



**Universitat**  
de les Illes Balears

Marine Ecology  
and Systematics  
Research Group (MarES)



**Consell Insular  
de Formentera**



G CONSELLERIA  
O FONS EUROPEUS,  
I UNIVERSITAT I CULTURA  
B DIRECCIÓ GENERAL  
/ POLÍTICA UNIVERSITÀRIA  
I RECERCA



***Impactos de contaminantes emergentes en **Posidonia** de **Formentera*****  
***(ImPeFora)***

*01/09/2021 – 31/10/2024*

Nona S. R. Agawin, Manuela Gertrudis García-Márquez, Diego Rita Espada,  
Lillie Freemantle, Marina G. Pintado Herrera, Antonio Tovar-Sánchez,  
Josef Greenhalgh y Daniel García-Veira



# Introducción

**Micro- y Nano- plásticos (MP, NP)**  
a partir de los **productos cosméticos y textiles** o como consecuencia de la **degradación de plásticos** de mayor tamaño

## Alta presión turística

Acumulación en costas mediterráneas, como **Formentera** (region Balear).

## *Posidonia oceanica*

Fanerogamas marinas **clave i endémicos** en el Mediterráneo. Hábitat prioritario para la conservación (**Dir. 92/43/EEC**).

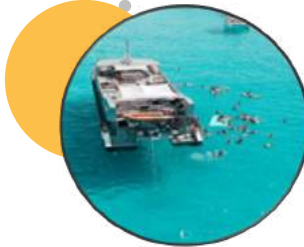
## Filtros ultra-violetas (UVFs)

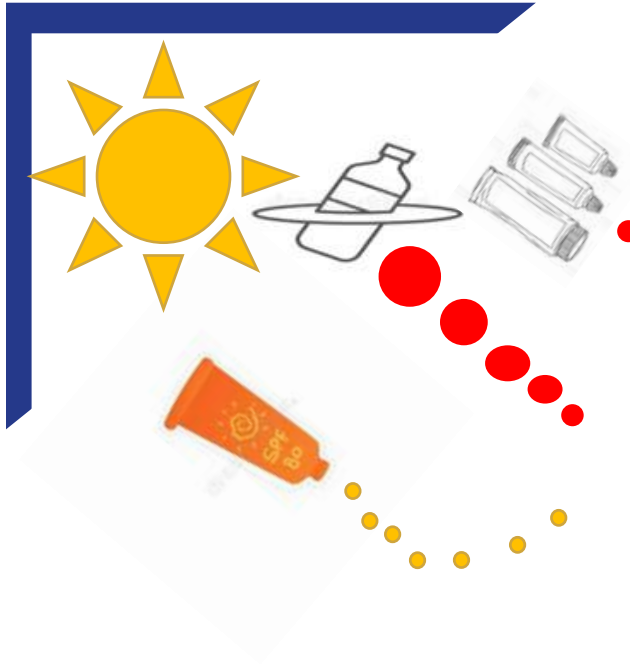
Productos químicos activos en **cremas solares** que absorben o estabilizan la radiación UV-A y UV-B.



## Contaminantes Emergentes (CE)

Aportes directos de **los bañistas y viajes en cruceros** e indirectas a través de las descargas de **aguas residuales**.





# Introducción

**Micro- y Nano- plásticos (MP, NP)**  
a partir de los **productos cosméticos y textiles** o como consecuencia de la **degradación de plásticos** de mayor tamaño

## Alta presión turística

Acumulación en costas mediterráneas, como **Formentera** (region Balear).



## *Posidonia oceanica*

Fanerogamas marinas **clave i endémicos** en el Mediterráneo. Hábitat prioritario para la conservación (**Dir. 92/43/EEC**).



## **CEs amenazas para la supervivencia de las fanerogamas marinas**

Desde **bioacumulación** hasta el **daño oxidativo**. Falta de información en relación a las praderas marinas.



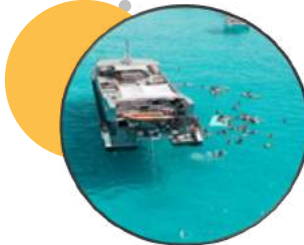
## Filtros ultra-violetas (UVFs)

Productos químicos activos en **cremas solares** que absorben o estabilizan la radiación UV-A y UV-B.



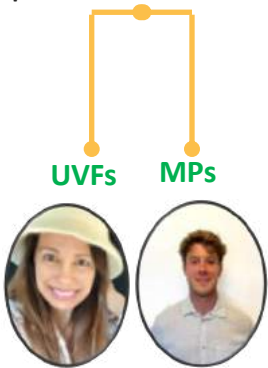
## Contaminantes Emergentes (CE)

Aportes directos de **los bañistas y viajes en cruceros** e indirectas a través de las descargas de **aguas residuales**.



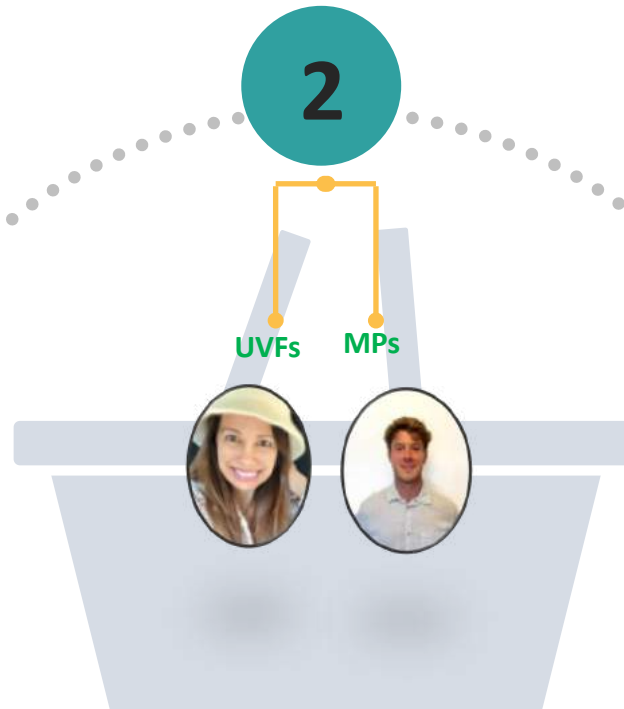
# Objetivos

Determinar la **distribución espacial** de CEs en la columna de agua y sedimentos en las praderas de Posidonia



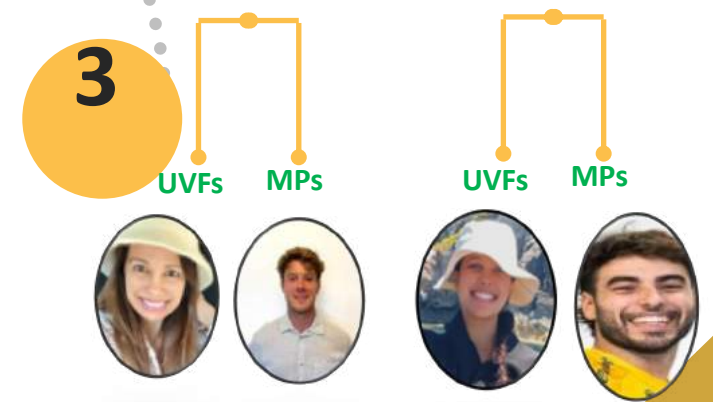
1

Investigar si estos contaminantes emergentes se **acumulan** en las diferentes partes de Posidonia.



2

Investigar los **efectos** de estos contaminantes emergentes en Posidonia mediante estudios (a) de **correlación** y (b) **experimentos in situ**



3

# Metodología

## Esquema de muestreo

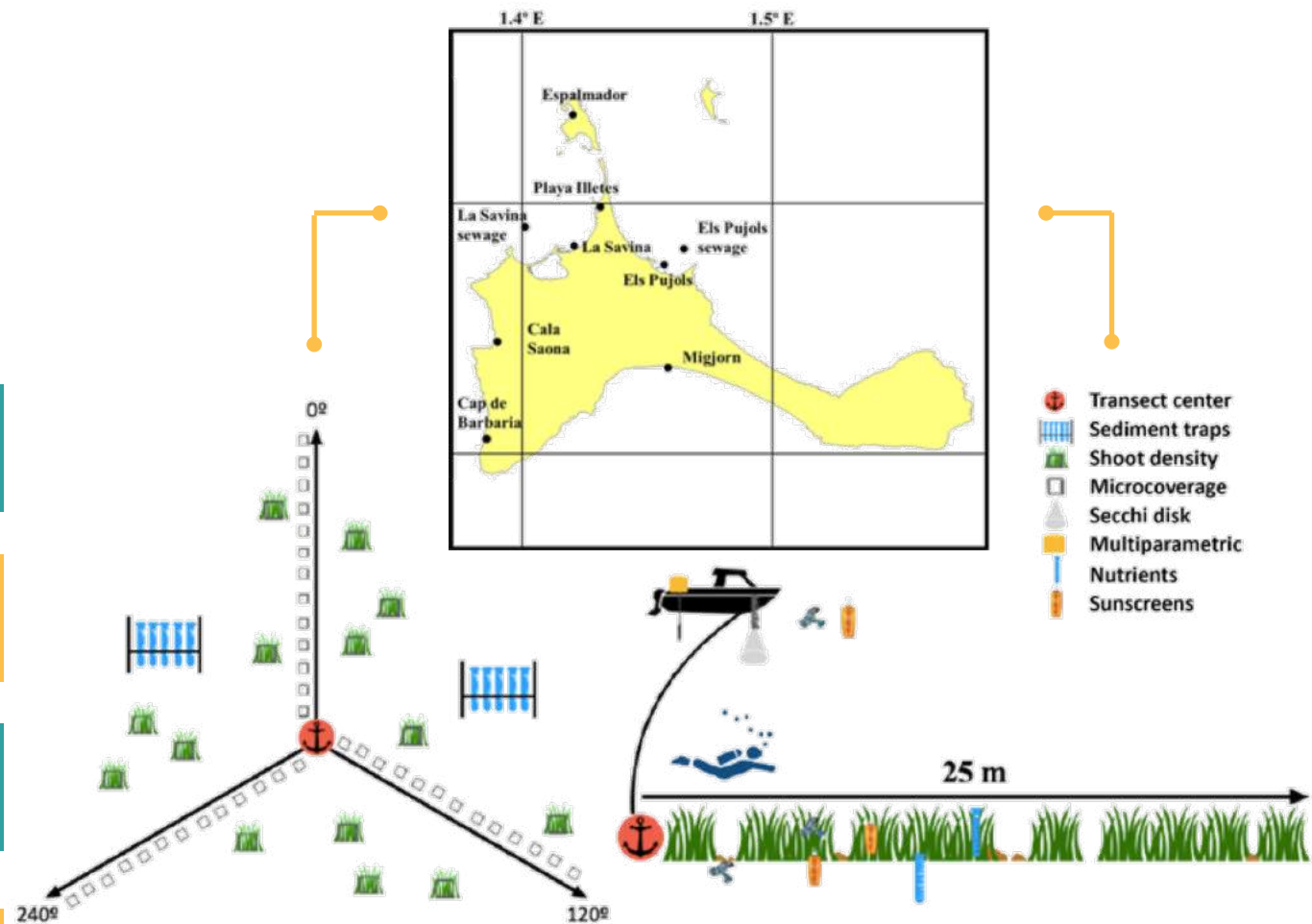
El estudio se enfocó en:

< **Distribución de filtros UV**  
Inorgánicos, orgánicos

< **Distribución de microplásticos**  
<10  $\mu\text{m}$ , 10-50  $\mu\text{m}$ , > 50  $\mu\text{m}$

< **Acumulación en los tejidos de Posidonia**  
Hojas, raíces, rizomas y epífitos de hojas

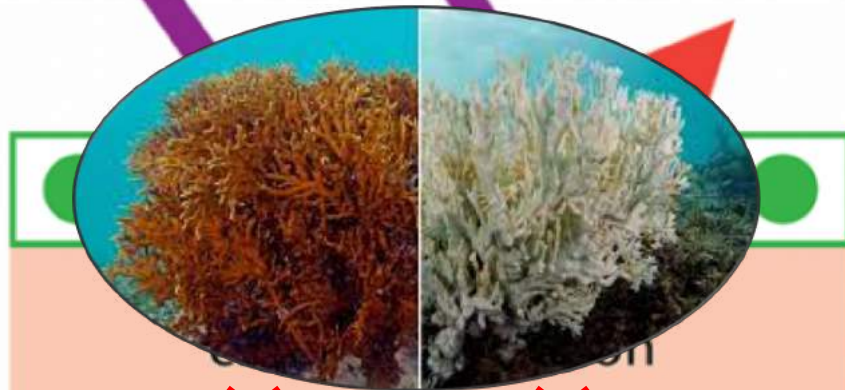
< **Estado de conservación de Posidonia**  
Correlación con UVFs y MPs



