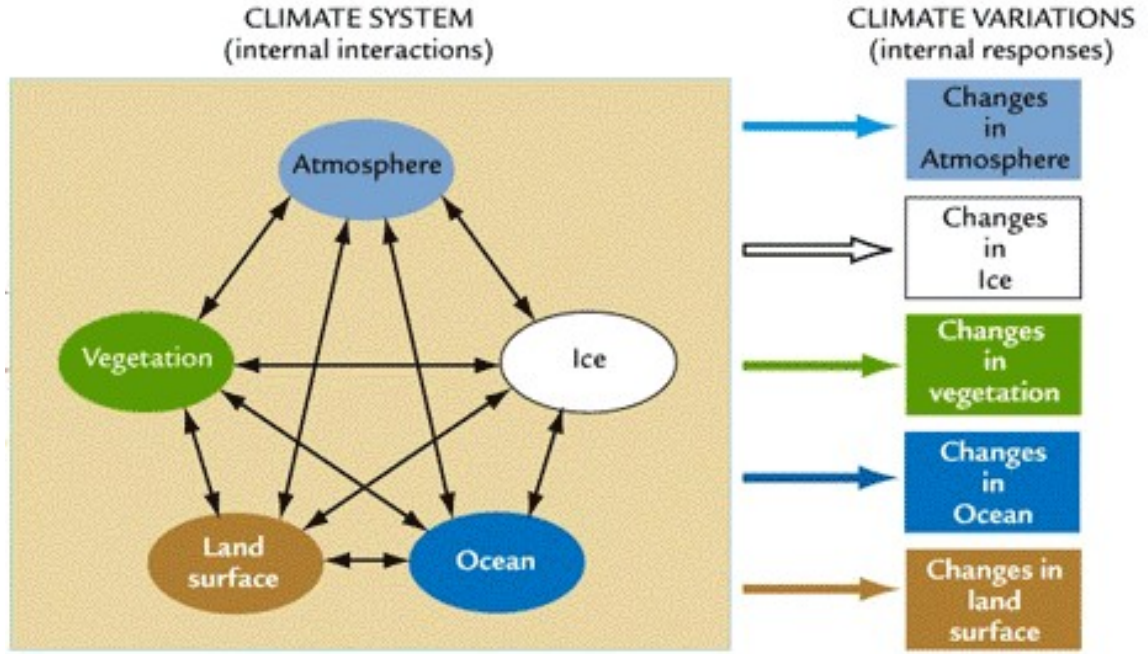
Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia

blue wwater

Modelos Numéricos: ¿Que son?

- Simuladores del sistema terrestre.
- Resuelven las ecuaciones que rigen las leyes y principios asociados a los procesos entre los diferentes componentes del sistema climático, así como los intercambios de energía y masa

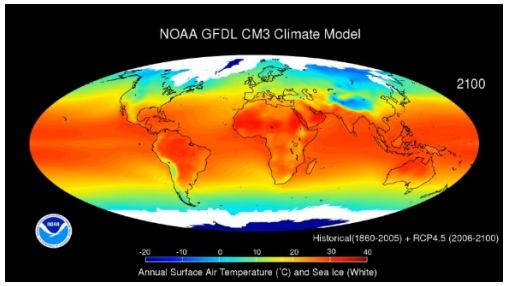


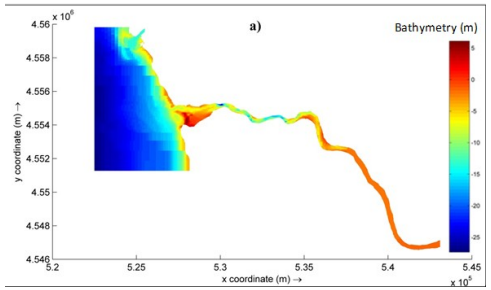


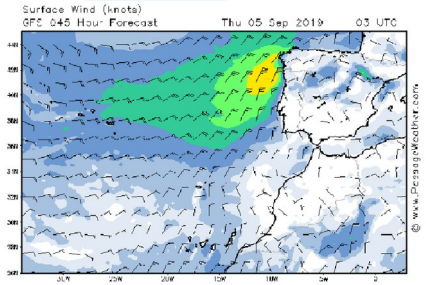
Interreg
España – Portugal
Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia
blue water

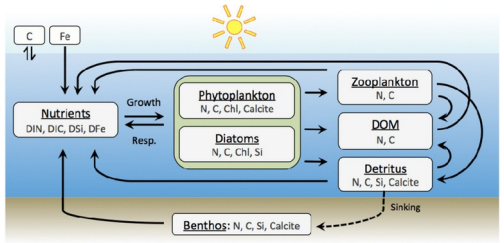
Modelos Numéricos: ¿Que son?

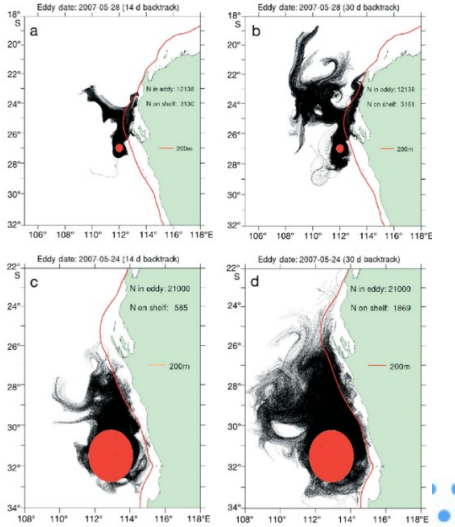
- Dependiendo de los procesos simulados y del componente del sistema climático que queramos investigar, podemos tener diferentes modelos numéricos:
  - Meteorológicos
  - Climatológicos
  - Oceánicos
  - Estuarinos
  - Geológicos
  - Biogeoquímicos
  - …





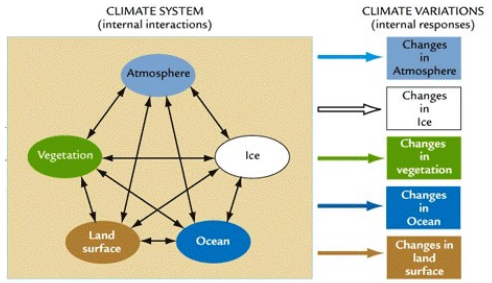






Si aumentamos el numero de interacciones

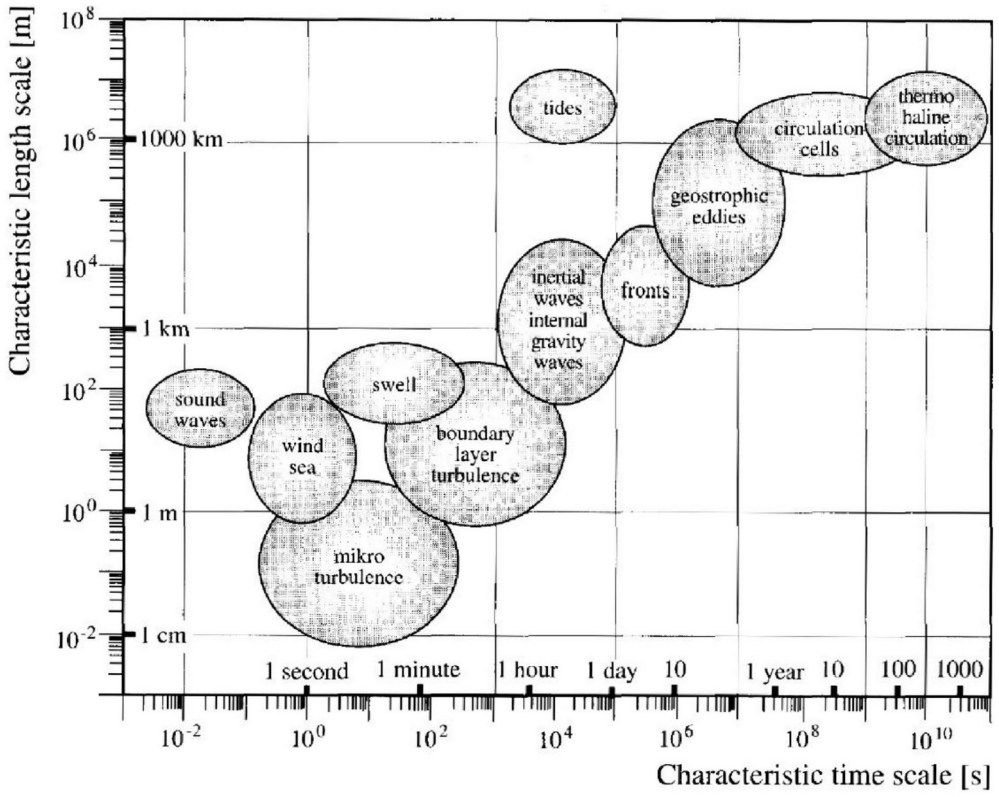
Aumentamos la complejidad del modelo



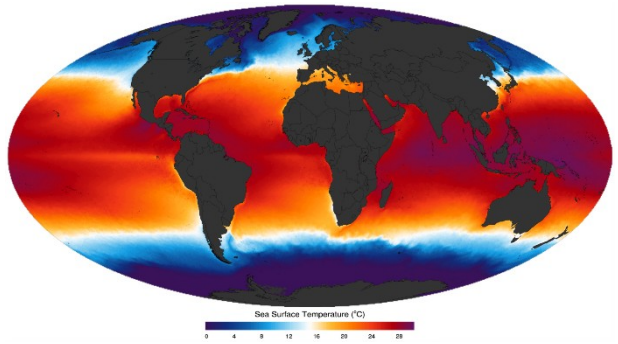
Interreg
España – Portugal
Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia
blue water

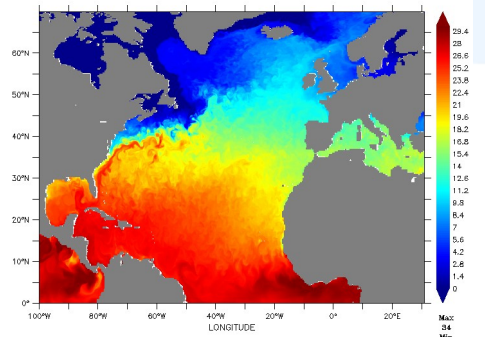
Modelos Numéricos: ¿Que son?

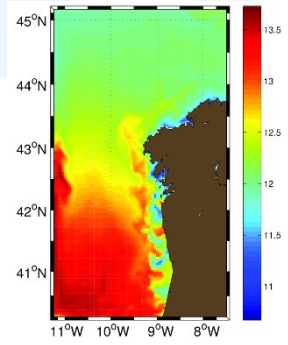
- La resolución temporal y espacial define el problema que queremos resolver

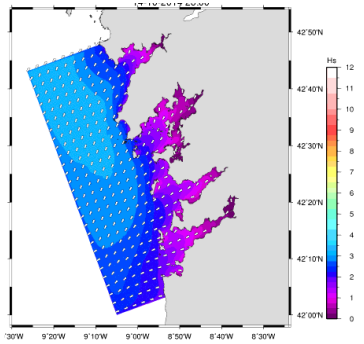


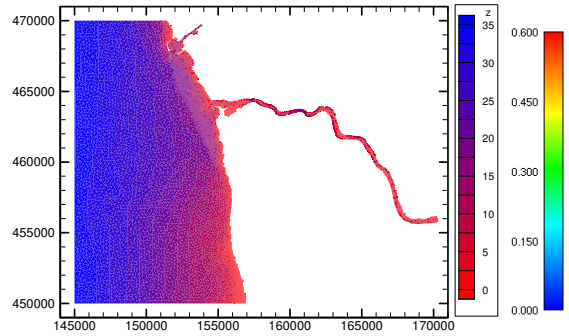
Burchard (2002)

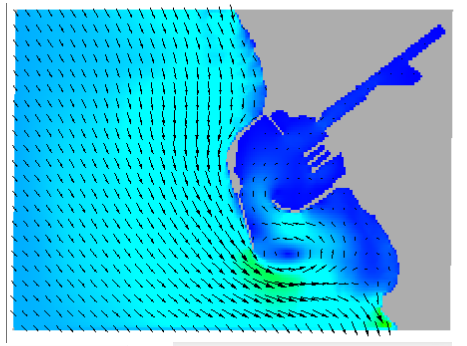


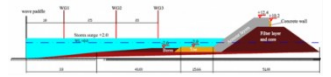


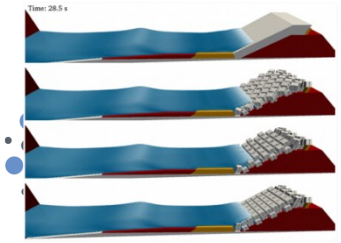


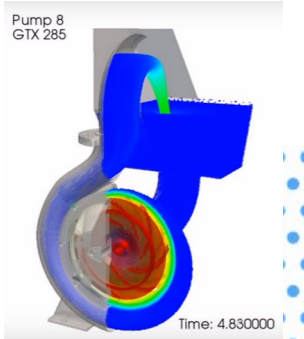








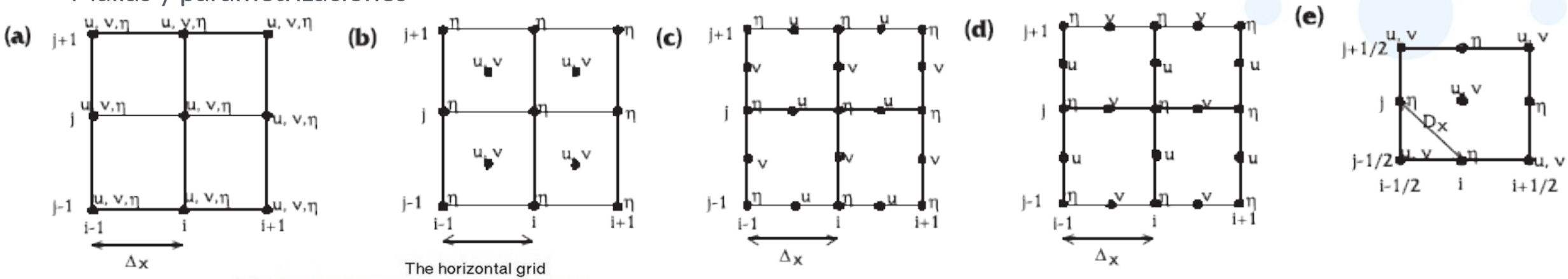


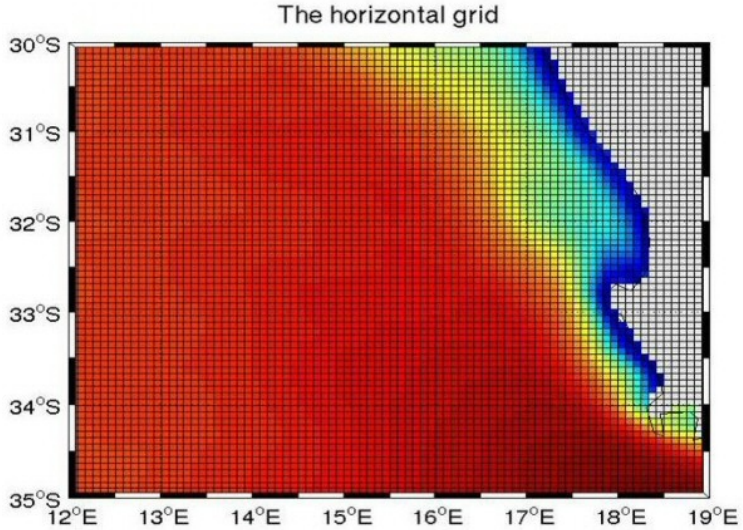


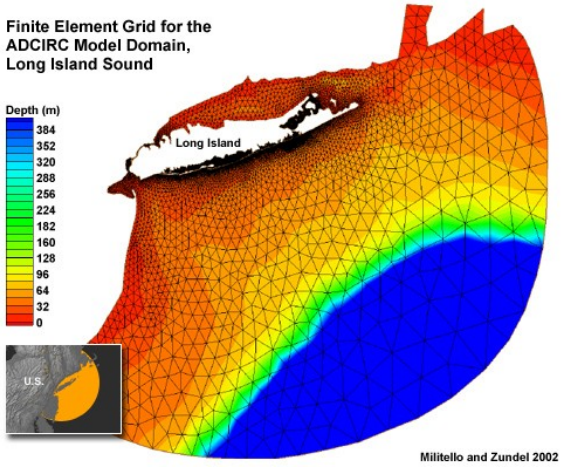
Interreg
España – Portugal
Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia

Modelos Numéricos: ¿Que son?