■ Pastos de *Posidonia oceanica* sujetas a un **gradiente de presión turística** en Formentera (julio de 2022).



absorbe  
rayos UV



Oxibenzona (BP-3), Octinoxato (EHMC),  
Octocrileno, Avobenzona, etc

**Crema solar química**



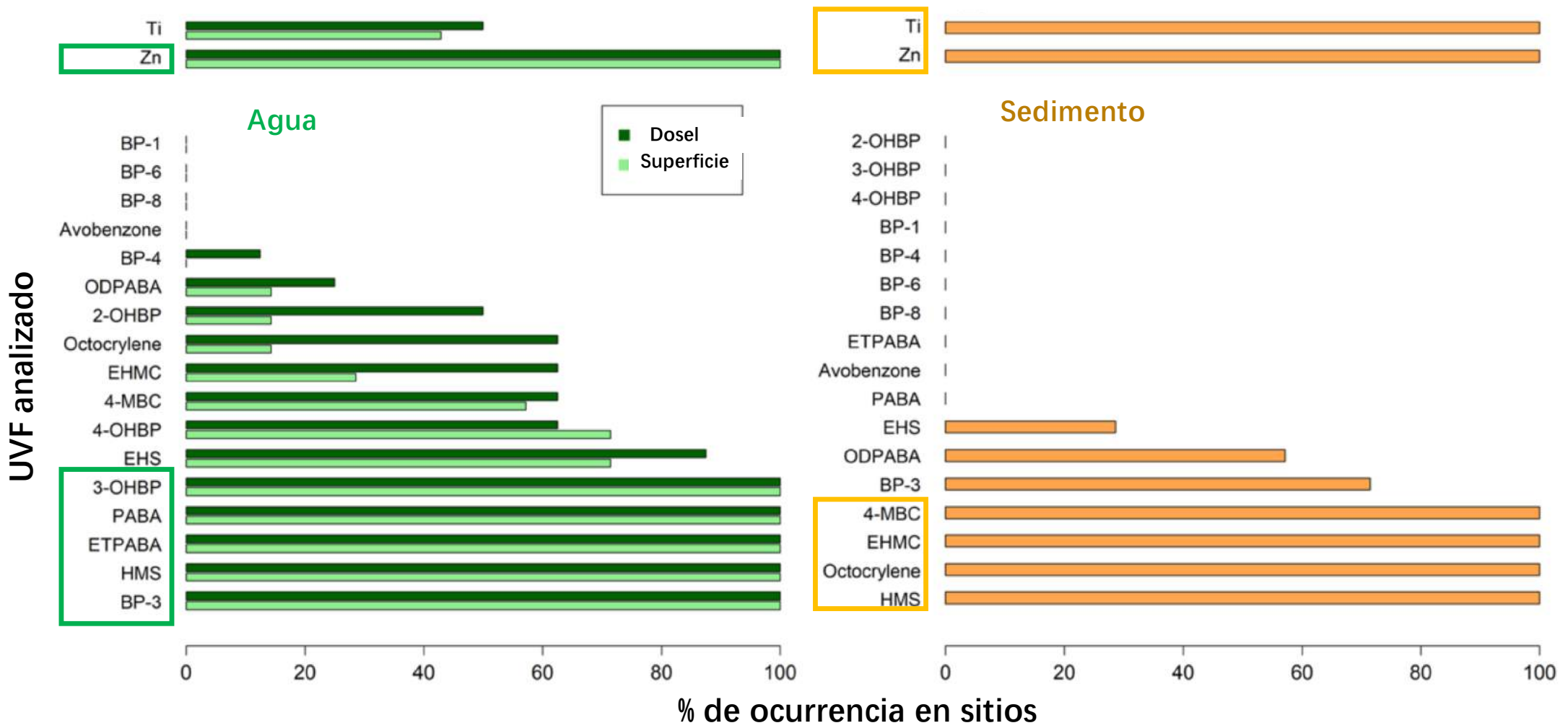
refleja  
rayos UV



UVFs minerales:  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$

**Crema solar física**

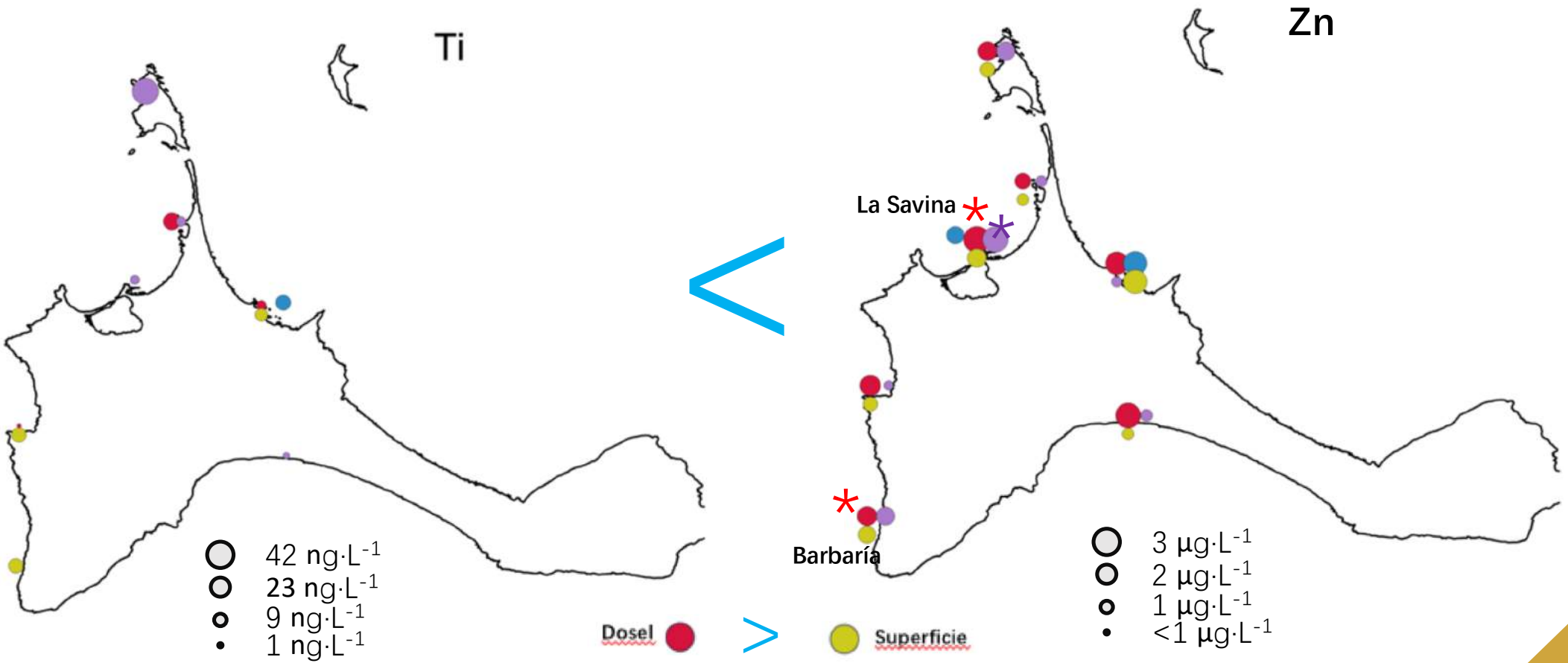
# Resultados





# UVF inorgánicos en Agua

- Dosel ● Emisario
- Orilla ● Superficie



# UVF inorgánicos en Sedimento

- Orilla
- Pradera

Ti

Zn

Espalmador

La Savina

Barbaría

- 215  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
- 115  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
- 50  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
- 5  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

- 180  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
- 100  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
- 40  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
- 5  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$



# Zn en La Savina

Más alta de lo reportado en la literatura

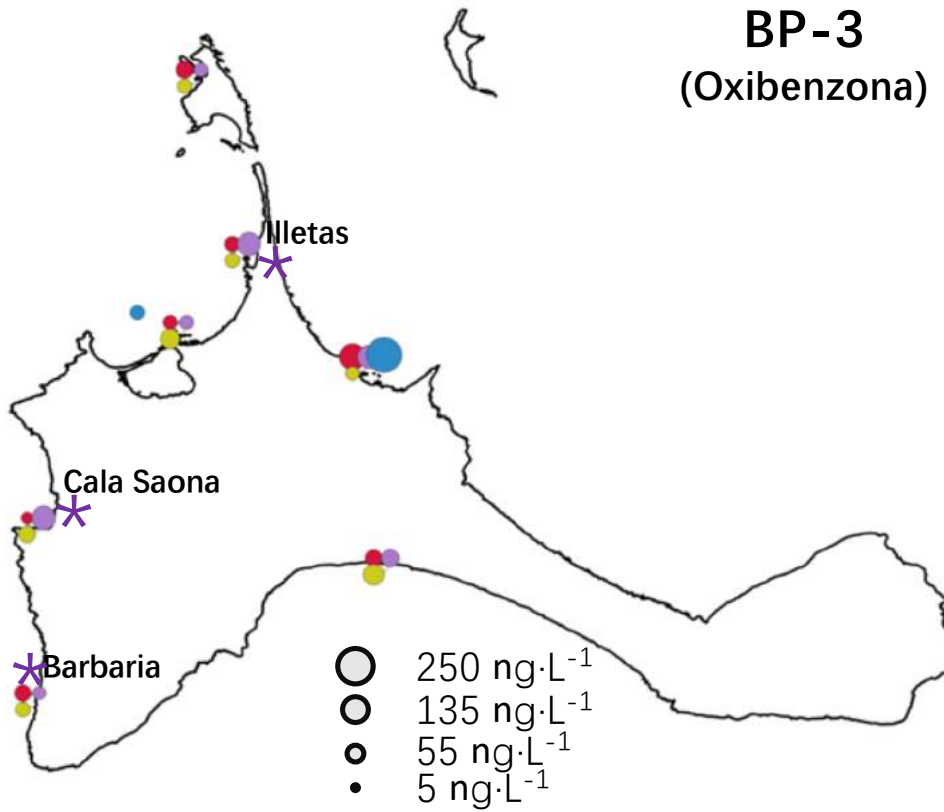


¿Liberación de Zn de ánodos artificiales adheridos a los cascos y estructuras marítimas para evitar la corrosión?

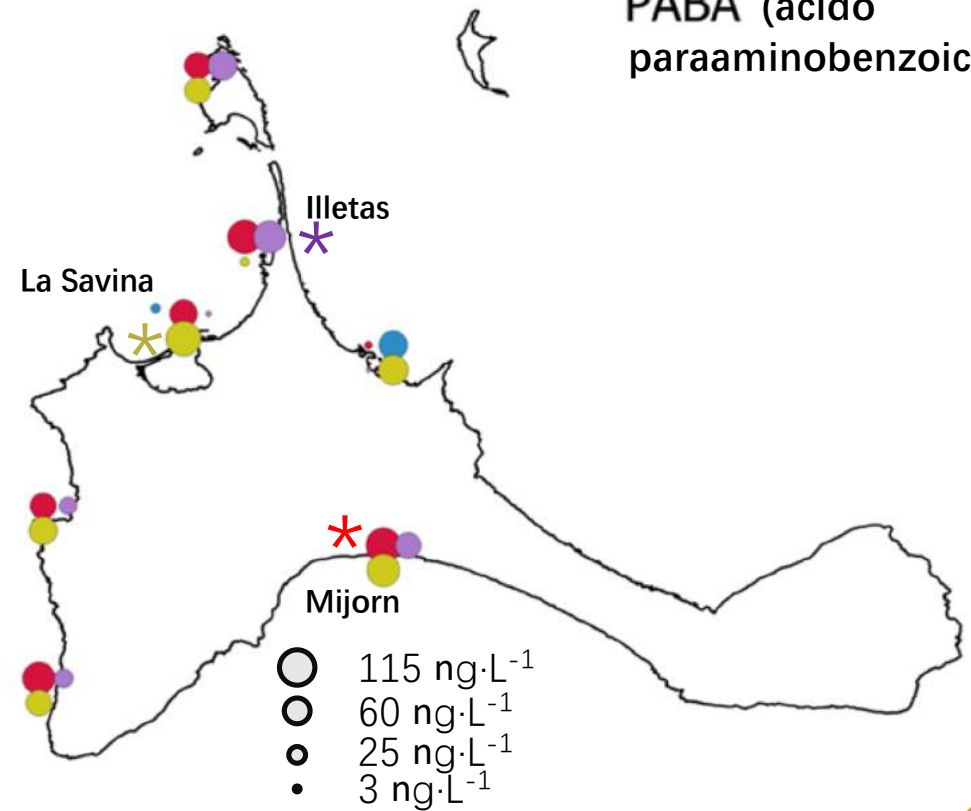
# UVF orgánicos en Agua

- Dosel ● ● Emisario  
Orilla ● ● Superficie

BP-3  
(Oxibenzona)



PABA (ácido paraaminobenzoico)





# PABA

primer UVB en la década de 1970, causa alergia en la piel, prohibido en los EE.UU., regulado en EEUU, 5%



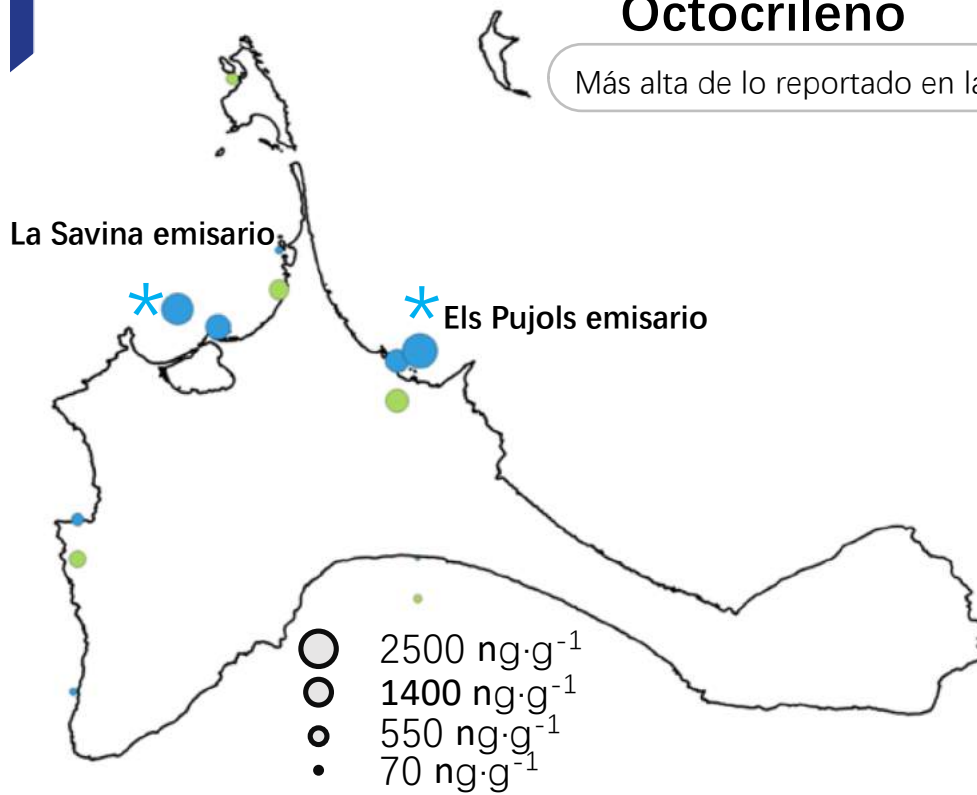
Aunque su uso está regulado, la detección de PABA sugiere su uso ampliamente continuado.

# UVF orgánicos en Sedimento

- Orilla
- Pradera

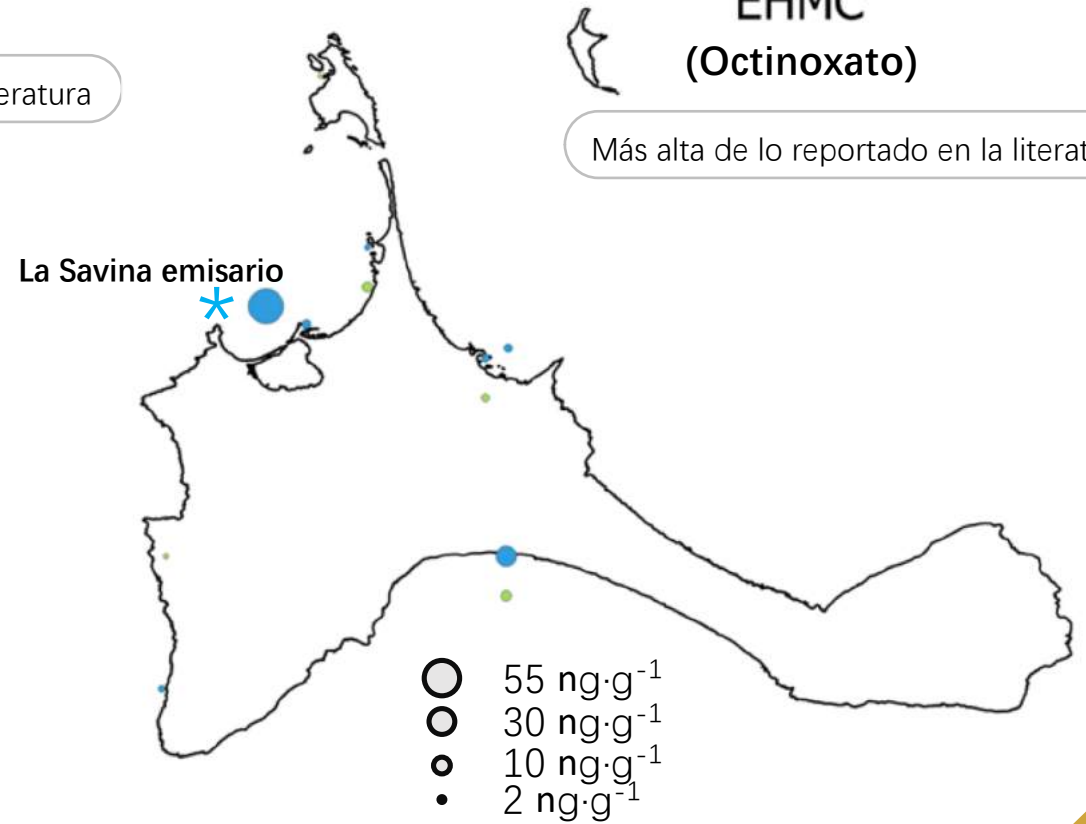
## Octocrileno

Más alta de lo reportado en la literatura



## EHMC (Octinoxato)

Más alta de lo reportado en la literatura

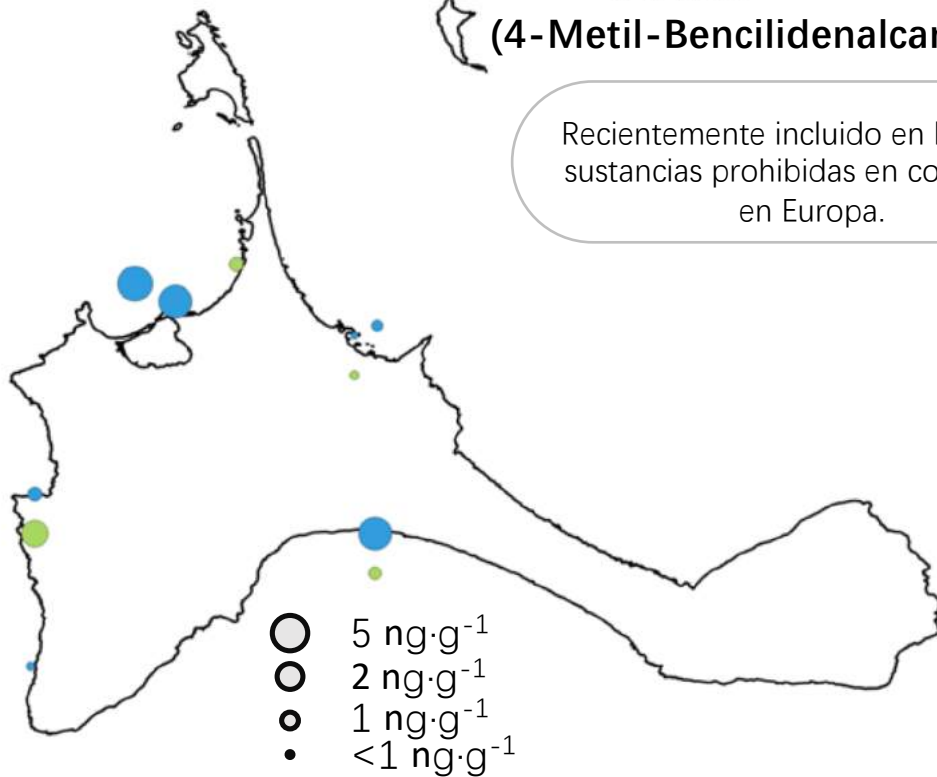


# UVF orgánicos en Sedimento

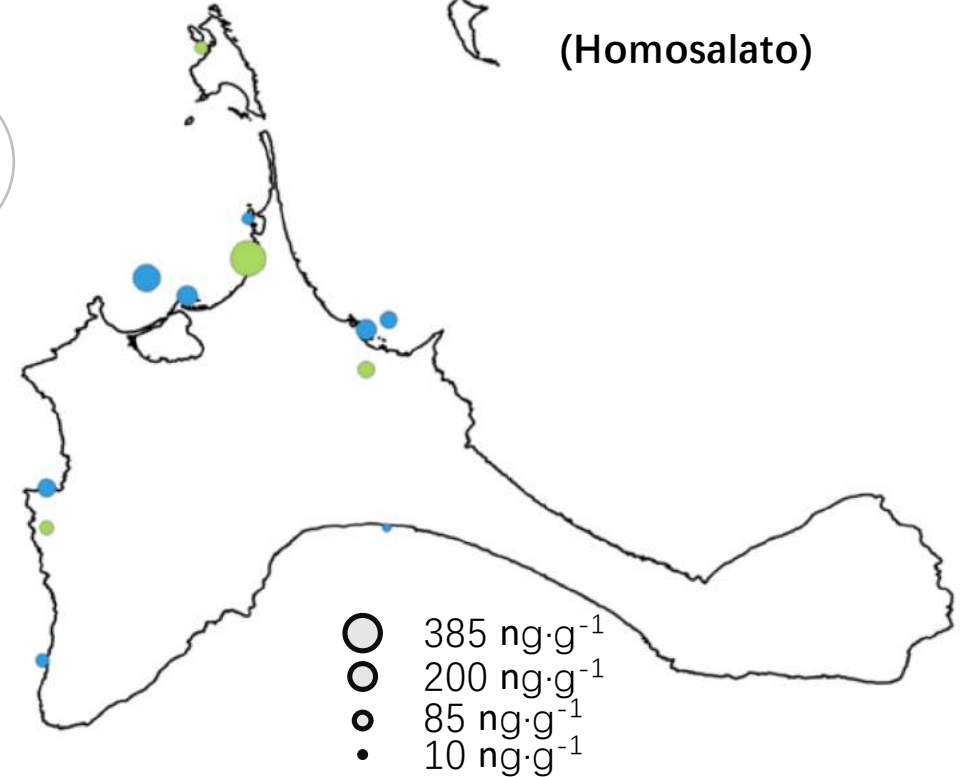
- Orilla
- Pradera

4-MBC  
(4-Metil-Bencilidenalcanfor)

Recientemente incluido en la lista de sustancias prohibidas en cosméticos en Europa.