- Mallas y parametrizaciones



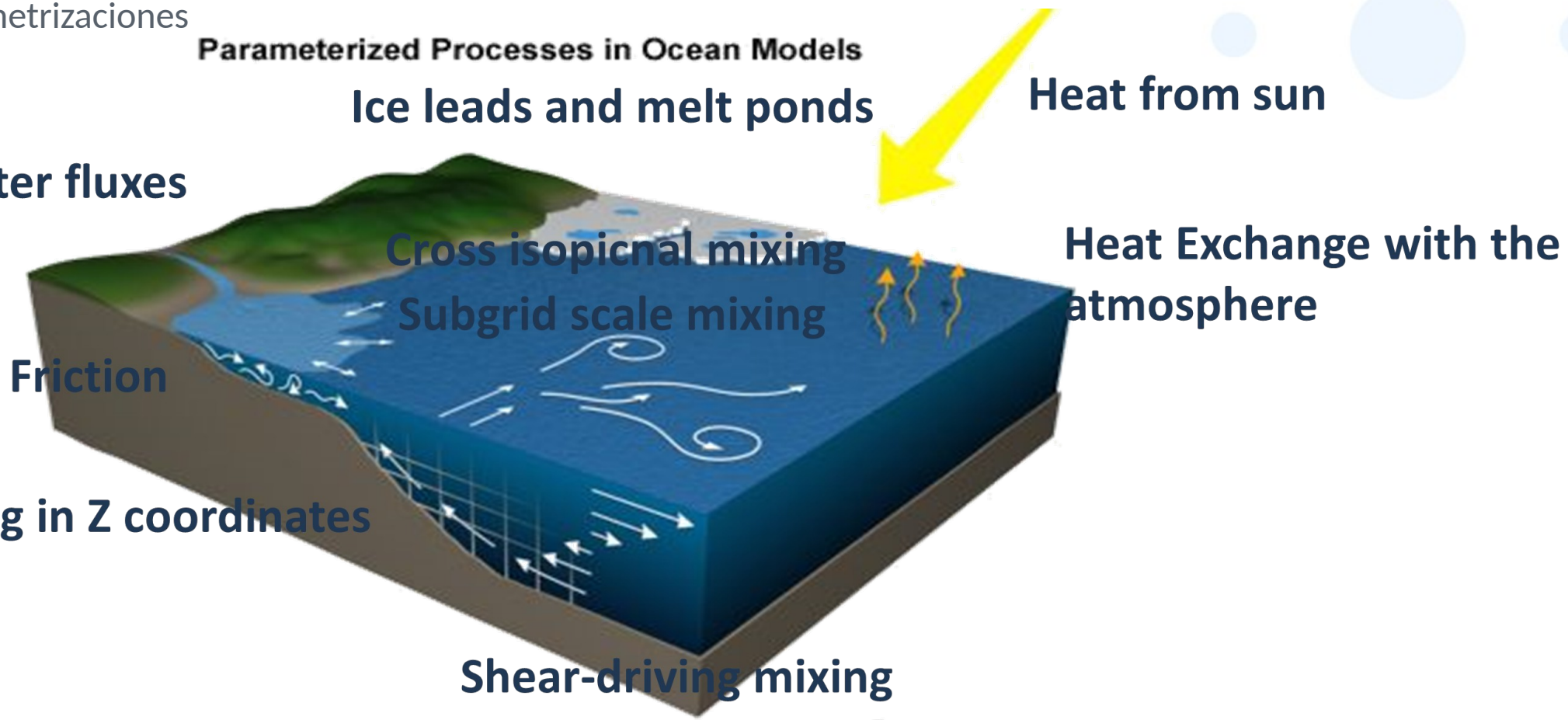




Interreg
España – Portugal
Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia
blue water

Modelos Numéricos: ¿Que son?

- Mallas y parametrizaciones



Interreg
España – Portugal
Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia
blue water

Modelos Numéricos: BlueWWater

- **Objetivo:** Implementación de modelos numéricos hidrodinámicos y lagrangianos que nos permitan representar el transporte de contaminantes y microplásticos
- **Modelos escogidos**: OpenTELEMAC-MASCARET (Hidrodinámico 2DH) y OpenDrift (De partículas)
- **Zona de implementación**: Estuario del Miño
- **Escenarios**: Alto (extremo ~3000 m^3/s), medio (invierno ~1000 m^3/s) y bajo (verano ~100 m^3/s) caudal con mareas reales (vivas/muertas - alta/baja)
- **Duración simulación**: 30 h
- **Partículas liberadas:** 3000
- **Microplasticos**: Polietileno – Flota
- **Fuente de microplasticos:** ETAR de Caminha





Interreg
España – Portugal
Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia
blue wwater

Campañas: BlueWWater

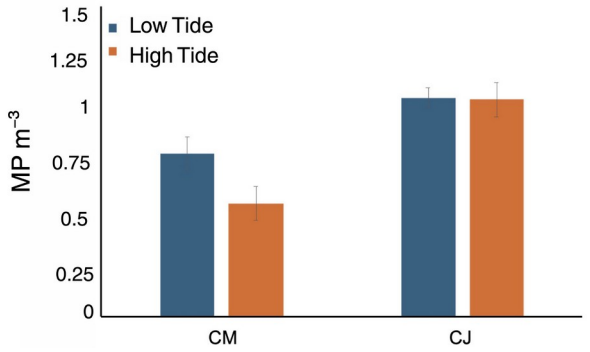
- Pero antes de modelar tenemos que asegurarnos que hay microplásticos!

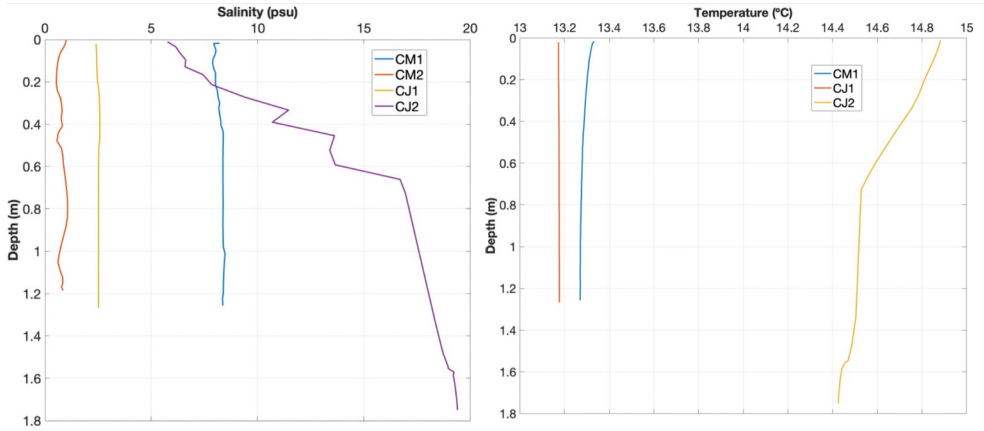


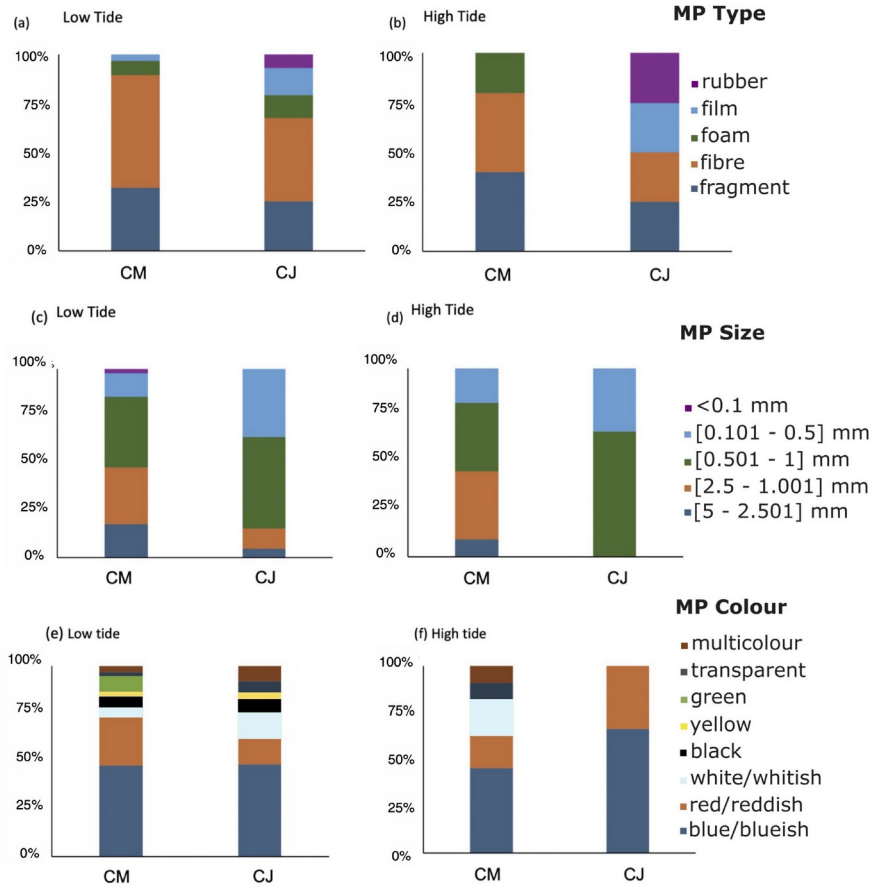
Campañas: BlueWWater

- Pero antes de modelar tenemos que asegurarnos que hay microplásticos!





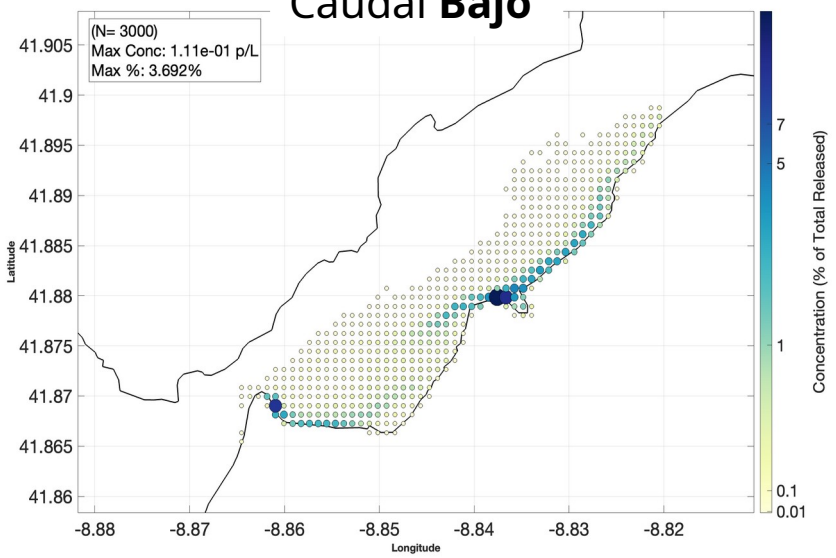




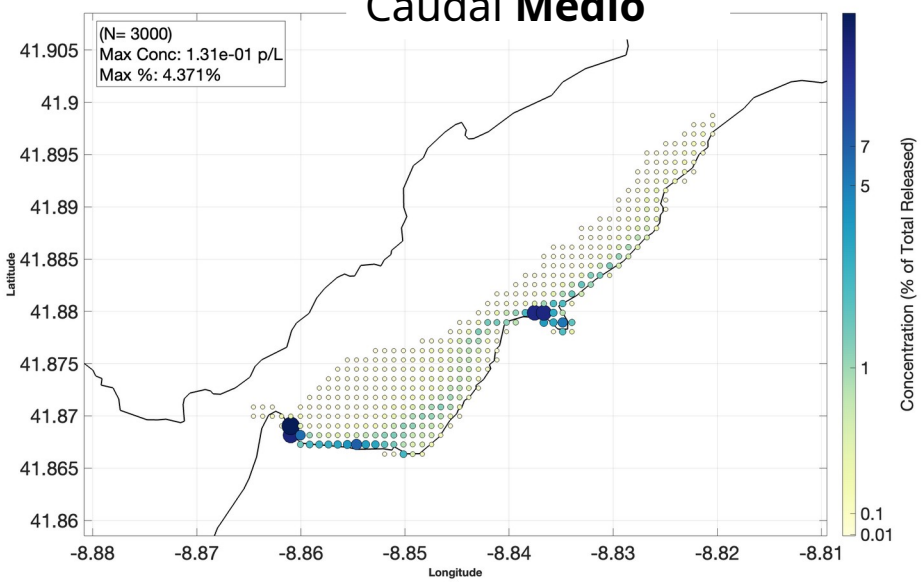
Interreg
España – Portugal
Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia
blue water