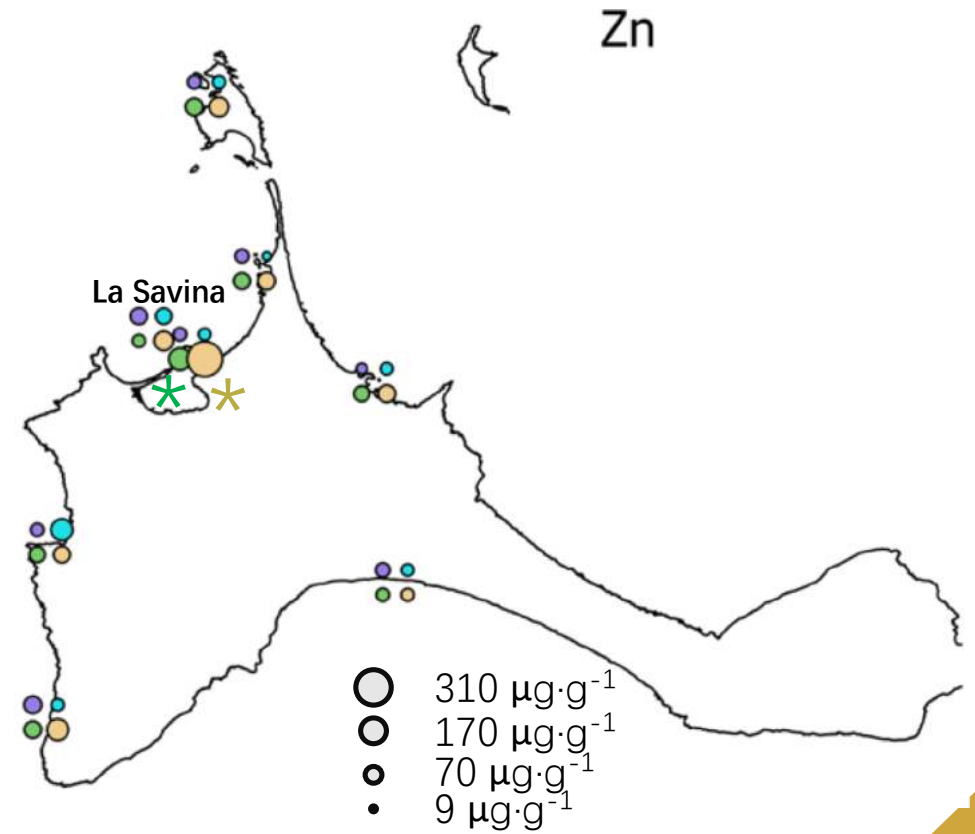
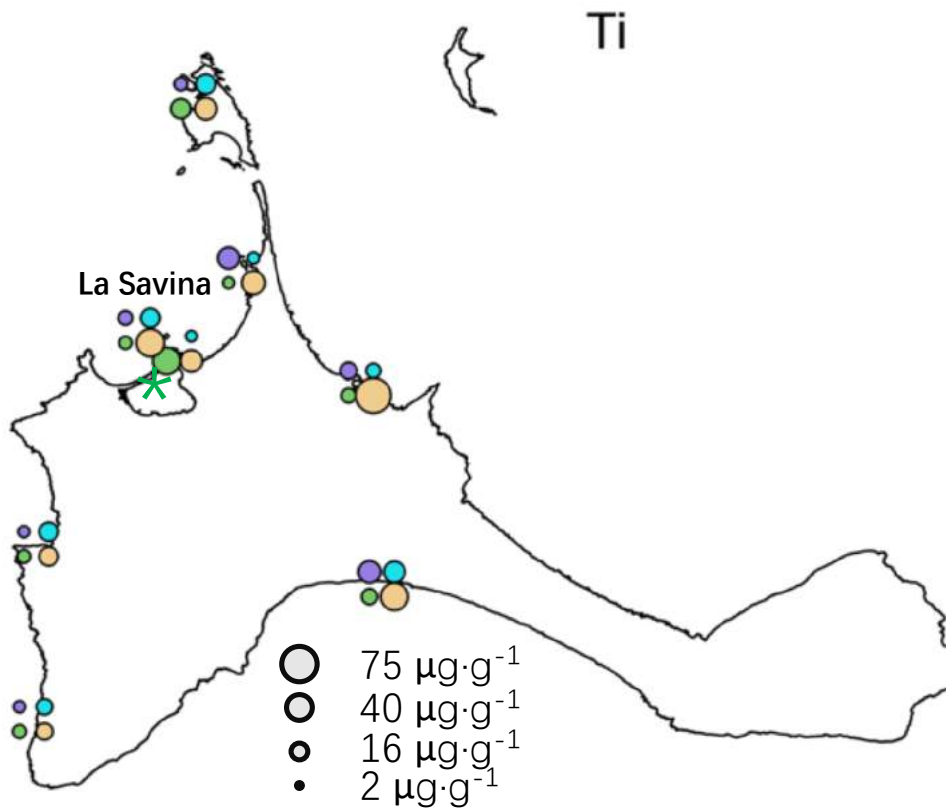


HMS  
(Homosalato)



# UVF inorgánicos en Posidonia

rizomas raíces  
hojas epífitos

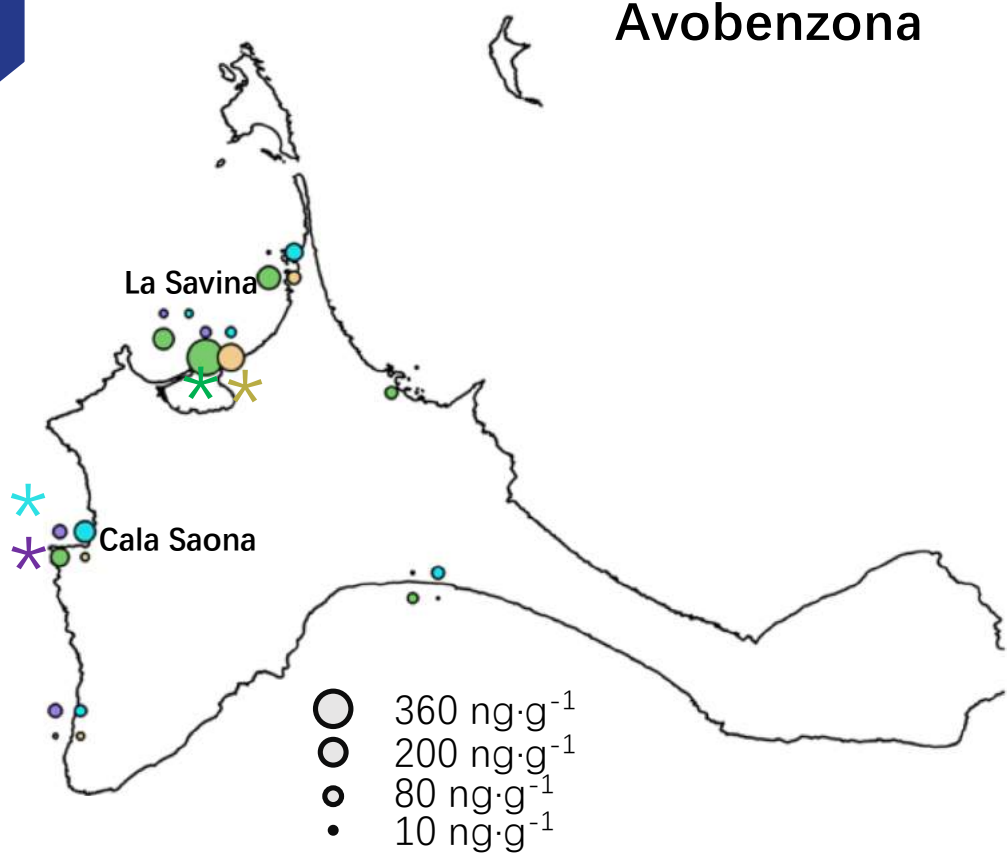




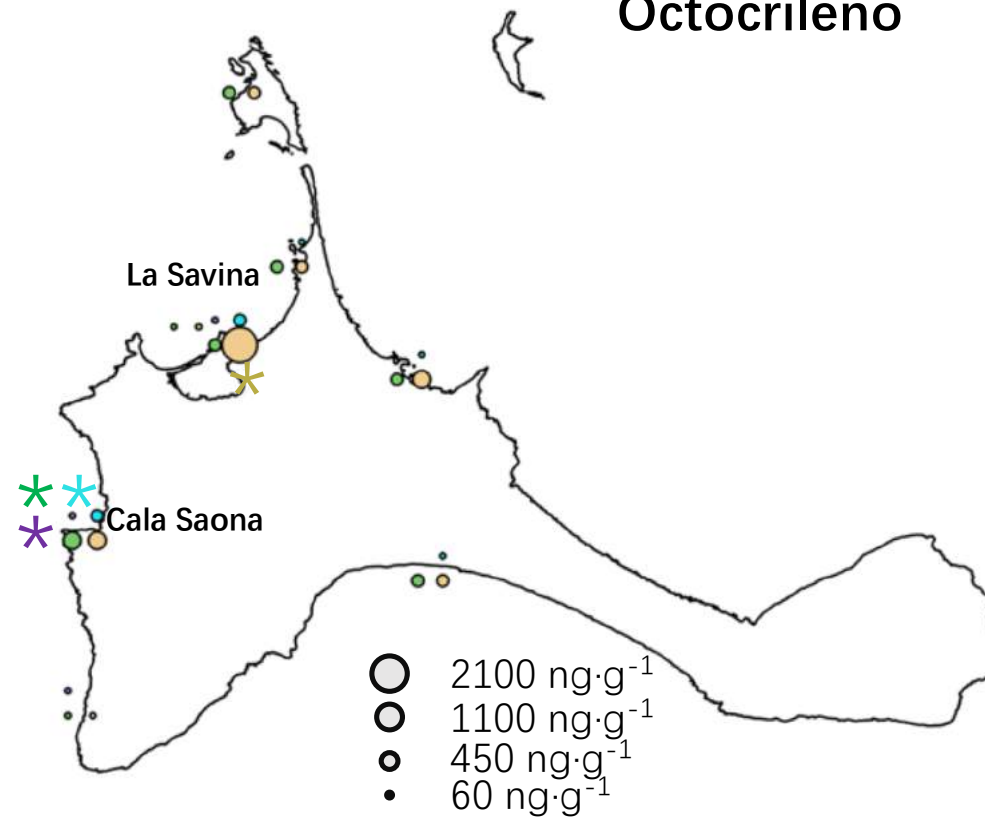
# UVF orgánicos en Posidonia

- rizomas (purple circle)
- raíces (cyan circle)
- hojas (green circle)
- epífitos (orange circle)

## Avobenzona



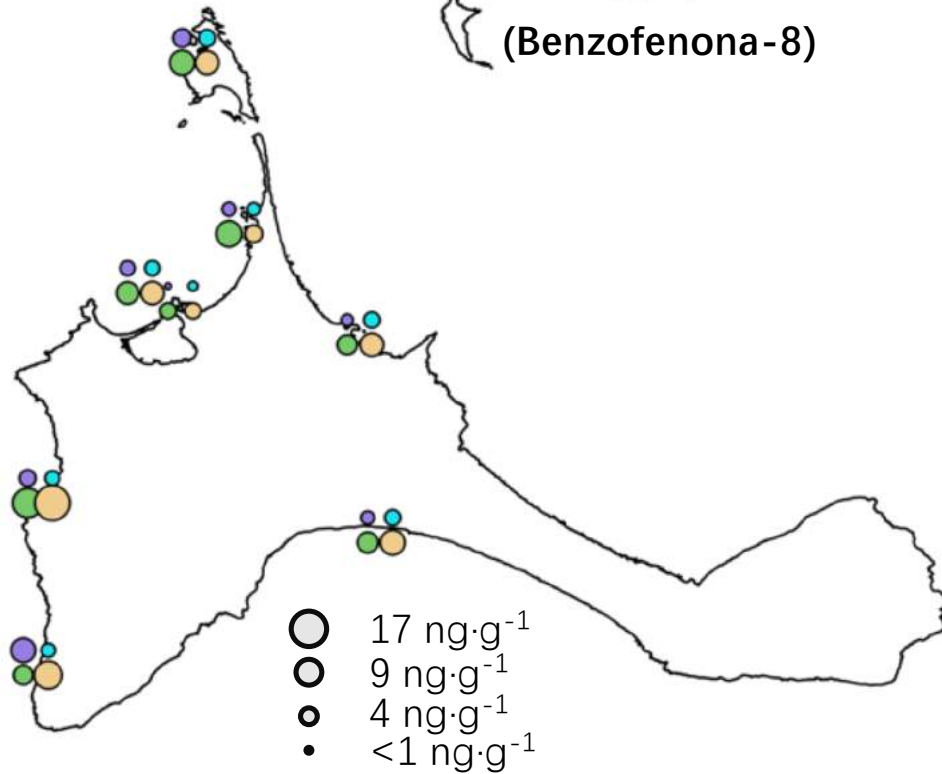
## Octocrileno



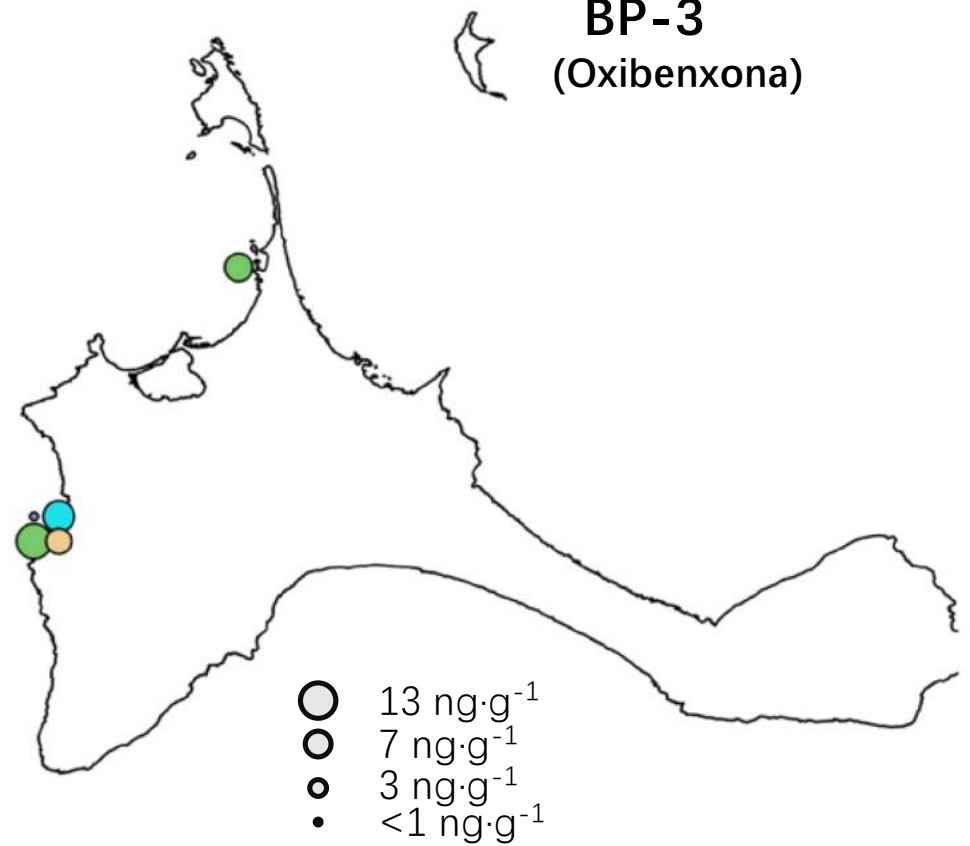
# UVF orgánicos en Posidonia

rizomas raíces  
hojas epífitos

BP-8  
(Benzofenona-8)



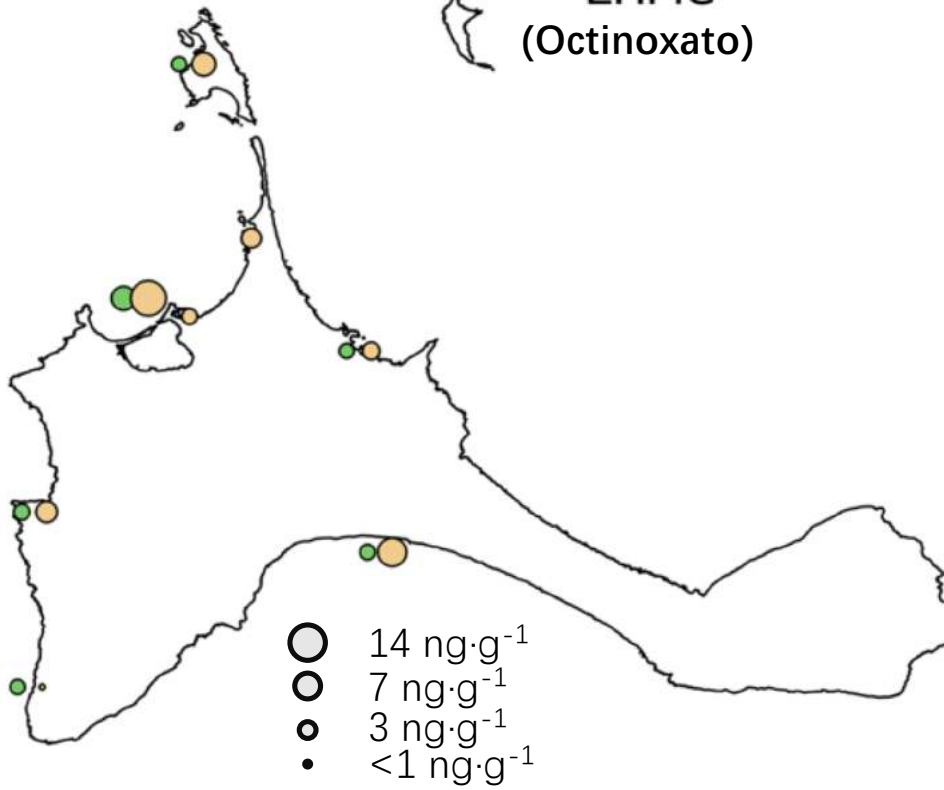
BP-3  
(Oxibenzona)



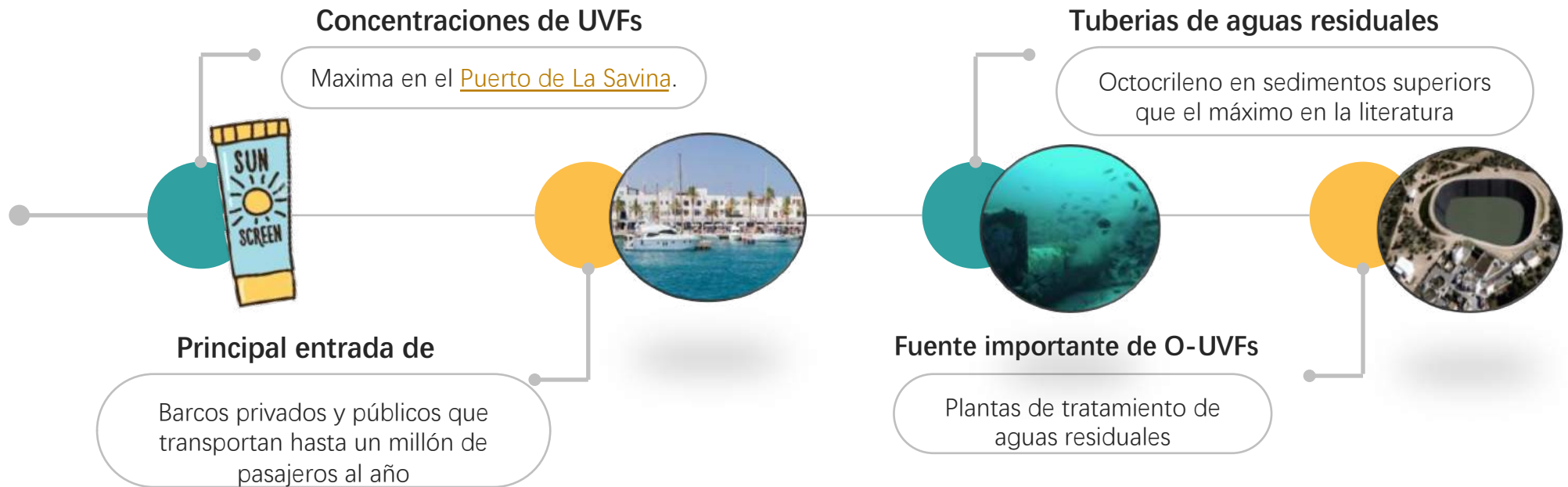
# UVF orgánicos en Posidonia

rizomas raíces  
hojas epífitos

EHMC  
(Octinoxato)