Resultados modelos – 2DH

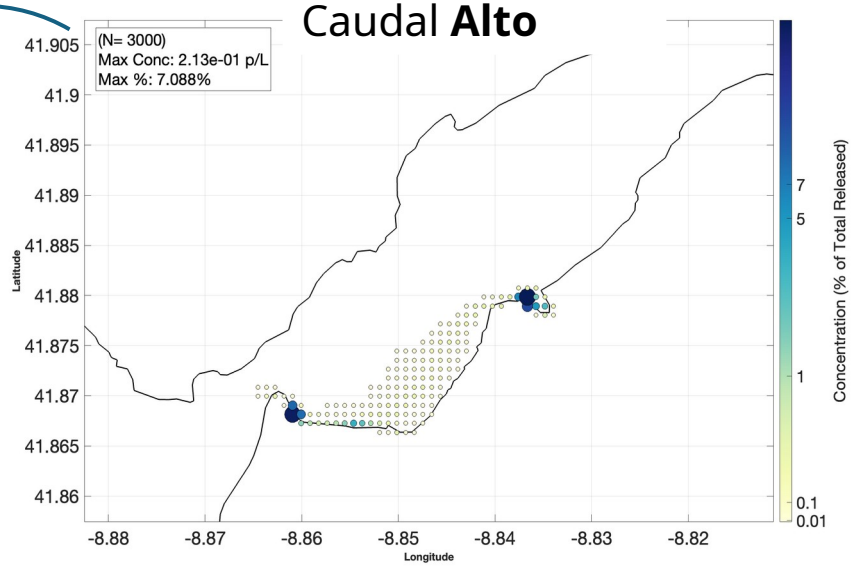
Caudal **Bajo**



Caudal **Medio**



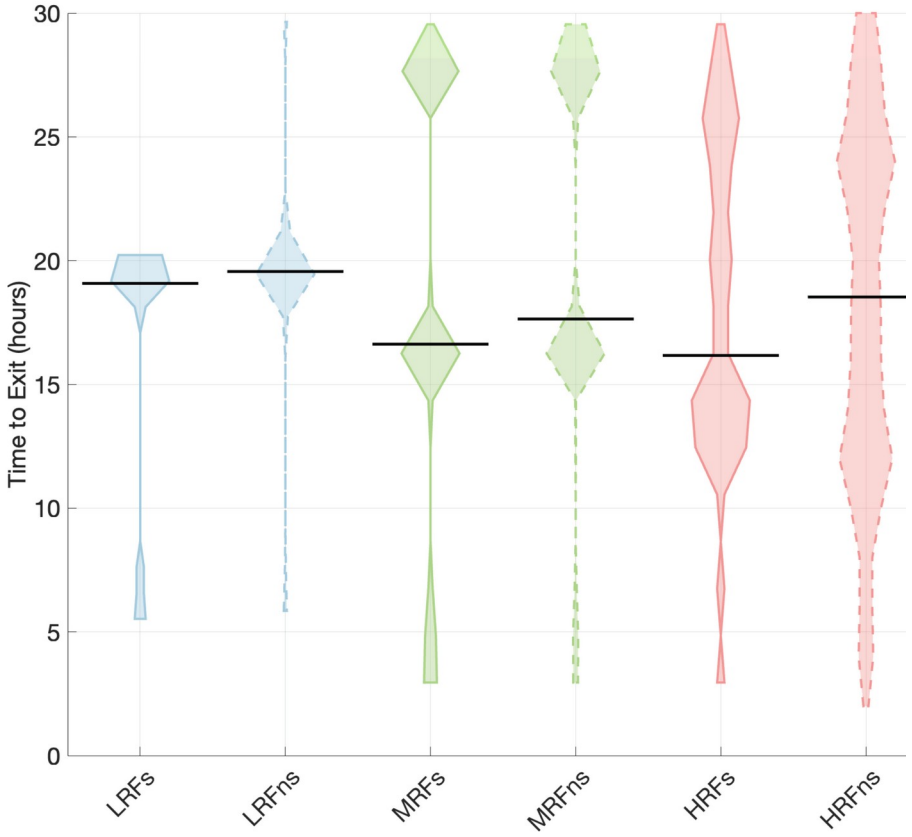
Caudal **Alto**



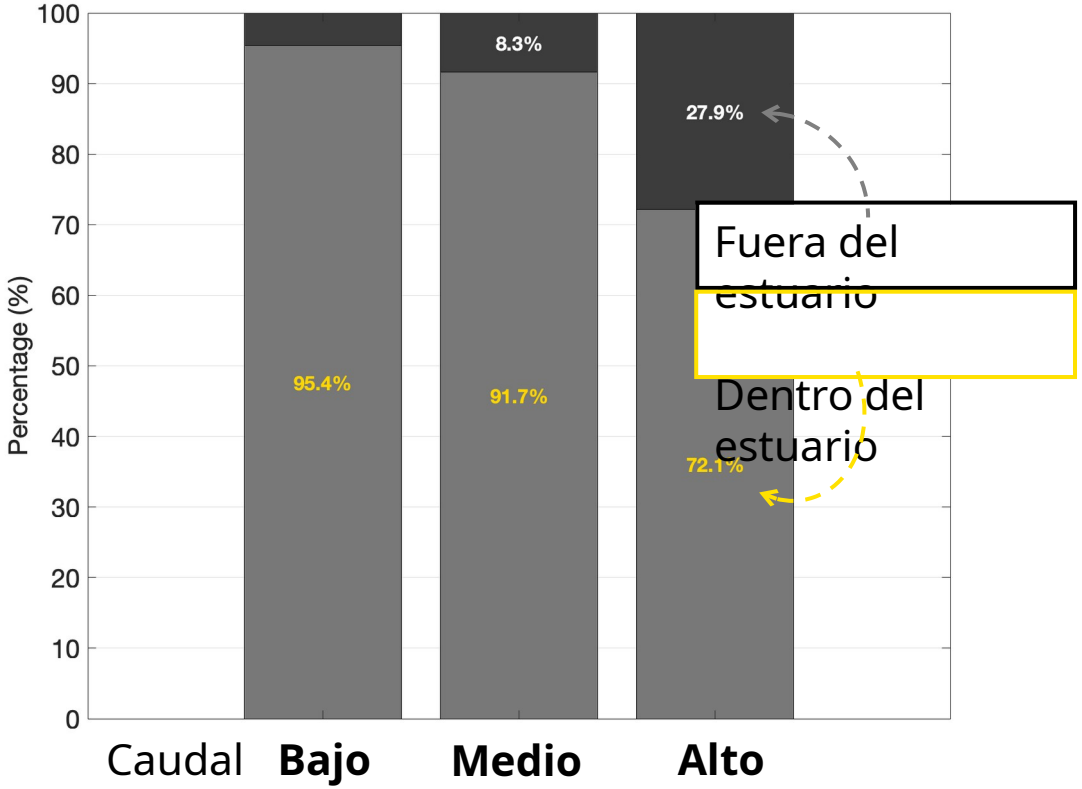
Concentraciones máximas 0.21 MPs/L

Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia

Resultados modelos – 2DH







Interreg
España – Portugal
Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia
blue water

Resultados modelos – 2DH

Caudal **Bajo y Medio:**

- Dispersión generalizada de MPs
- Tiempos de residencia prolongados
- Aumento del riesgo de contaminación

Caudal **Alto:**

- ++ Más descarga de MPs fuera del Estuario
- → pero concentraciones más altas en puntos localizados

Batimetría y corriente de marea controlan la **retención de los MPs**

Zonas de acumulación consistentes independientemente de las condiciones hidrológicas del estuario

Concentraciones bajas,
pero → acumulada a lo largo de los años
= aumento del **riesgo de impacto de los MPs en los organismos**

➢ **Limites:**

- Solo 1 tipo de plástico
- Partículas flotantes
- Sin procesos biológicos
- Cobertura temporal corta
- Una única fuente (contaminación real dispersa)

➢ El reto: desarrollar y adaptar colaborativamente **estrategias** para **proteger las masas de água estuarinas** del Minho y otros entornos marinos

Interreg
España – Portugal
Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia
blue water

Resultados modelos – 2DH

frontiers in Marine Science

TYPE Original Research
PUBLISHED xx xx 2026
DOI

Check for updates

OPEN ACCESS

EDITED BY
Dongfeng Xie,
Zhejiang Institute of Hydraulics & Estuary, China

REVIEWED BY
Borja Aguiar-González,
University of Las Palmas de Gran Canaria, Spain
Jibiao Zhang,
Guangdong Ocean University, China

*CORRESPONDENCE
Alize´e De Groodt
agroodt@ciimar.up.pt

RECEIVED 28 January 2026
REVISED 23 February 2026
ACCEPTED 25 February 2026
PUBLISHED xx xx 2026

CITATION
De Groodt A, Vieira LR, Amorim FN, Bio A, Santos M, and Iglesias I (2026) Exposing estuarine regions as microplastic traps: modeling transport pathways and accumulation hotspots in the Minho Estuary (Portugal-Spain). *Front. Mar. Sci.* 13:1798554.
doi:

COPYRIGHT
© 2026 De Groodt, Vieira, Amorim, Bio, Santos and Iglesias. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution, or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

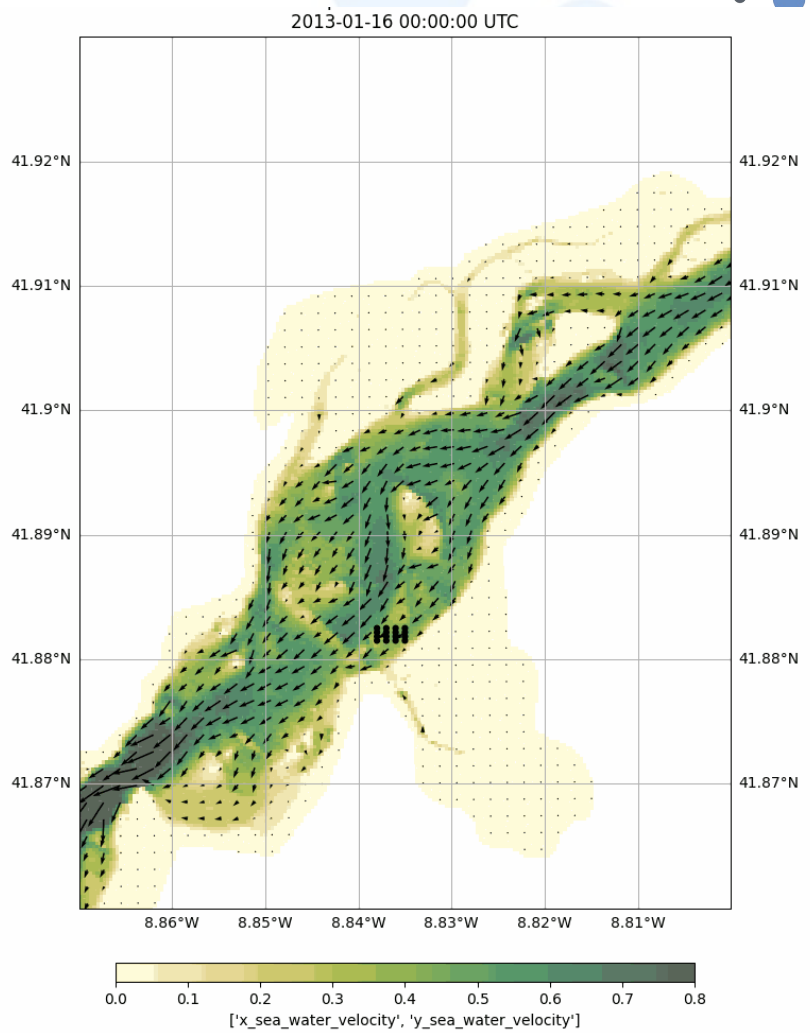
Exposing estuarine regions as microplastic traps: modeling transport pathways and accumulation hotspots in the Minho Estuary (Portugal-Spain)

Alizée De Groodt[1]*, Luis R. Vieira[1], Fabiola N. Amorim[1], Ana Bio[1], Miguel Santos[1,2] and Isabel Iglesias[1]

[1]Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research (CIIMAR), University of Porto, Matosinhos, Portugal, [2]Faculty of Sciences (FCUP), University of Porto, Porto, Portugal

The ubiquitous presence of microplastics (MPs) in the marine environment has become an increasingly evident crisis. Yet, fundamental questions regarding their origin, transport pathways, and fate remain largely unanswered, particularly in estuaries. While international policy frameworks to reduce plastic pollution at their source are negotiated, targeted interventions are critically needed to prevent MPs from entering the ocean. Wastewater treatment plants (WWTPs) serve as essential infrastructures for improving freshwater quality; however, their efficiency in removing MPs is limited. Many WWTPs discharge their effluents into freshwater tributaries, making estuaries important sinks of MPs' pollution, but the MPs' dynamics in these systems remain poorly investigated and highly depend on the type of estuary. This study evaluates how varying river discharges and tidal conditions influence the spatial distribution, transport mechanisms, and retention of MPs in estuarine environments. Integrating field observations with a Lagrangian particle tracking model coupled to a depth-averaged 2DH hydrodynamic model, the Minho Estuary (Portugal) is used as a case study to observe how contrasting hydrodynamic conditions affected the dynamics of MPs. The numerical models explicitly resolved the distribution of MPs across the lower estuary, revealing key mechanisms controlling MPs' transport, determining whether the estuary functions as source or sink, and identifying concentration hotspots persistent across all conditions. While the study provides further evidence of the extensive presence of MPs in these systems, the findings demonstrate that turning this environmental crisis into targeted solutions represents scalable intervention strategies with direct, meaningful impacts o n the reduction of marine MPs in the environment.

KEYWORDS
hydrodynamics, microplastic pollution, Minho Estuary, particle tracking modeling, sampling campaigns, wastewater treatment plant



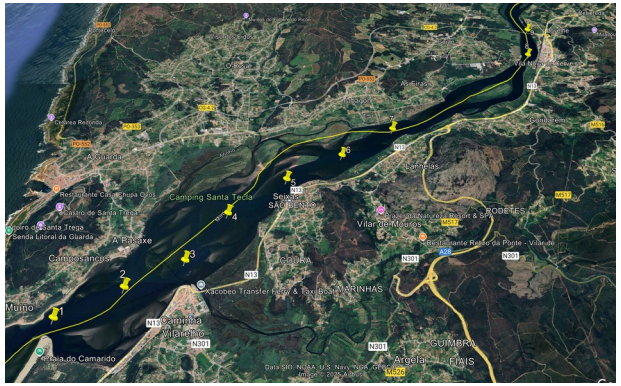
Interreg
España – Portugal

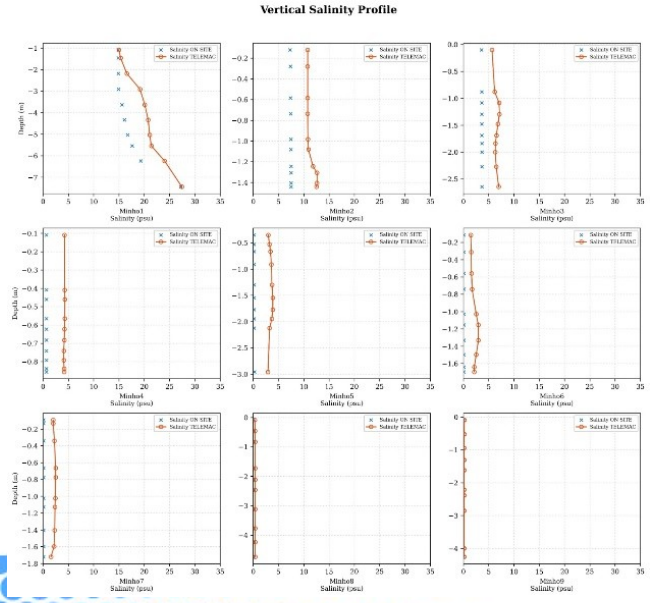
Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia

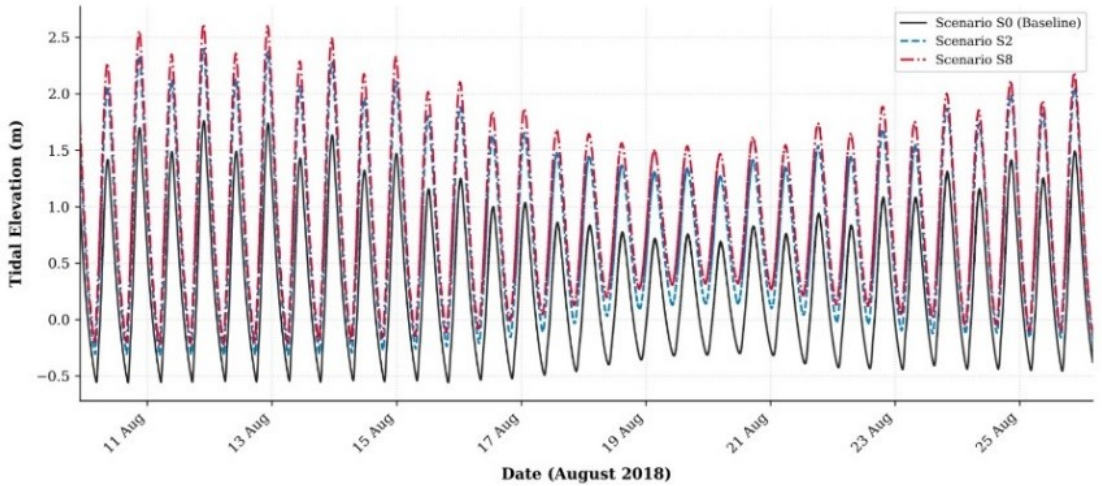
blue water

Resultados modelos – 3D

- **Mejoras en el modelo hidrodinámico:**
  - Modelo calibrado y validado para **simulaciones 3D**
  - 15 días de simulación, 57 000 partículas liberadas
  - Realizadas simulaciones para diversos escenarios de **cambio climático**
    - Condiciones de verano actuales
    - SSP2 - 4.5: + 0.59 m
    - SSP5 - 8.5: + 0.79 m







Interreg
España – Portugal
Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia
blue water

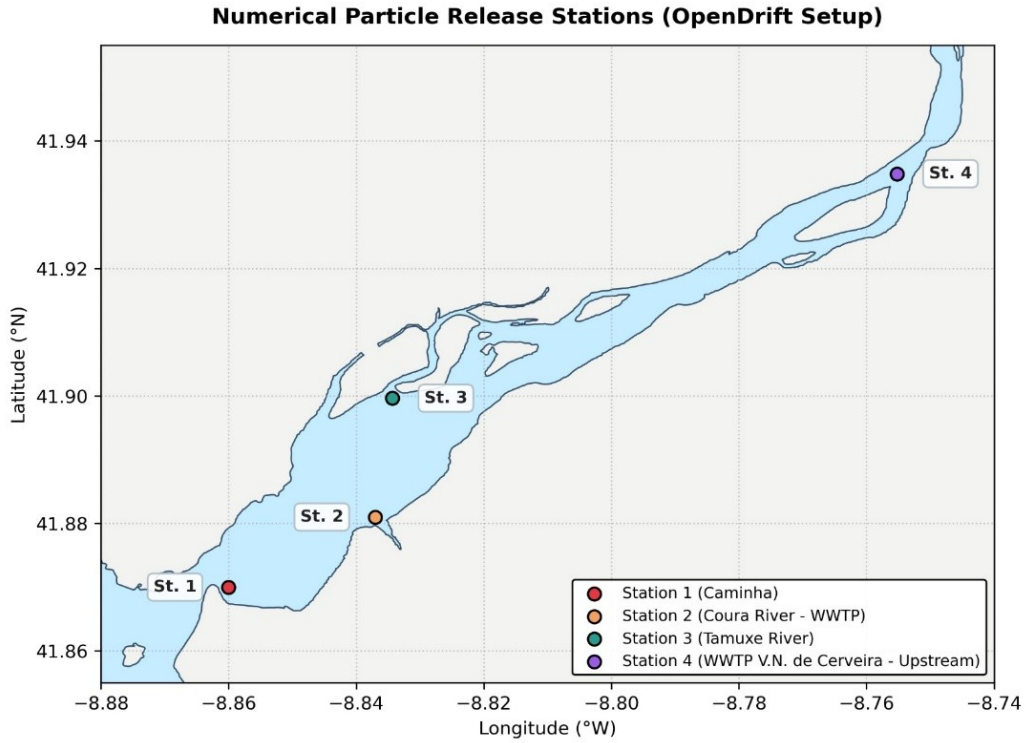
Resultados modelos – 3D

- **Mejoras en el modelo lagrangiano:**
  - Considerados **mas fuentes** (otras EDARs), en el bajo estuario
- **Distintas tipologías (densidades) de MP**:
  - Policloruro de Vinilo (PVC) – Se hunde
  - Polietileno (PE) - Flota
  - Poliéster (PET / PES) – Se hunde







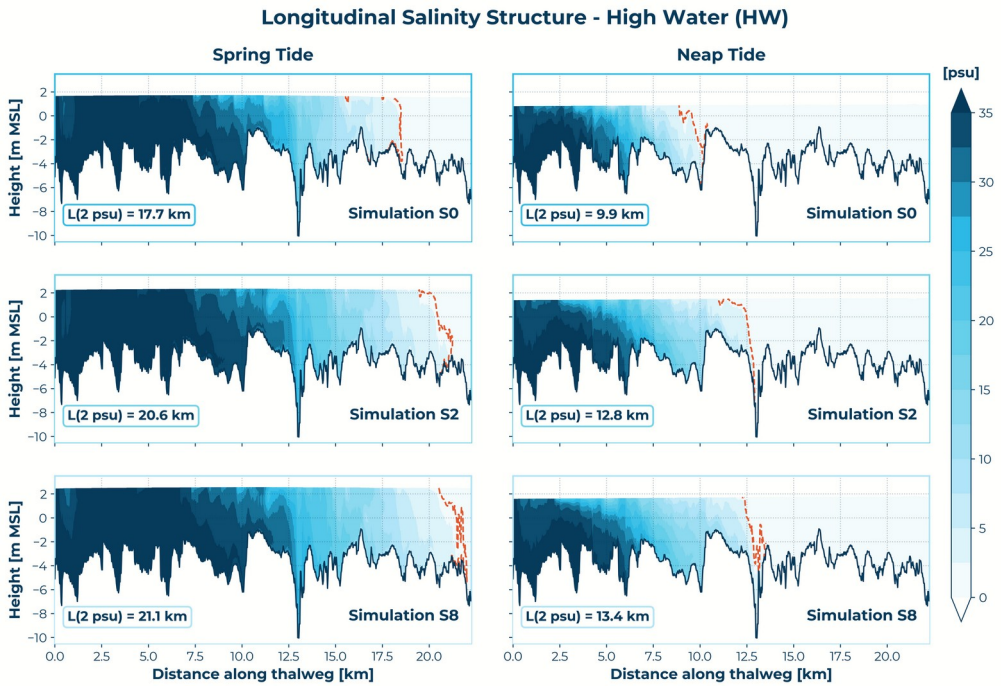


Interreg
España – Portugal
Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia
blue water

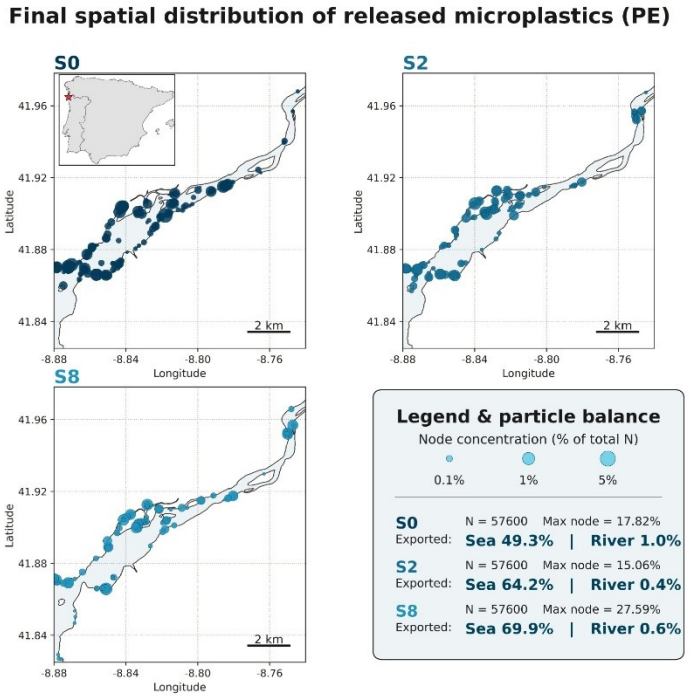
Resultados modelos – 3D

- **Nuevos resultados que confirman lo que ya fue demostrado pero muestran otras dinámicas:**

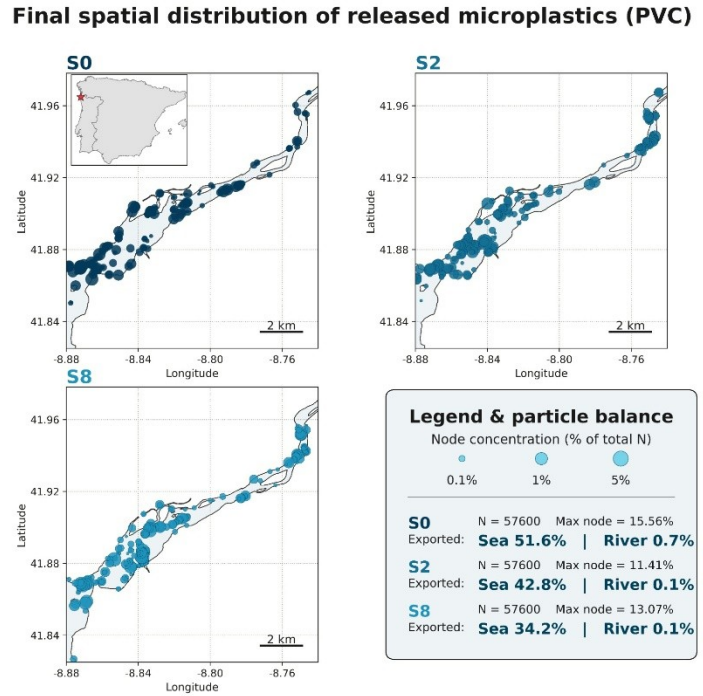
+ 3.5 km: S8 extiende la máxima intrusión salina en comparación con las condiciones actuales



Polietileno (PE) - Flota



Policloruro de Vinilo (PVC) – Se hunde

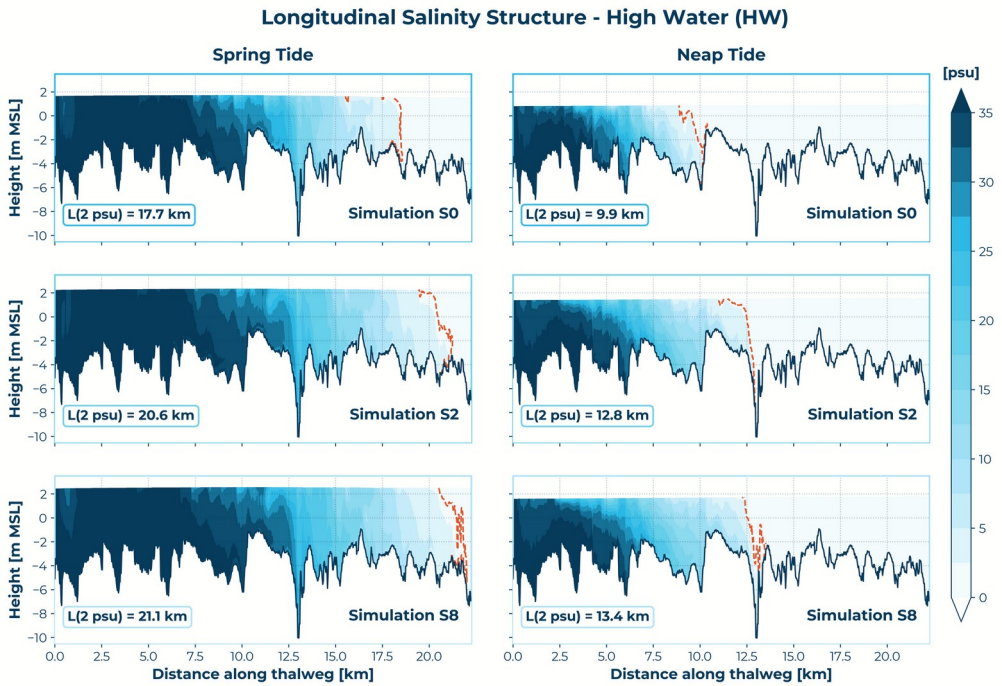


Interreg
España – Portugal
Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia

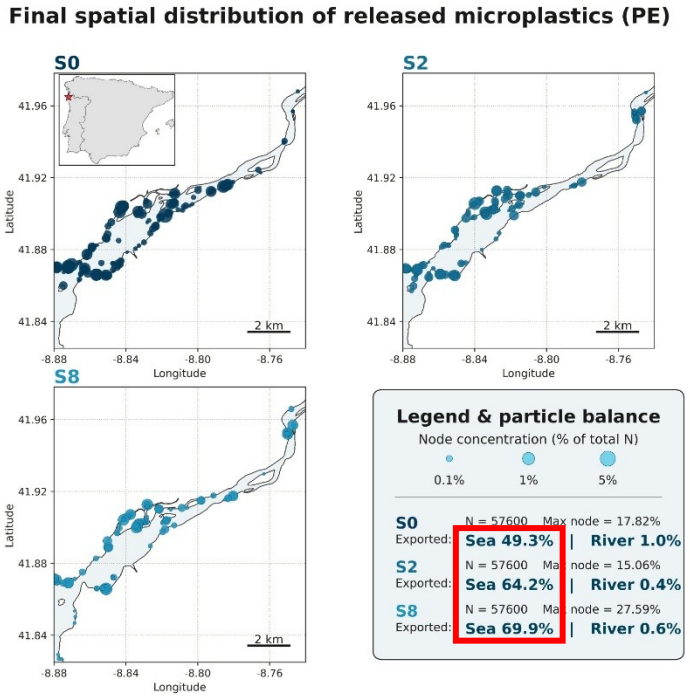
Resultados modelos – 3D

- Nuevos resultados que confirman lo que ya fue demostrado pero muestran otras dinámicas:

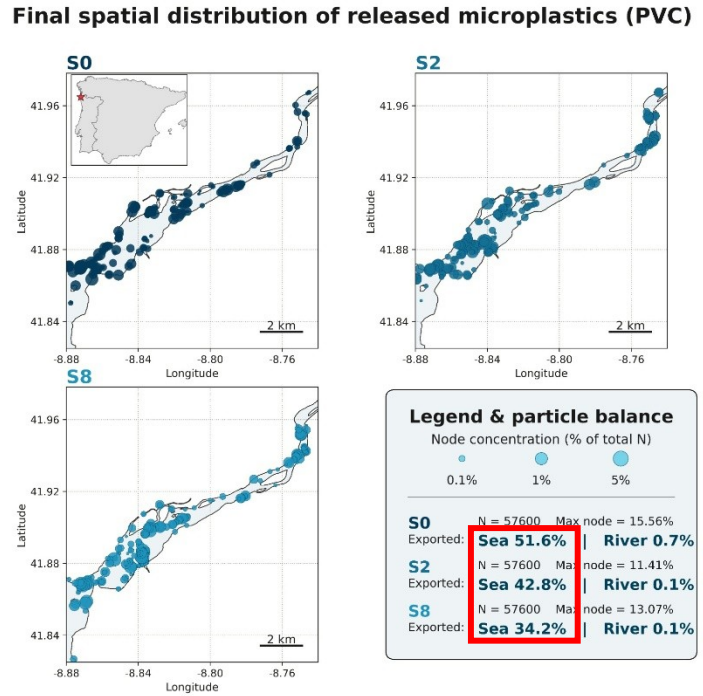
+ 3.5 km: S8 extiende la máxima intrusión salina en comparación con las condiciones actuales