# Resultados destacables

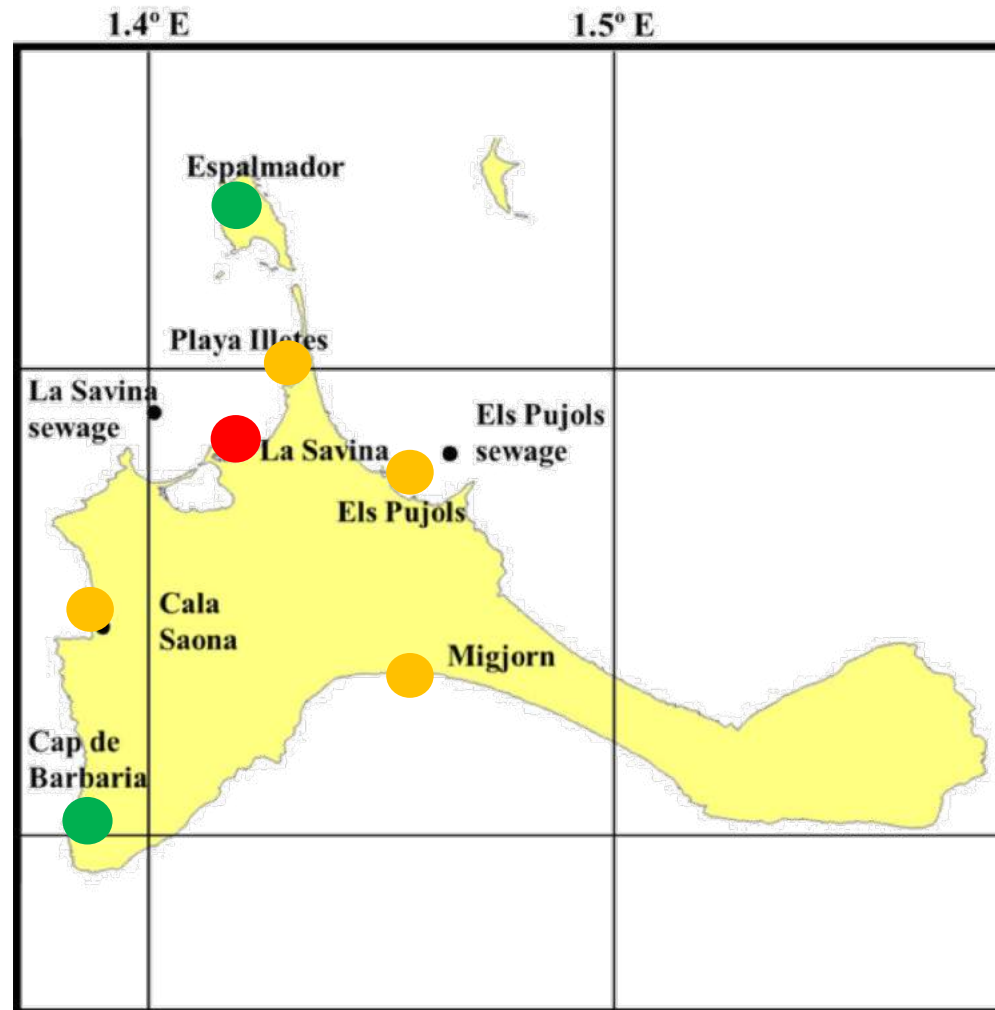


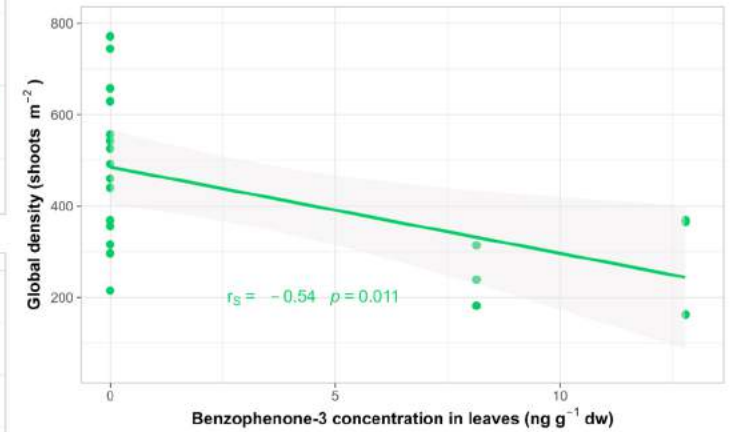
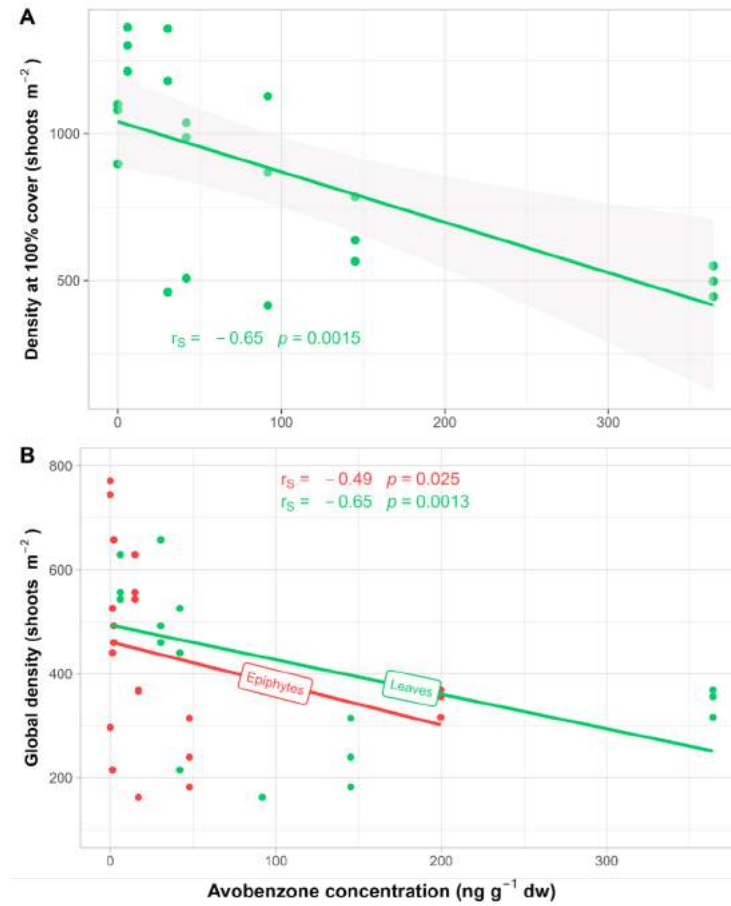
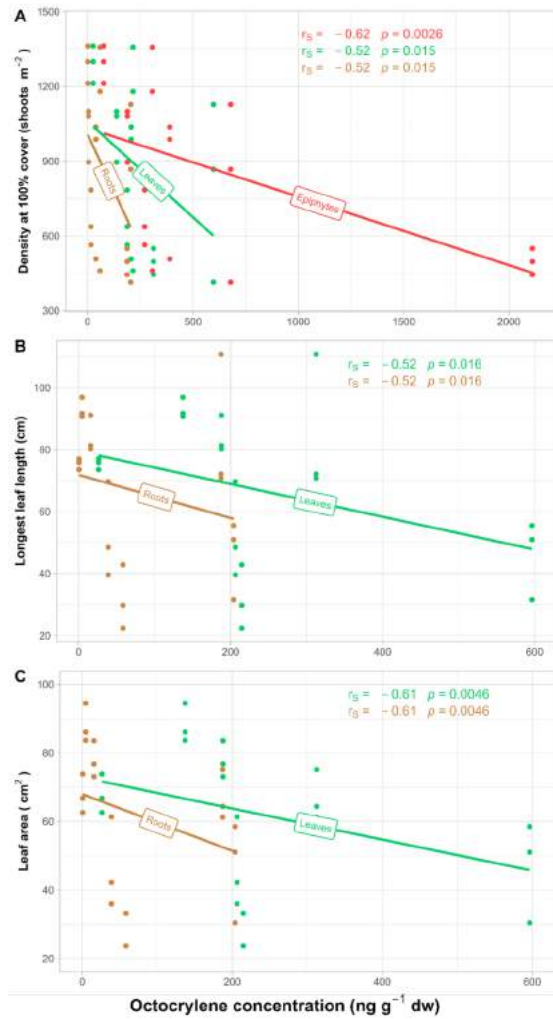
# Estado de conservación de Posidonia

● En equilibrio (buén estado)

● Perturbado

● Muy perturbado





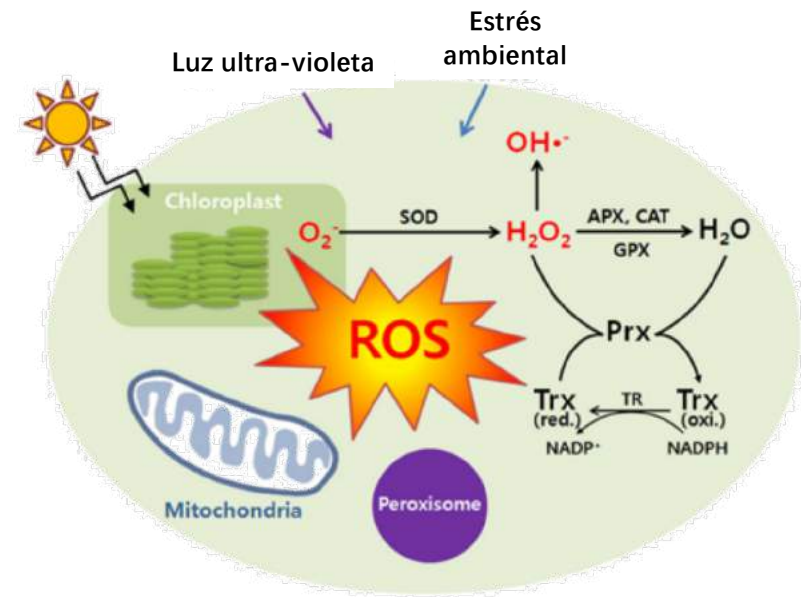
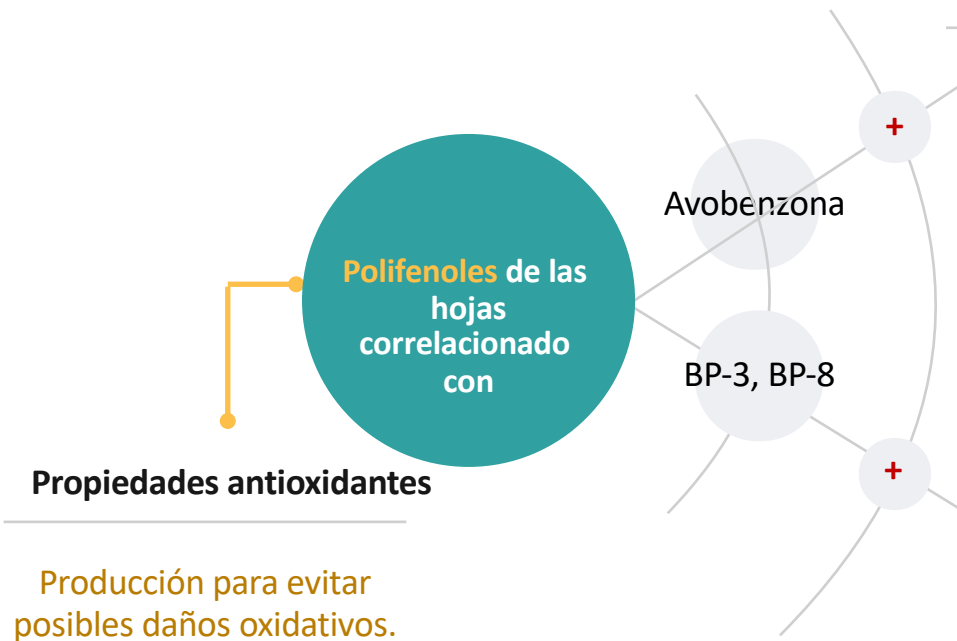
La acumulación de octocrileno, avobenzona y BP-3 en *P. oceanica* puede afectar negativamente al estado de conservación (densidad global y densidad al 100% de cobertura, y morfometría foliar).

# Biomarcadores de estrés oxidativo

especies de oxígeno reactivas (ROS)

sistemas antioxidantes

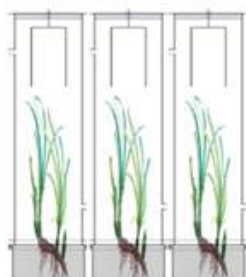
Estos O-UVF desencadenaron una producción excesiva de ROS en *P. oceanica*?



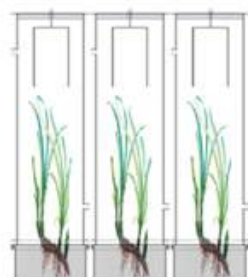
# Experimentos *in situ*

en cámara con filtros UV

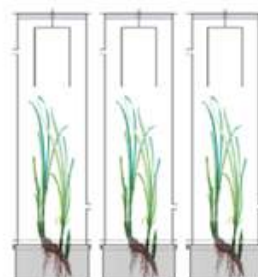
- Instalación en **Racó d'es Moro**
- Corto plazo: **48 horas**



Control



[Baja]



[Alta]

Contaminante

1	Mezcla de cremas solares	6,08 mg L <sup>-1</sup>	✘
2	Dióxido de titanio (TiO <sub>2</sub> )	0,042 µg L <sup>-1</sup>	37,6 µg L <sup>-1</sup>
3	Benzofenona-3 (BP-3)	246,99 ng L <sup>-1</sup>	1115 ng L <sup>-1</sup>

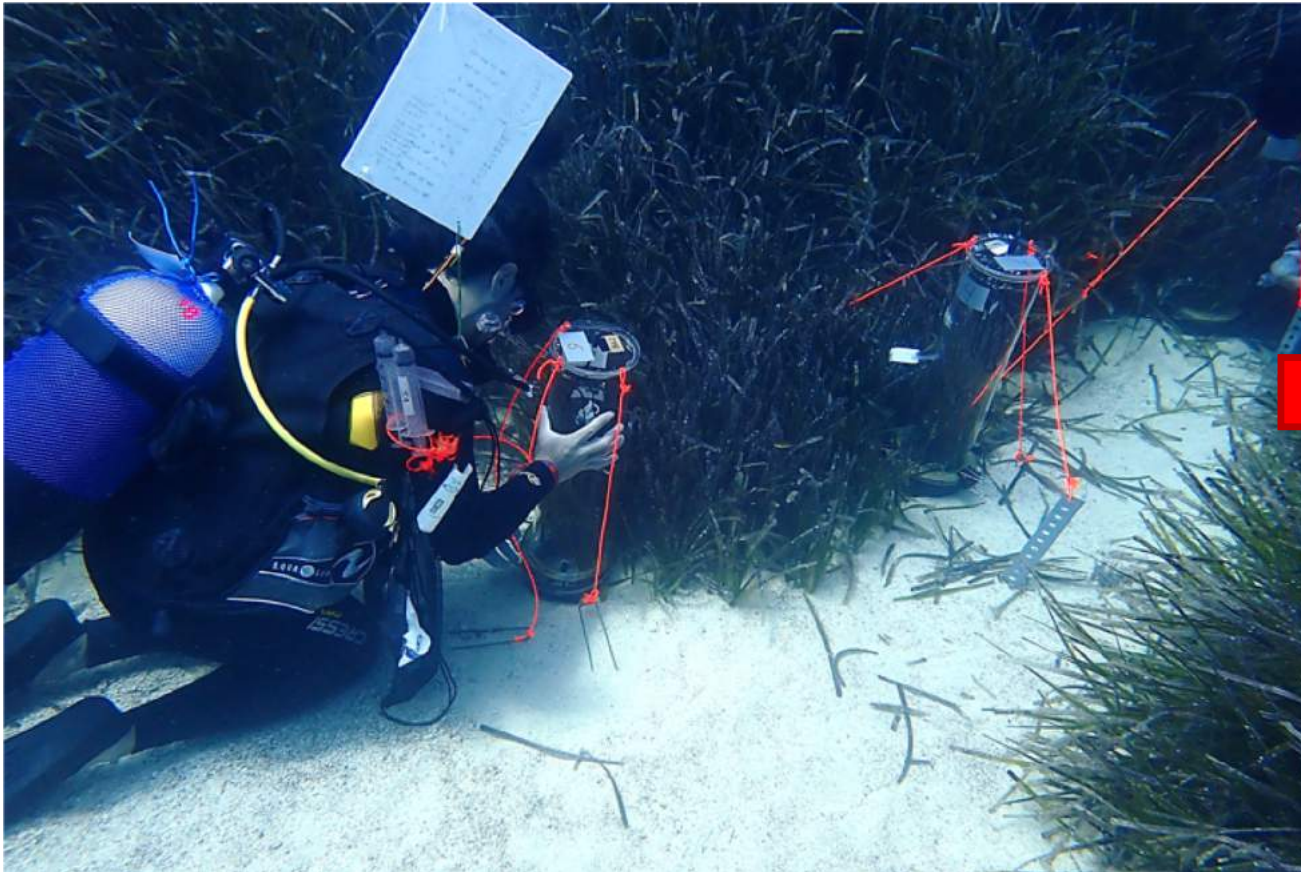
Variables respuesta en hojas de *P. oceanica*

- ✓ Indicadores de estrés oxidativo.
- ✓ Producción primaria y respiración.
- ✓ Producción de clorofila.
- ✓ Fijación de nitrógeno (N<sub>2</sub>).
- ✓ Incorporación de componentes en tejidos.