Polietileno (PE) - Flota



Policloruro de Vinilo (PVC) – Se hunde

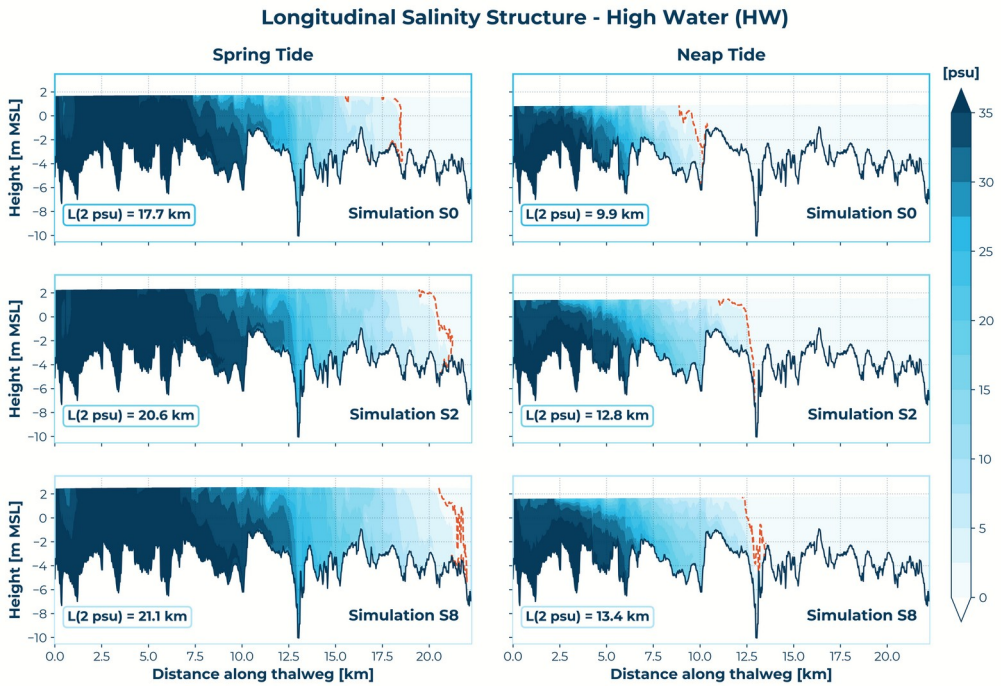


Interreg
España – Portugal
Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia

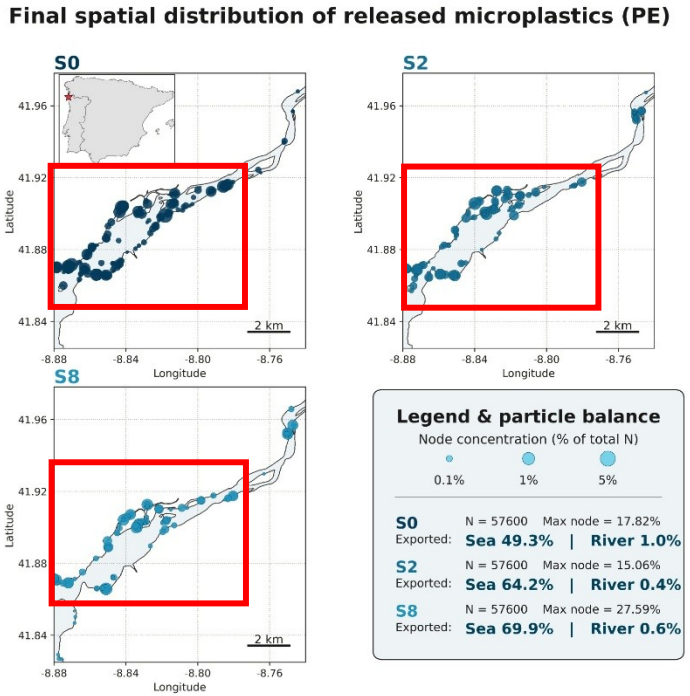
Resultados modelos – 3D

- **Nuevos resultados que confirman lo que ya fue demostrado pero muestran otras dinámicas:**

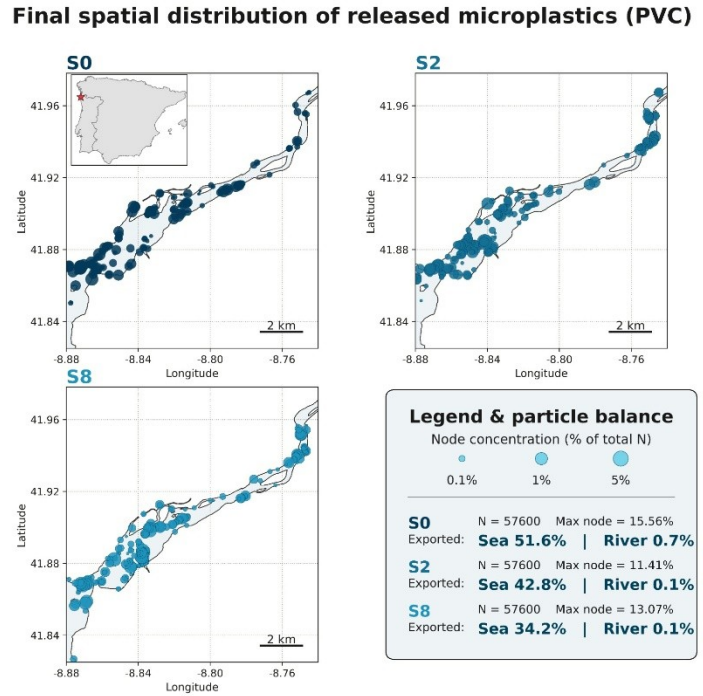
+ 3.5 km: S8 extiende la máxima intrusión salina en comparación con las condiciones actuales



Polietileno (PE) - Flota



Policloruro de Vinilo (PVC) – Se hunde

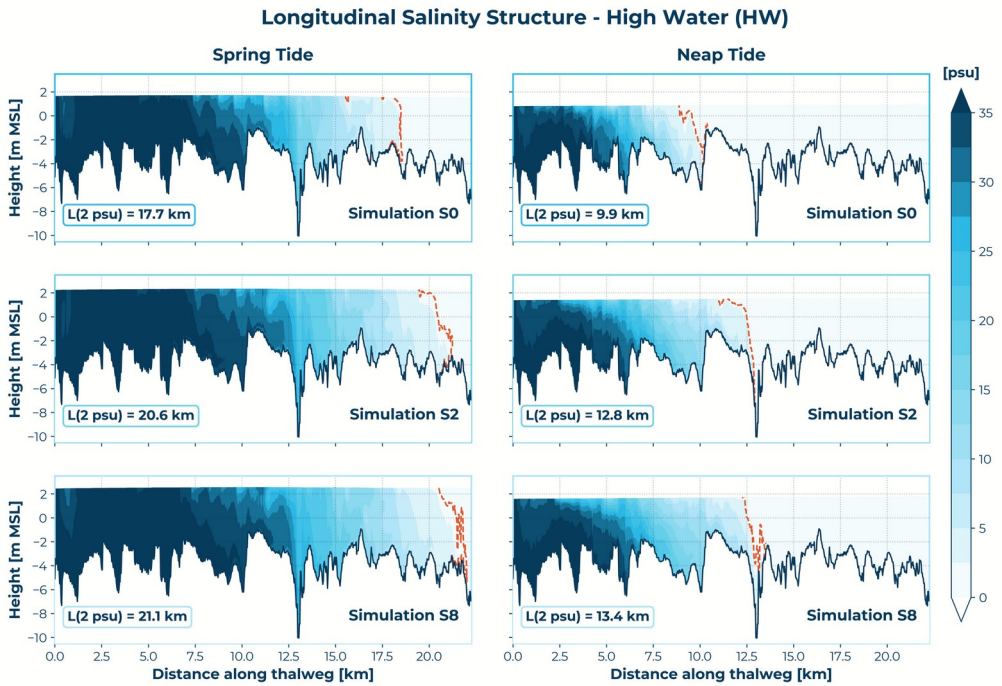


Interreg
España – Portugal
Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia

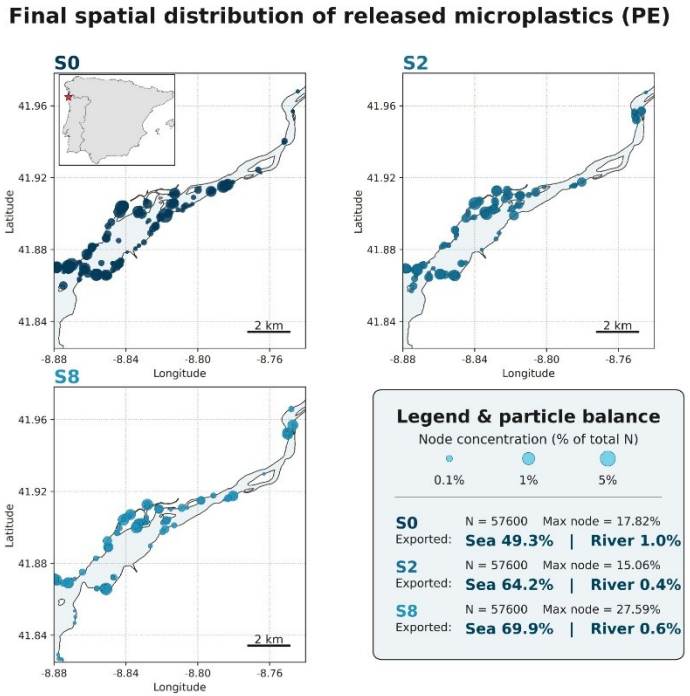
Resultados modelos – 3D

- **Nuevos resultados que confirman lo que ya fue demostrado pero muestran otras dinámicas:**

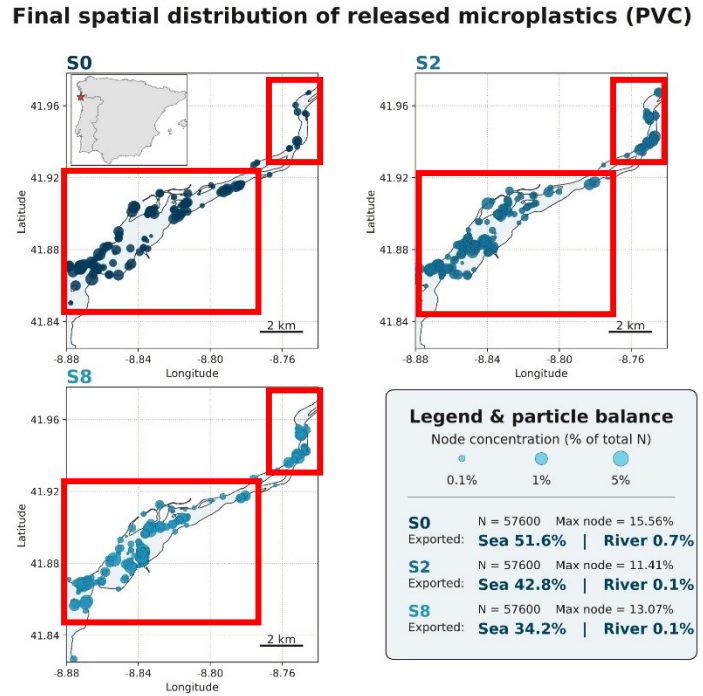
+ 3.5 km: S8 extiende la máxima intrusión salina en comparación con las condiciones actuales



Polietileno (PE) - Flota



Policloruro de Vinilo (PVC) – Se hunde



Interreg
España – Portugal
Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia

Conclusiones

- Los modelos numéricos son **herramientas clave** para representar las trayectorias actuales y futuras de los microplásticos en las regiones estuarinas.
- Las **campañas** de muestreo y los análisis locales siguen siendo necesarios para el estudio individualizado y para la calibración y validación de los modelos.
- No es posible extrapolar los resultados de una región estuarina a otra: es necesario implementar **modelos específicos** en cada una de las regiones de estudio.
- El estuario del Miño actúa principalmente como **sumidero**, sobre todo en condiciones de bajo caudal, aunque este comportamiento es altamente variable.
- Una vez en el agua, es casi imposible retener los microplasticos, por lo que estas partículas deberían **detenerse en la fuente** mediante tecnologías y soluciones diseñadas específicamente.
- Sin embargo, la solución principal para evitar la entrada de microplásticos en los sistemas acuáticos es promover la **participación comunitaria**, sensibilizando a la población y reforzando el compromiso con comportamientos ambientalmente responsables.

Interreg
España – Portugal
Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia
blue water

CONFERENCIA FINAL BlueWWater
6 nov 2026, CETMAR, Vigo

Modelación hidrodinámica y ecológica del bajo estuario del Miño considerando transportes y efectos de contaminantes y alteraciones climáticas

Irene Martins

Alexandra Guerra – Alexandre Moreira – Alessia Russo

ciimar

MEMO
MARINE ECOSYSTEM MODELLING TEAM

Interreg
España – Portugal

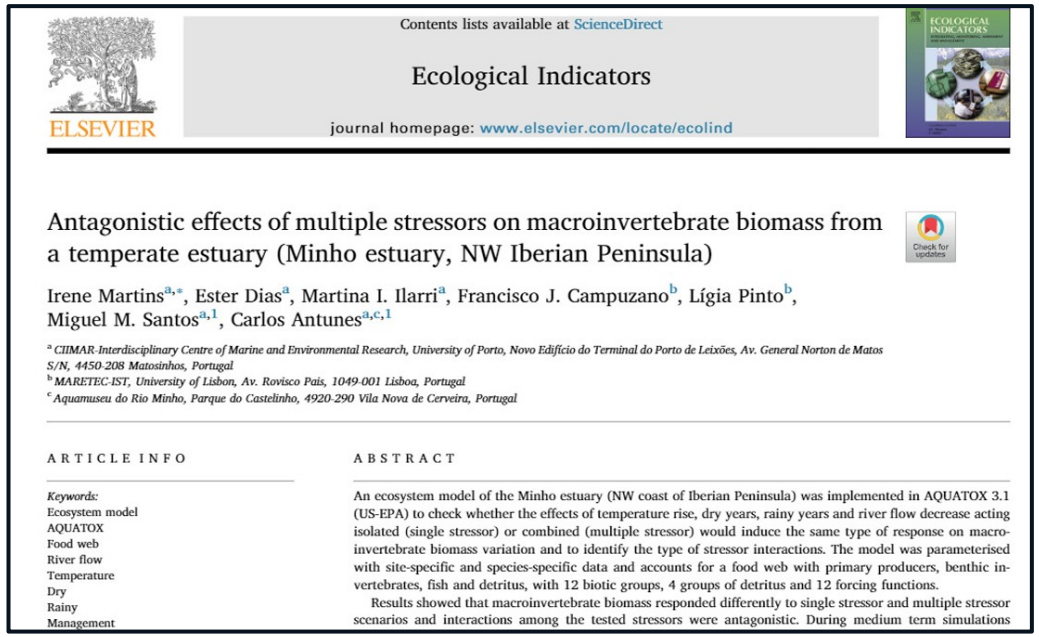
Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia

blue wwater

Modelos Ecológicos

MODELO BASE

Partimos del modelo de red trófica del ecosistema del estuario del Miño (AQUATOX), previamente calibrado y validado.



Contents lists available at ScienceDirect

Ecological Indicators

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolind

Antagonistic effects of multiple stressors on macroinvertebrate biomass from a temperate estuary (Minho estuary, NW Iberian Peninsula)

Irene Martins[a,*], Ester Dias[a], Martina I. Ilarri[a], Francisco J. Campuzano[b], Lígia Pinto[b], Miguel M. Santos[a,1], Carlos Antunes[a,c,1]

[a] CIIMAR-Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research, University of Porto, Novo Edifício do Terminal do Porto de Leixões, Av. General Norton de Matos S/N, 4450-208 Matosinhos, Portugal
[b] MARETEC-IST, University of Lisbon, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal
[c] Aquamuseu do Rio Minho, Parque do Castelinho, 4920-290 Vila Nova de Cerveira, Portugal

ARTICLE INFO

Keywords:
Ecosystem model
AQUATOX
Food web
River flow
Temperature
Dry
Rainy
Management

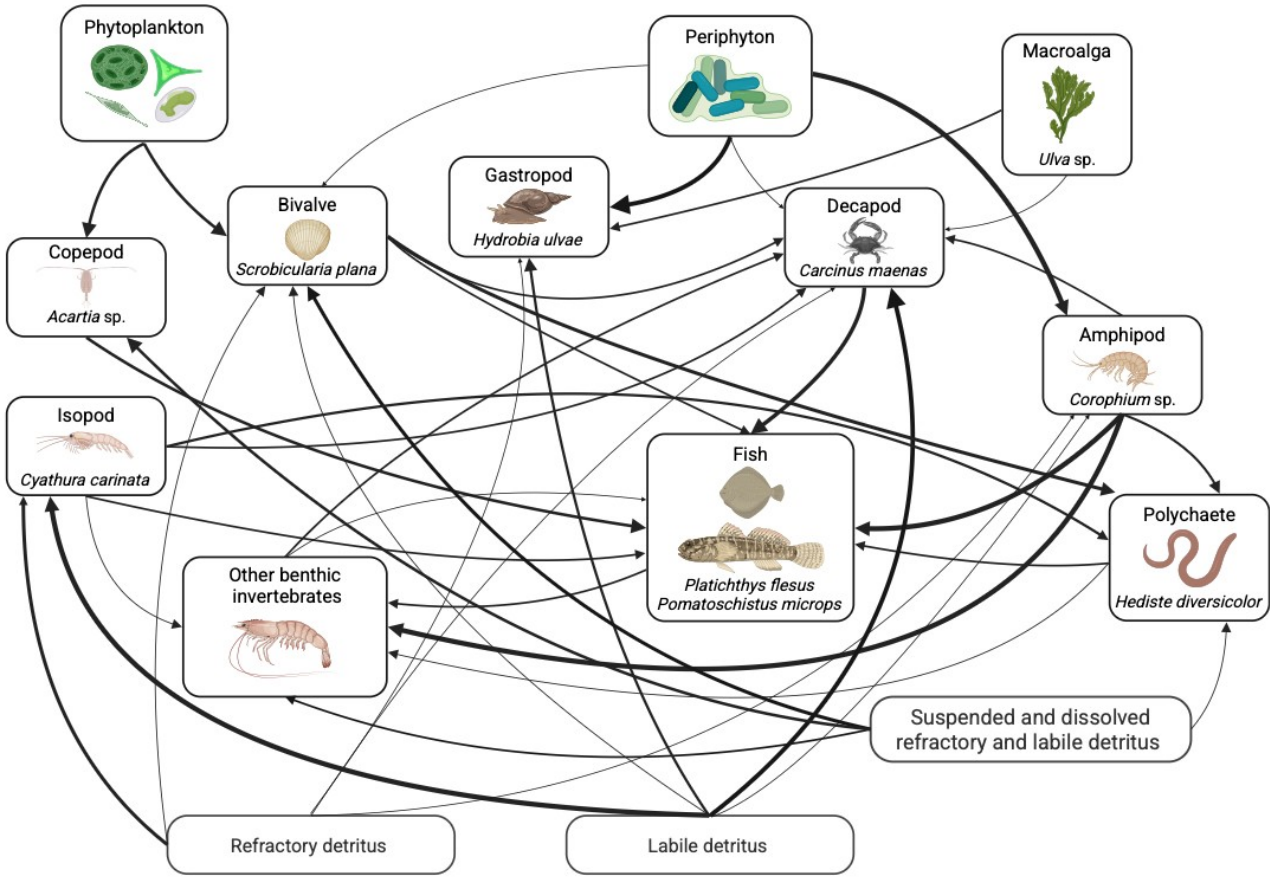
ABSTRACT

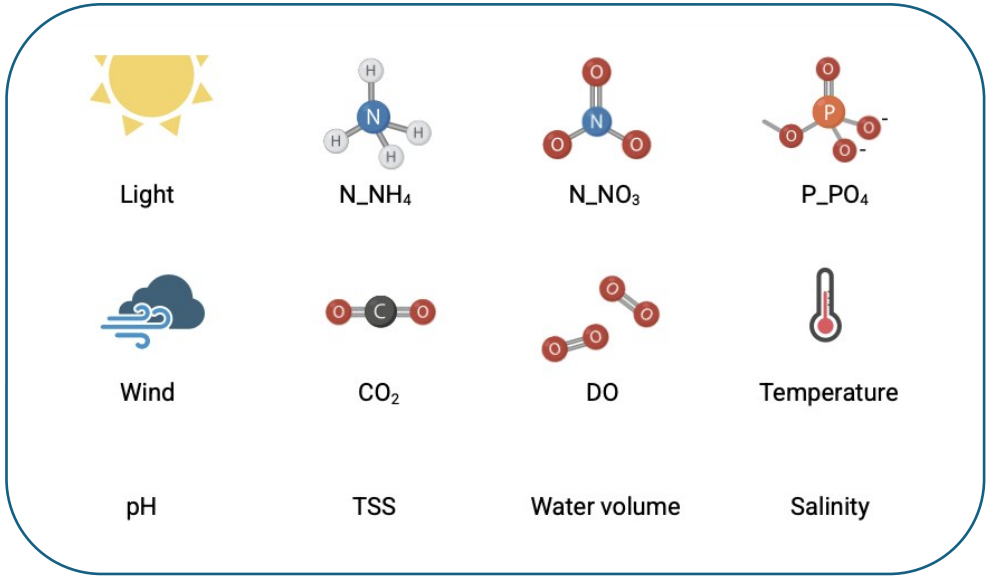
An ecosystem model of the Minho estuary (NW coast of Iberian Peninsula) was implemented in AQUATOX 3.1 (US-EPA) to check whether the effects of temperature rise, dry years, rainy years and river flow decrease acting isolated (single stressor) or combined (multiple stressor) would induce the same type of response on macroinvertebrate biomass variation and to identify the type of stressor interactions. The model was parameterised with site-specific and species-specific data and accounts for a food web with primary producers, benthic invertebrates, fish and detritus, with 12 biotic groups, 4 groups of detritus and 12 forcing functions.

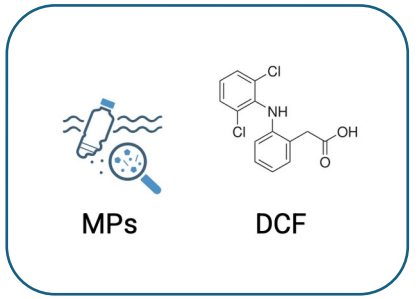
Results showed that macroinvertebrate biomass responded differently to single stressor and multiple stressor scenarios and interactions among the tested stressors were antagonistic. During medium term simulations



Red trófica y factores de forzamiento







Inclusión de los efectos de los microplásticos

Hemos utilizado rangos de concentración basados en estudios de laboratorio que evaluaron los efectosde los microplásticos, ya que no existen datos experimentales para las bajas concentraciones medidas *in situ**.

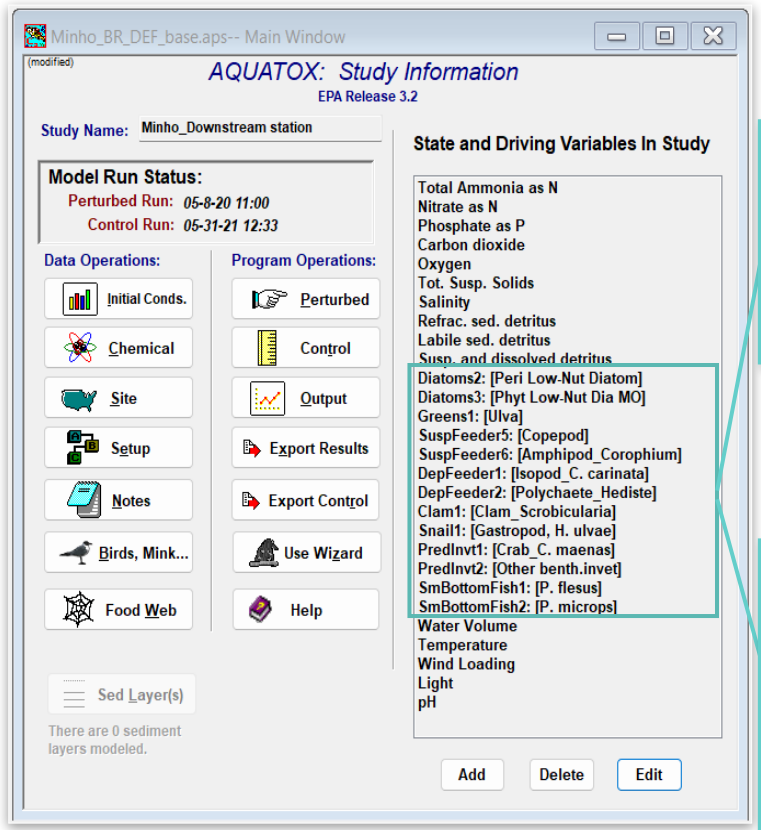
- **Concentración:** 0,003-100 MPs·mL^{-1}
- **Tamaño:** 0,5–500 µm
- **Forma:** esférica

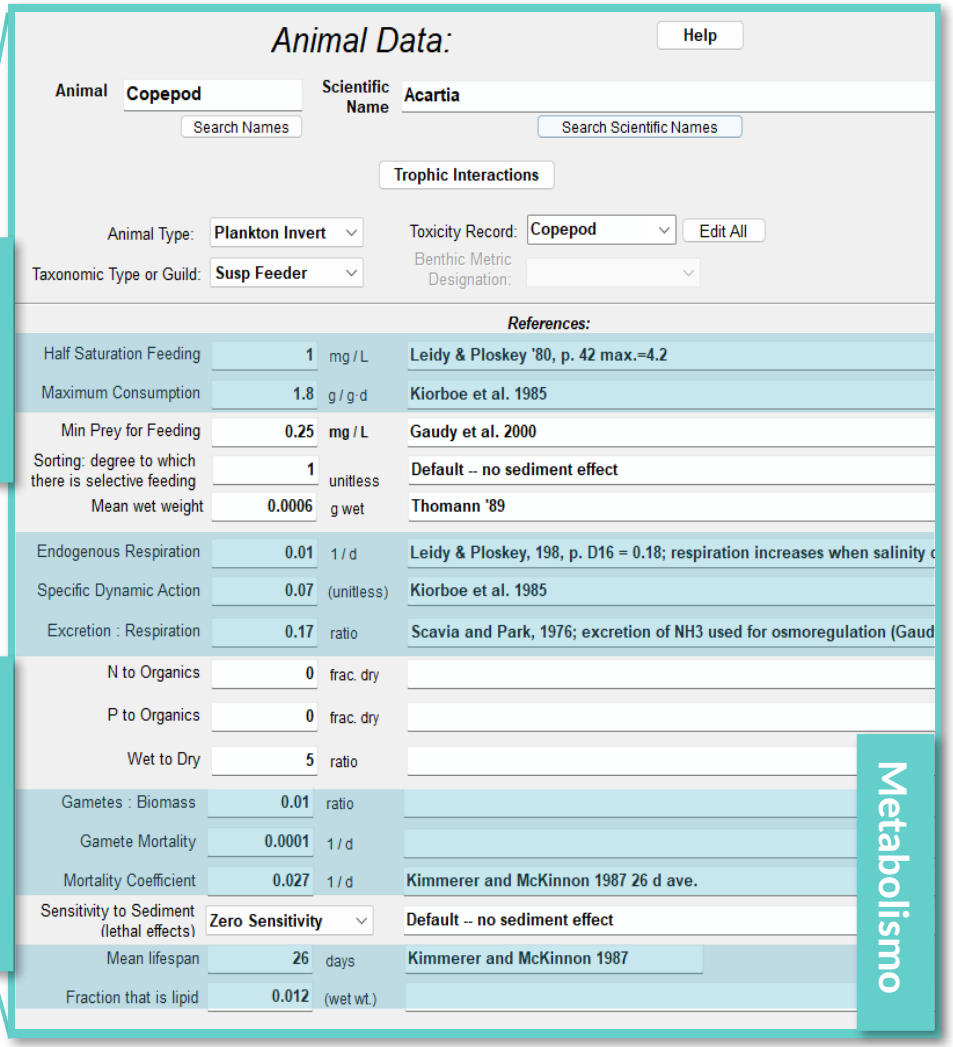
* Marea baja: ≈ 1,05 × 10^{-6} MPs·mL^{-1}
Marea alta: ≈ 9,9 × 10^{-7} MPs·mL^{-1}
De Groodt *et al.* (2026)

Effects of microplastics on ecological compartments and AQUATOX parameter adjustments.