Monitorización de parámetros físico-químicos: temperatura, salinidad y transparencia del agua, luz (HOBOS), nutrientes disueltos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, TDP, TDN) y concentración de contaminantes en agua.



## Instalación de cámaras



## Extracción de muestras

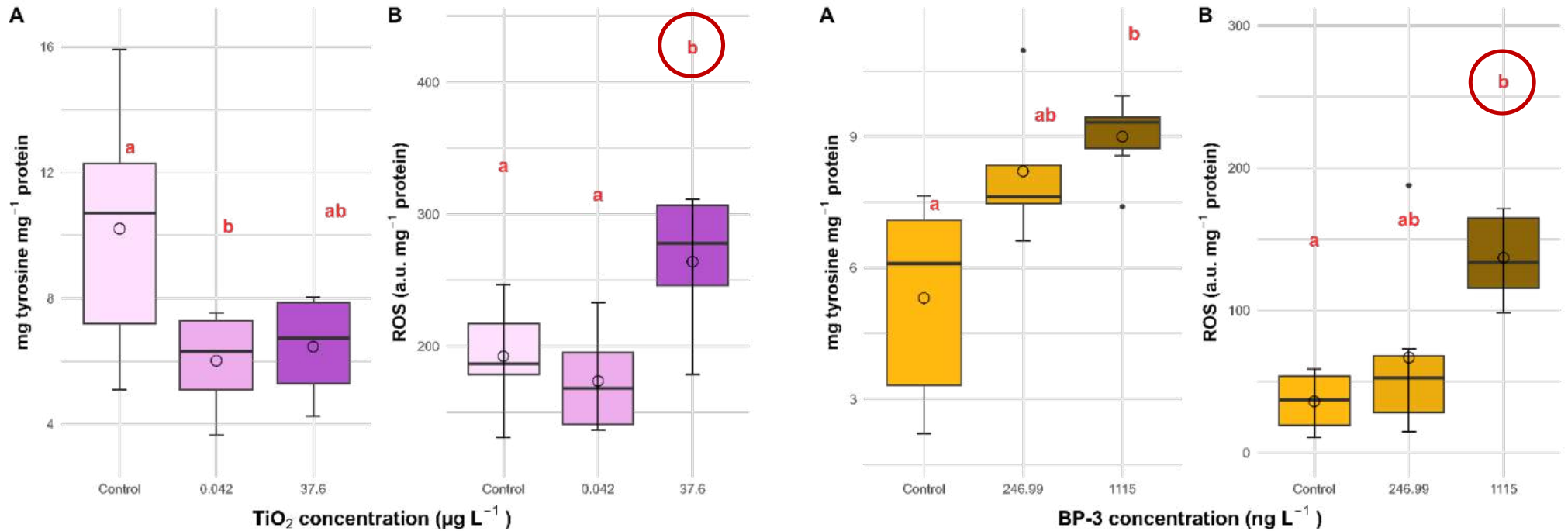


# Resultados



No hubo efecto en el experimento con adición de la mezcla de cremas solares comerciales.

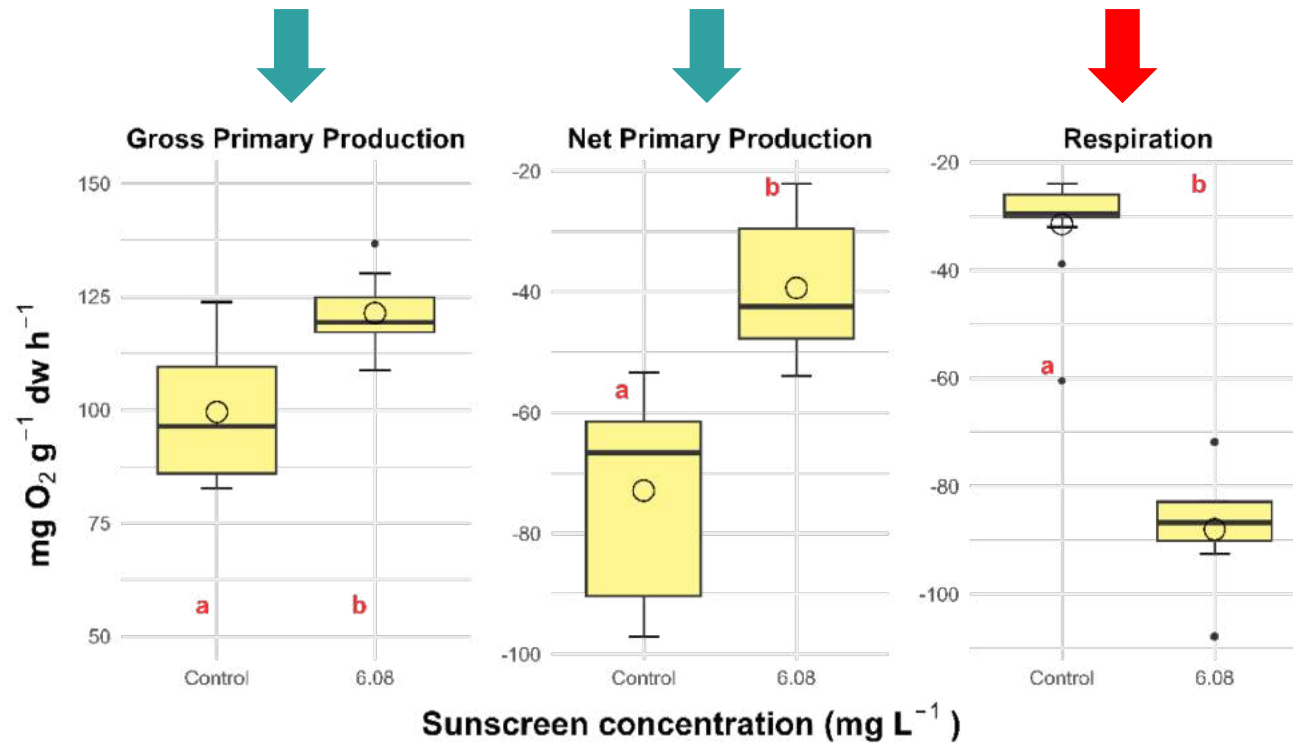
## Biomarcadores de estrés oxidativo



Tanto el TiO<sub>2</sub>, como el BP-3, promovieron la producción de ROS en las hojas de *P. oceanica*.

## Tasas de producción primaria

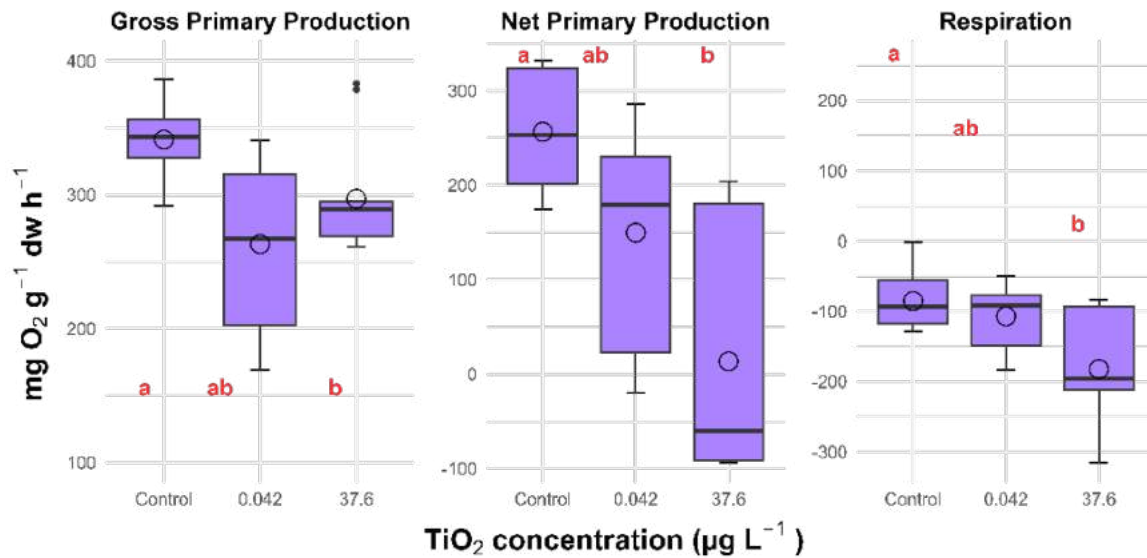
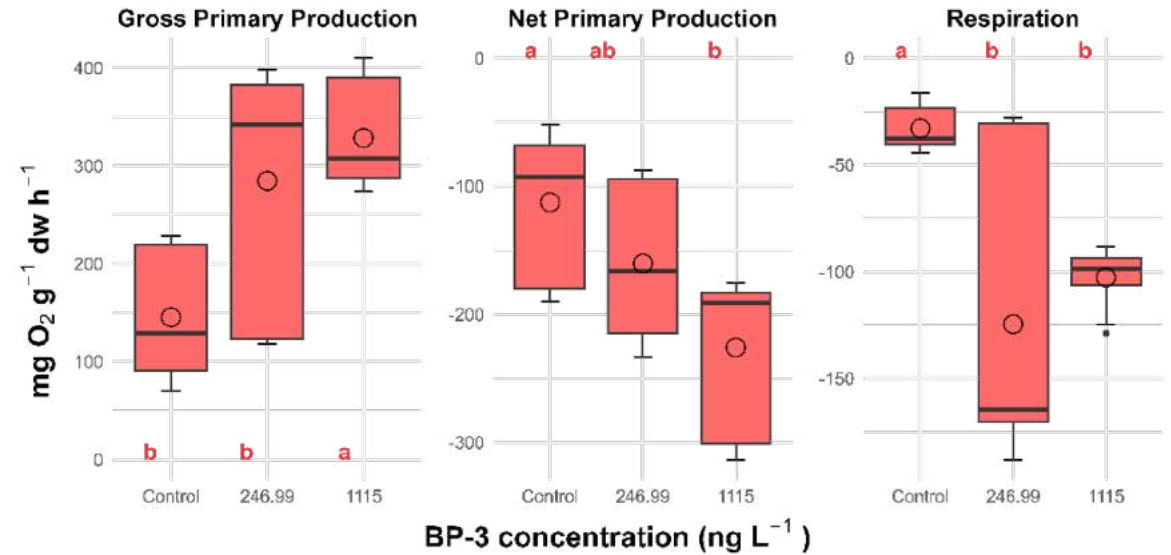
- La adición de cremas solares favoreció las tasas de producción primaria bruta y neta.
- También promovió altas tasas de respiración.