State variable	Size (μm)	MP type	[MP] (MPs/mL)	Effect	Affected process	Original value	Effective value	Reference
Copepod	20	PS	65	~39% decrease	Max consumption Feed half-sat.	1.00 1.80	1.39 1.00	Cole *et al.*, 2015
Isopod	0.48–316 0.6–363	HDPE PLA	~149 ~433	87.5% reduction in recruitment	Gamete mortality	0.01	0.01875	Green, 2016
Polychaete	8.00	PS	100	42% increase in mortality	Mortality coefficient	0.0007	0.00099	Leung & Chan, 2018
Clam	140	PS	10	50% reduction in ingestion rate	Max Consumption Feed half-sat.	0.70 0.05	0.35 0.075	Hamm & Lenz, 2021

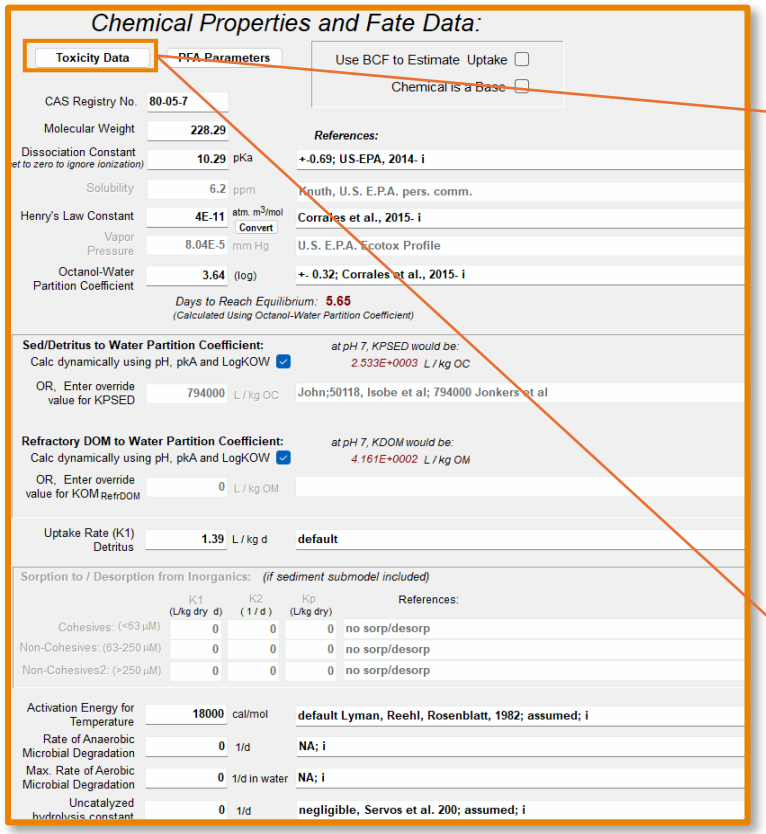
Inclusión de los efectos de los microplásticos

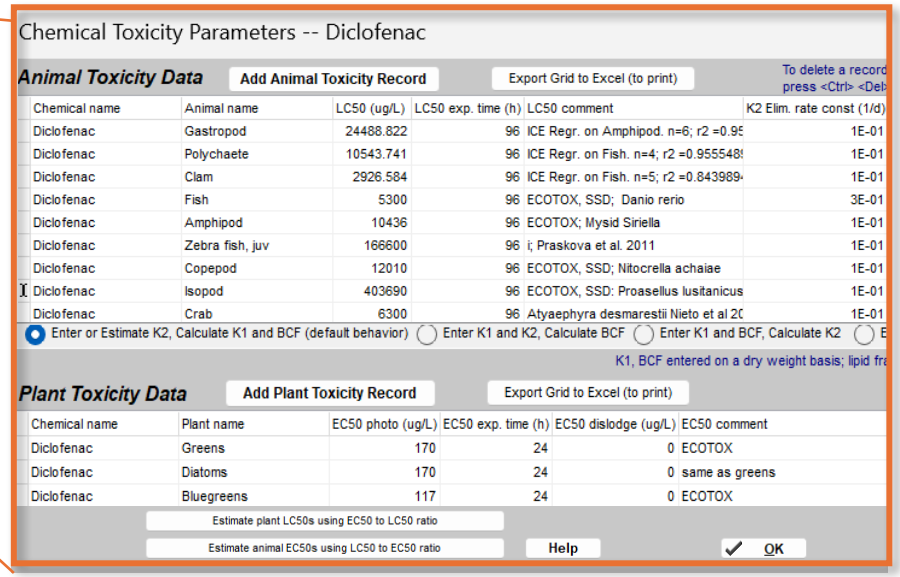




Inclusión de los efectos de los contaminantes emergentes

☑ **Diclofenaco** (CAS 15307-86-5, cat. 1)

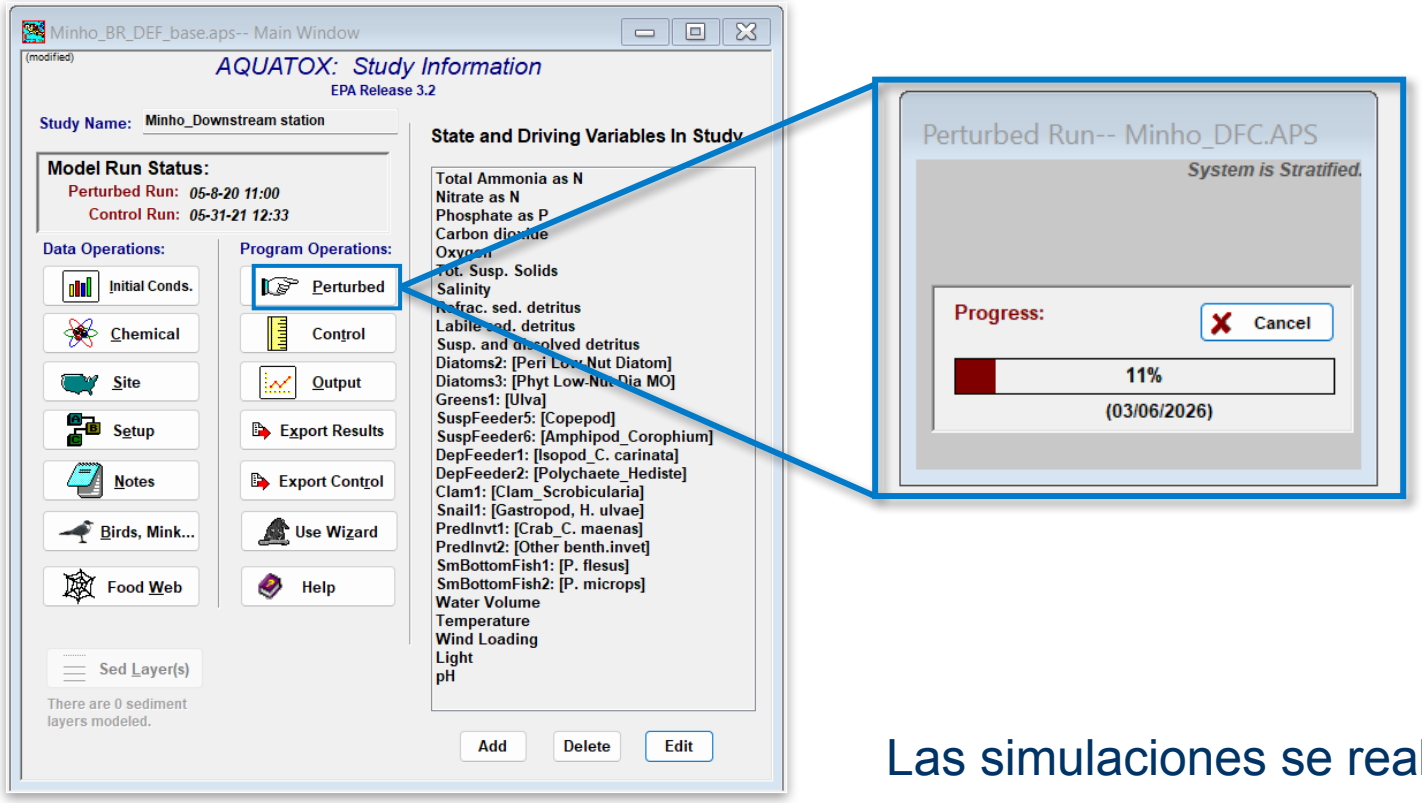




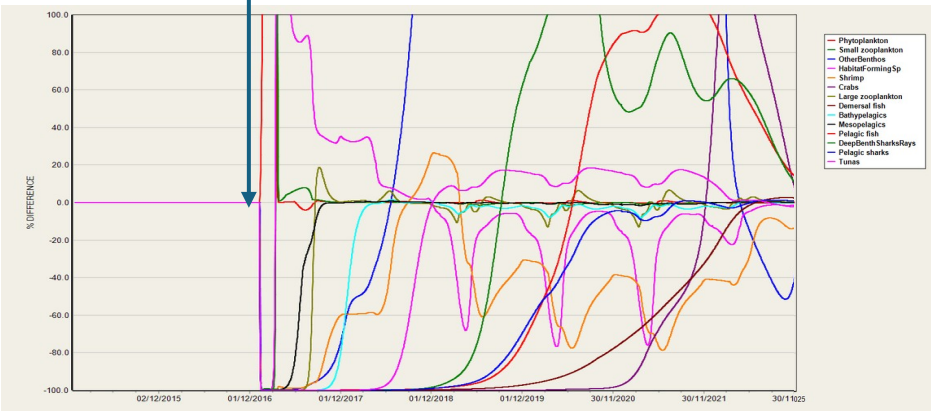
EPA United States Environmental Protection Agency

- ☐ LC50 ($\mu g \cdot L^{-1}$)
- ☐ Tasa de eliminación K2 (d^{-1})
- ☐ Tasa de absorción K1 ($L \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1}$)
- ☐ Factor de bioconcentración ($L \cdot kg^{-1}$)
- ☐ Tasa de biotransformación (d^{-1})
- ☐ EC50 de crecimiento ($\mu g \cdot L^{-1}$)
- ☐ EC50 de reproducción ($\mu g \cdot L^{-1}$)
- ☐ Peso húmedo medio (g)
- ☐ …

Inclusión de los efectos de los contaminantes emergentes



Introducción de diclofenaco

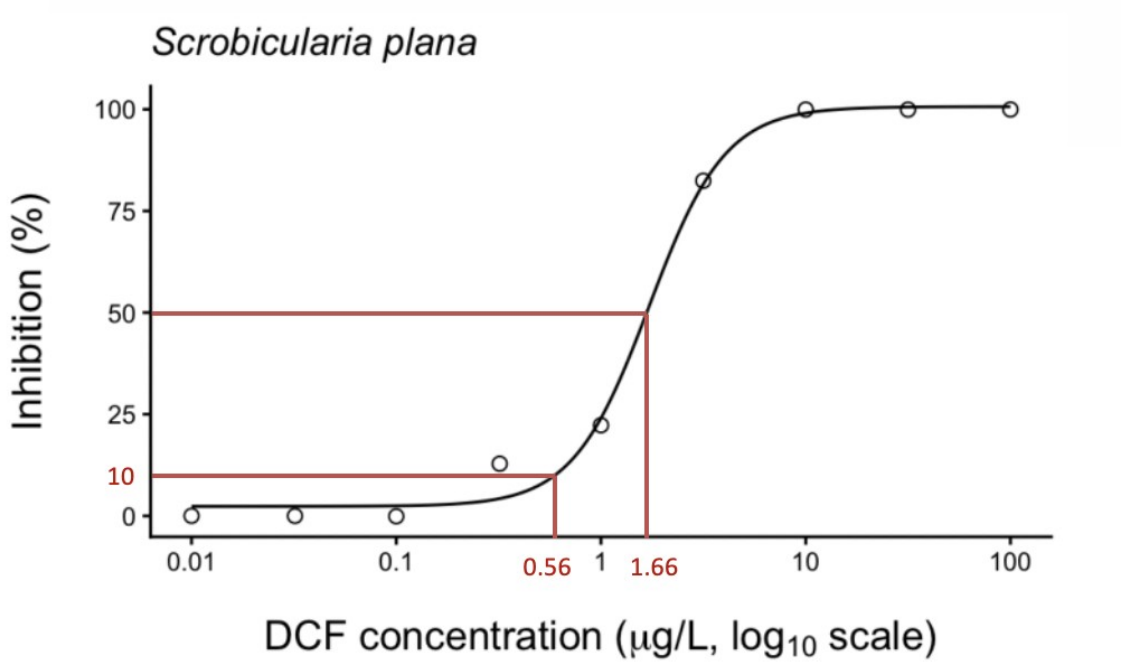


Las simulaciones se realizaron utilizando un gradiente de concentraciones semilogarítmico (0,01–100 µg L^{-1} de DCF).

Variables de respuesta modelizadas para la especie más sensible

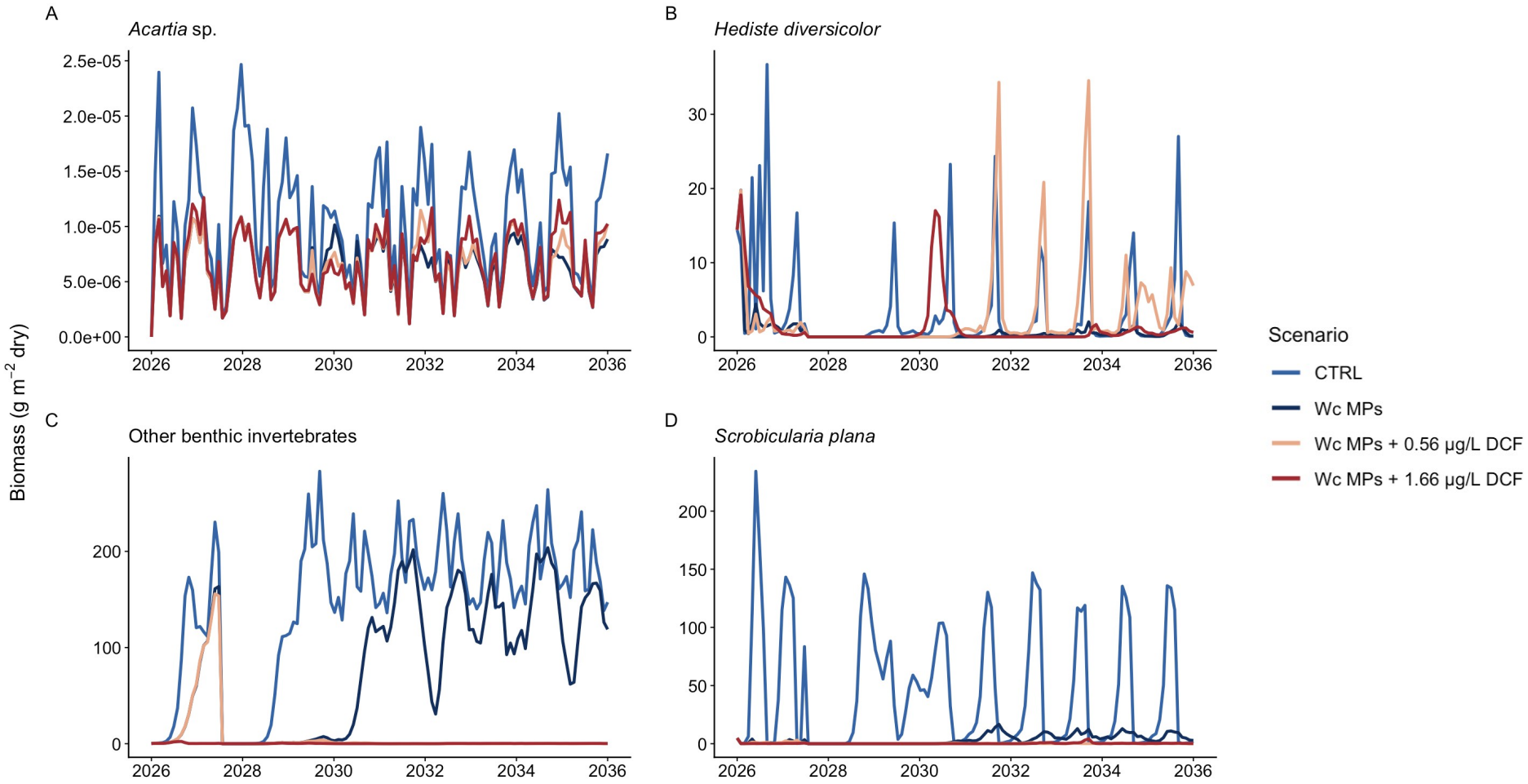
INCLUSIÓN DE LOS EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES EMERGENTES

Utilizamos relaciones dosis-respuesta para estimar concentraciones efectivas, seleccionándose el EC10 más bajo como concentración representativa del componente más sensible del ecosistema.

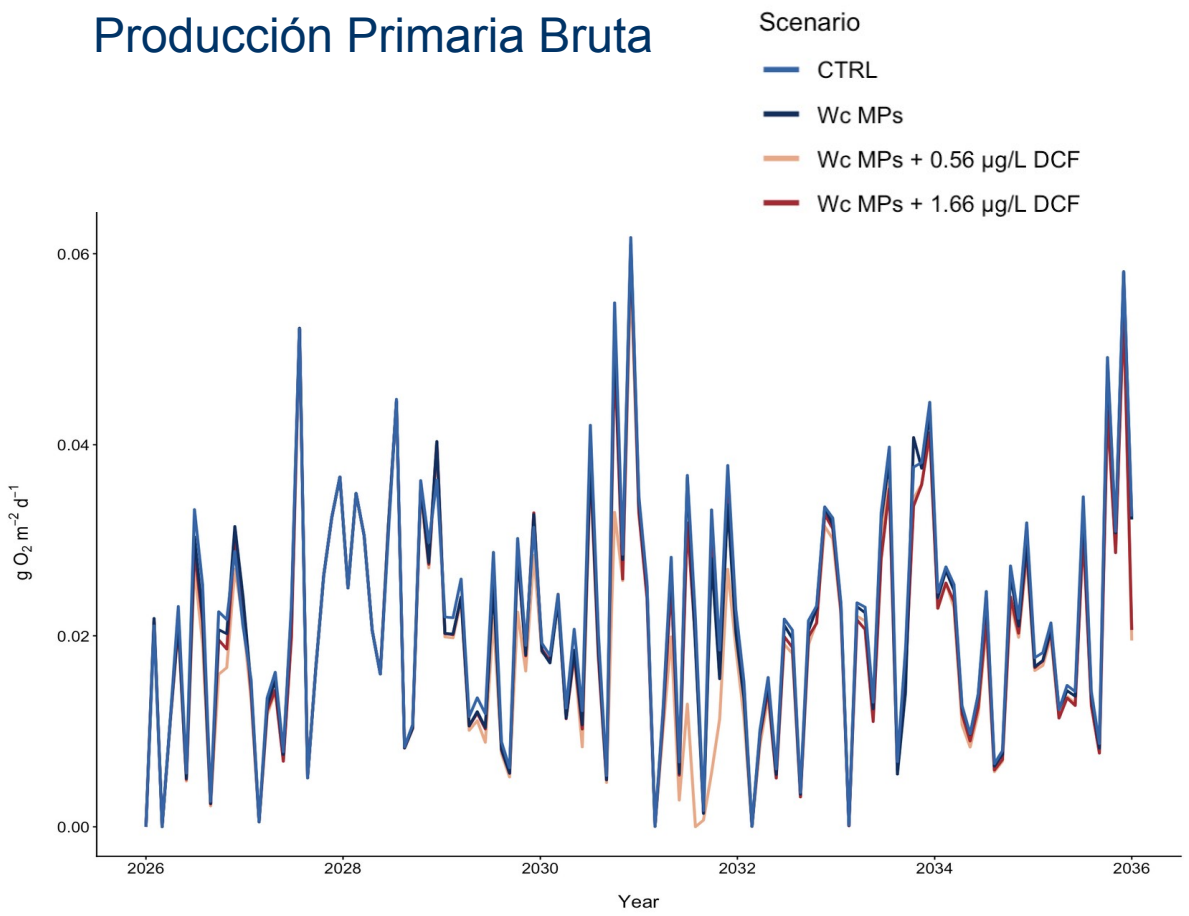


Impactos de la exposición combinada

Worst case MPs + DCF



Resiliencia del ecosistema ante la presencia de contaminantes



Los indicadores del ecosistema se mantuvieron estables.

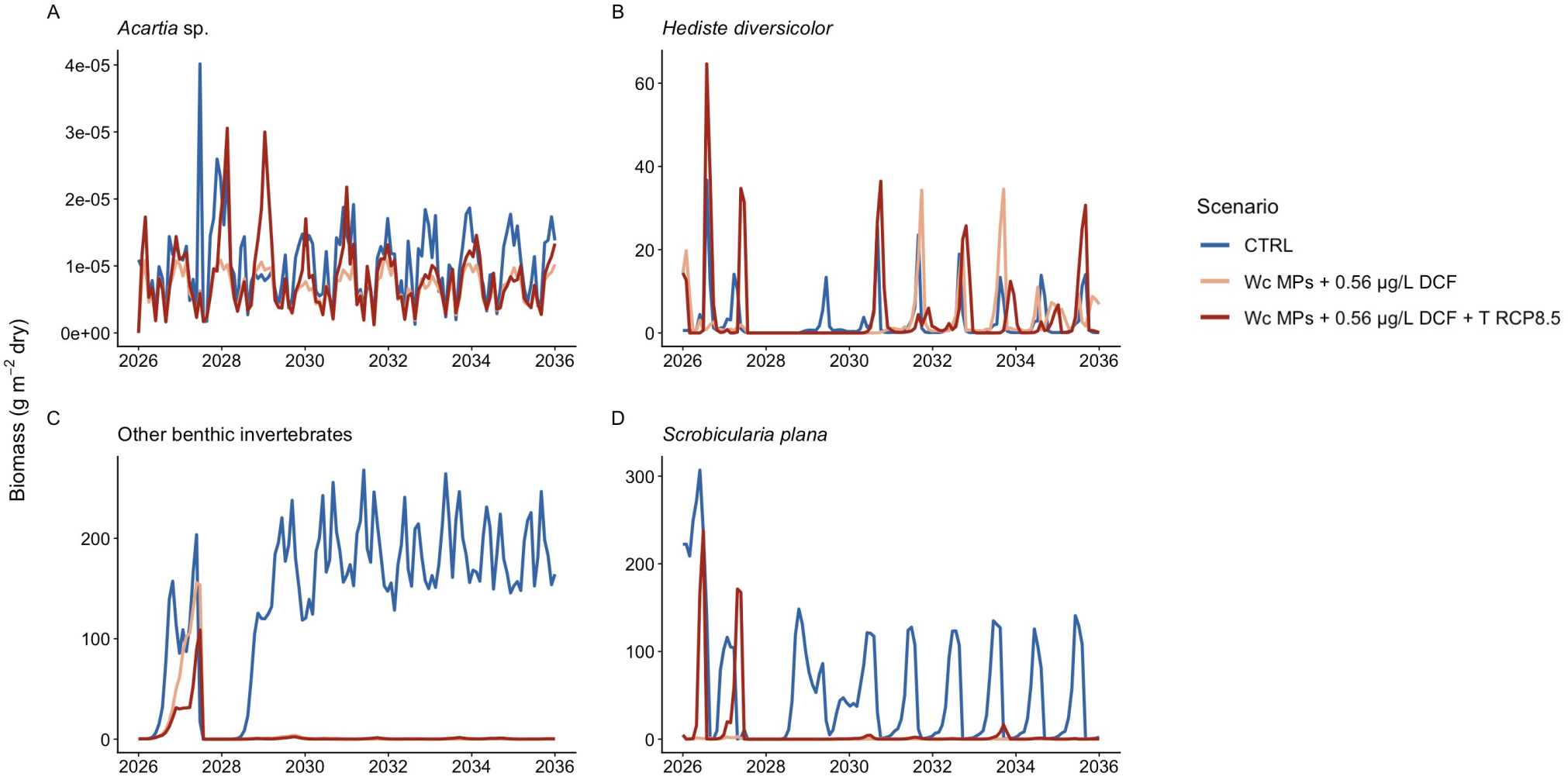
El sistema presenta una resiliencia relativamente alta, ya que los efectos de los factores de estrés se manifestan de forma localizada, sin comprometer el funcionamiento global del ecosistema.

Impactos de la exposición combinada

Worst case MPs + DCF + T

- Trayectoria de Concentración Representativa:

RCP8.5 : + 3,7 °C

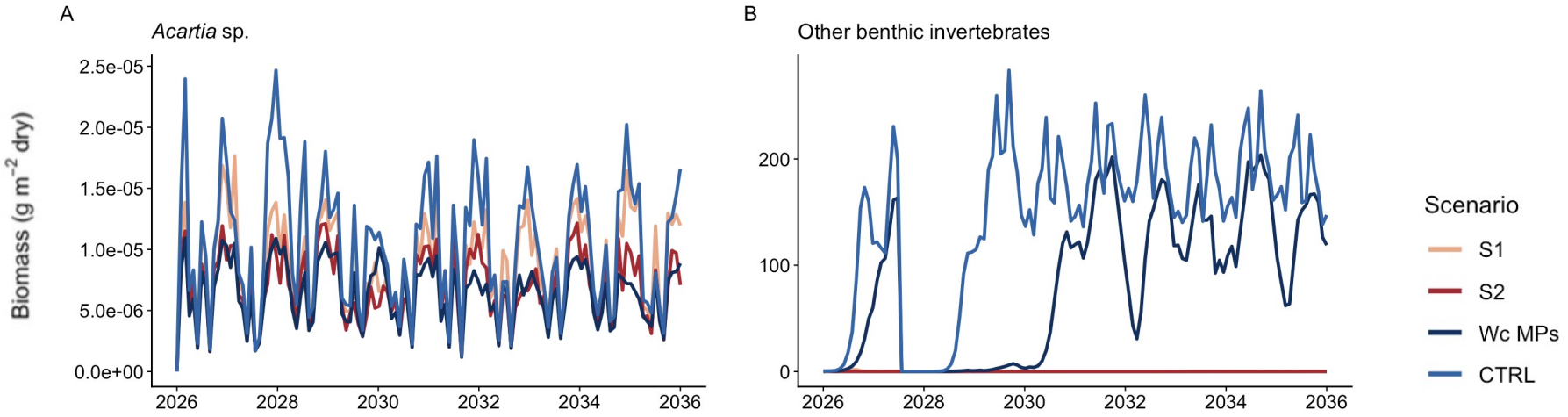


Escenarios de plantas de tratamiento de aguas residuales

Exposure scenarios for diclofenac and microplastics in WWTPs.

ID	Scenario	[DCF] (µg/L)	MPs
CTRL	Control	0	✗
Wc MPs	Worst-case MPs	0	✓
S1	Worst-case MPs + Treated effluent [DCF]	1.921	✓
S2	Worst-case MPs + Raw influent [DCF]	19.796	✓

Abbreviations: DCF = diclofenac; MPs = microplastics; DCF concentrations were derived from Montes *et al.* (2023), based on samples collected on 27–28 April 2021.

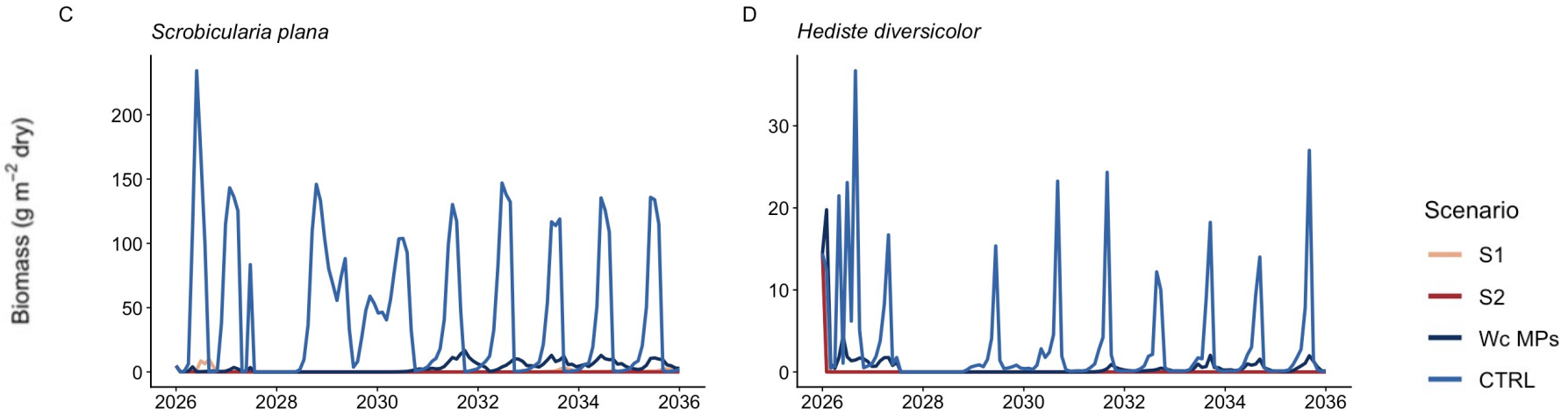


Escenarios de plantas de tratamiento de aguas residuales

Exposure scenarios for diclofenac and microplastics in WWTPs.

ID	Scenario	[DCF] (µg/L)	MPs
CTRL	Control	0	✗
Wc MPs	Worst-case MPs	0	✓
S1	Worst-case MPs + Treated effluent [DCF]	1.921	✓
S2	Worst-case MPs + Raw influent [DCF]	19.796	✓

Abbreviations: DCF = diclofenac; MPs = microplastics; DCF concentrations were derived from Montes *et al.* (2023), based on samples collected on 27–28 April 2021.



Concentraciones de DCF en el estuario del Miño: <1–31 ng/L Montes *et al*. (2023).

Conclusiones y limitaciones del modelo

- Las concentraciones ambientales actuales pueden tener efectos a escala de todo el ecosistema.
- Las especies sensibles pueden responder a los factores de estrés.
- Mejorar el tratamiento de las aguas residuales y reducir los vertidos de plástico puede disminuir los riesgos futuros.

- La parametrización está limitada por la disponibilidad de datos experimentales.
- Se necesitan datos adicionales sobre toxicidad, especialmente en organismos marinos, para aumentar la precisión del modelo y su relevancia ecológica.

CONFERENCIA FINAL BlueWWater
6 nov 2026, CETMAR, Vigo

Muchas gracias!

Muito obrigada!

Isabel Iglesias - Alessia Russo

Interreg
España – Portugal
Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia
blue wwater

CONFERENCIA FINAL BlueWWater
6 nov 2026, CETMAR, Vigo

Modelación hidrodinámica y ecológica del bajo estuario del Miño considerando transportes y efectos de contaminantes y alteraciones climáticas

U.PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

ciimar

LOAI
LAND-OCEAN-ATMOSPHERE INTERACTIONS

MEMO
MARINE ECOSYSTEM MODELLING TEAM

Interreg
España – Portugal

Cofinanciado por la Unión Europea
Cofinanciado pela União Europeia

blue wwater