## Tasas de producción primaria

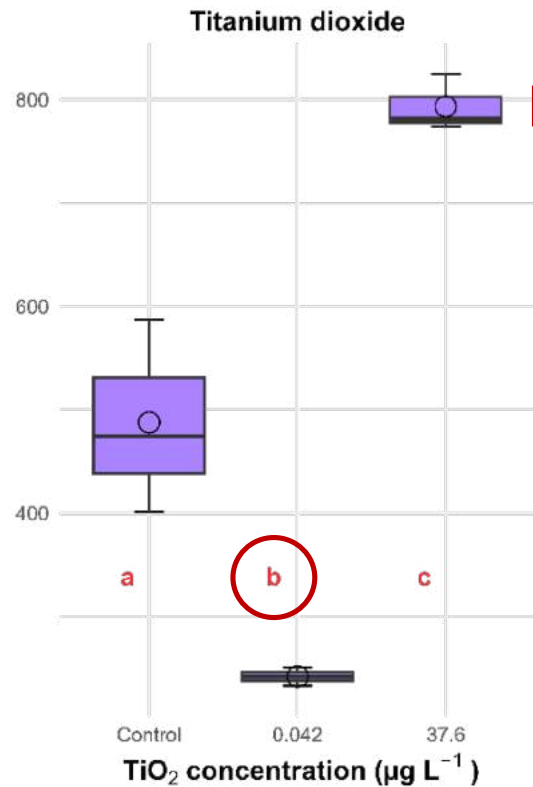
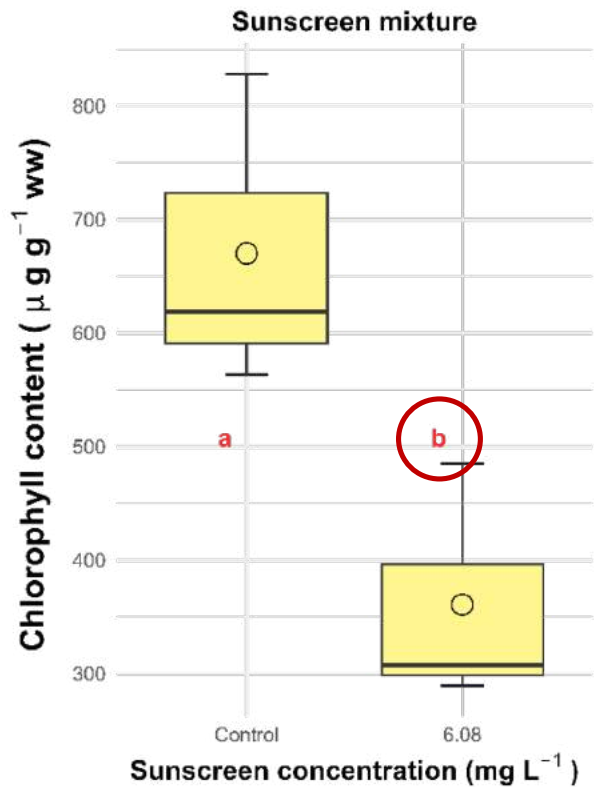


Ambos filtros UV promovieron altas tasas de respiración.



La ganancia neta de carbono en *P. oceanica* resultó negativa en ambos casos, y la bruta también bajo exposición de TiO<sub>2</sub>.

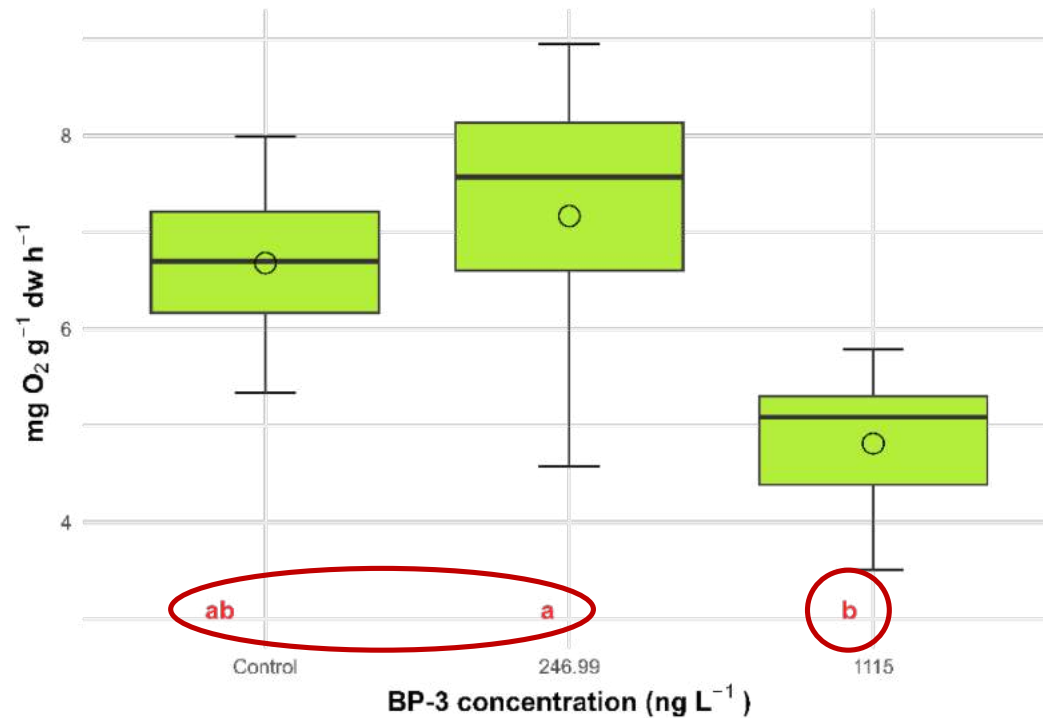
## Producción de clorofila



¿Estimulación de la síntesis de proteínas?

✓ La producción de clorofila total en hojas de *P. oceanica* disminuyó en los tratamientos de cremas solares y bajo concentraciones mínimas de  $\text{TiO}_2$ .

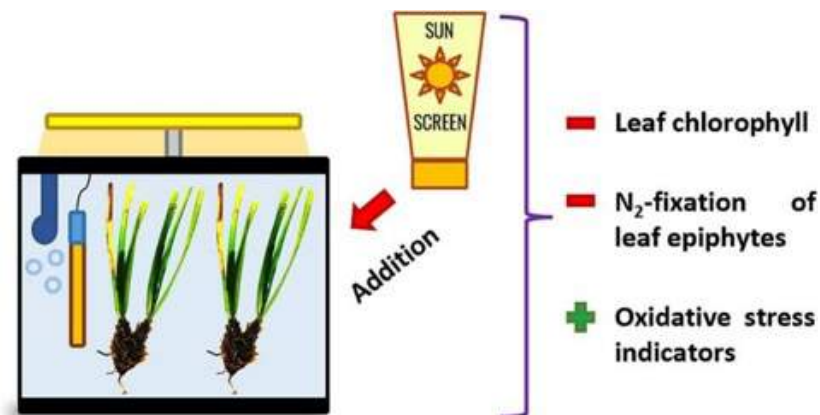
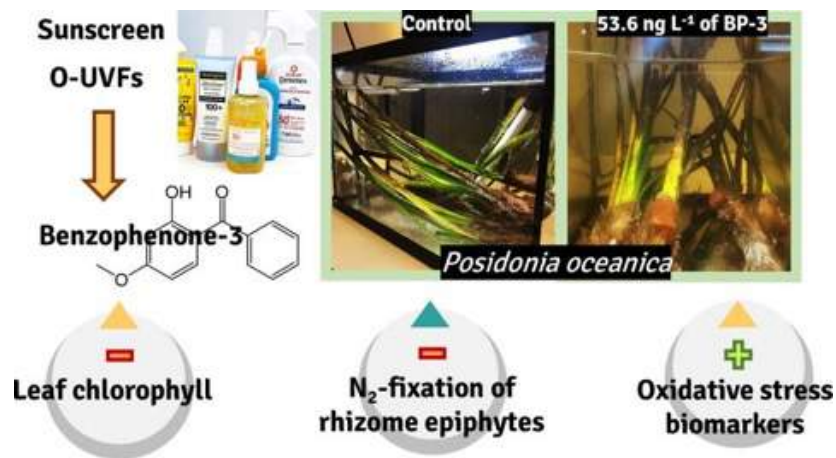
## Tasas de fijación de N<sub>2</sub>



✓ El tratamiento con concentraciones mínimas de BP-3 **NO** se diferenció del control.

✓ Concentraciones máximas de BP-3 inhibieron la fijación de N<sub>2</sub> asociada a las hojas de *P. oceanica*.

# Nuestras investigaciones previas



Science of the Total Environment 918 (2024) 170751



Effects of the sunscreen ultraviolet filter oxybenzone (benzophenone-3) on the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile and its associated N<sub>2</sub> fixers

Manuela Gertrudis García-Márquez<sup>\*</sup>, José Carlos Rodríguez-Castañeda, Nona S.R. Agawin

Marine Pollution Bulletin 187 (2023) 114507



Sunscreen exposure interferes with physiological processes while inducing oxidative stress in seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile

Manuela Gertrudis García-Márquez<sup>\*</sup>, José Carlos Rodríguez-Castañeda, Nona S.R. Agawin



# Nuevos resultados

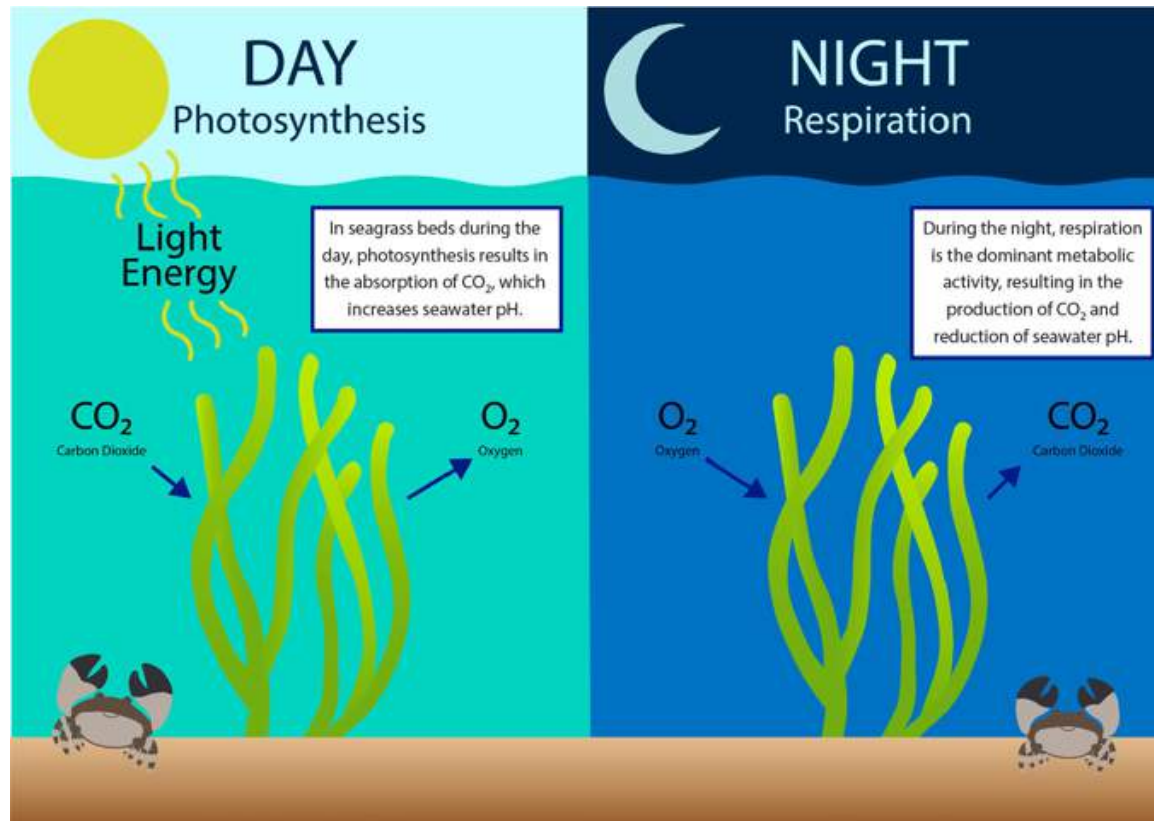
Efectos del  $\text{TiO}_2$  y BP-3 en la producción primaria de *P. oceanica*

1



Inhibición de la fotosíntesis

Reacción de luz en la membrana tilacoide y el ciclo de Calvin-Benson en el estroma del cloroplasto.



2

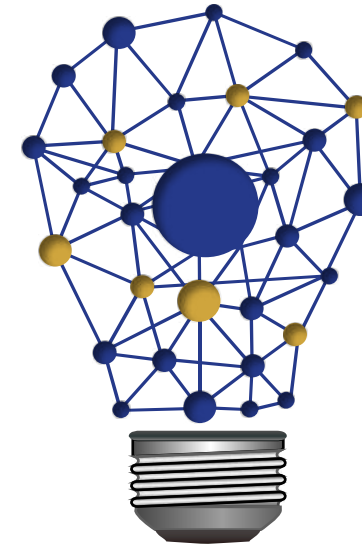


Incremento de la respiración

Contaminantes tóxicos pueden incrementar la respiración en ecosistemas marinos.

# CONCLUSIONES

Nuestros datos correlacionales proporcionan pistas sobre los posibles efectos de los UVF acumulados en *P. oceanica*



1



## Necesidad de pruebas de toxicidad

Con puntos finales bien definidos y estandarizados.

2



## Estudios futuros

Cómo se transfieren los UVF acumulados en la planta a niveles tróficos superiores.

3



## Importante para la gestión

Proteger las praderas marinas en costas que reciben cantidades significativas de UVF.

4



## Filtros UV nocivos

Evidencia *in situ* de los efectos nocivos del TiO<sub>2</sub> y BP-3 en el funcionamiento de la planta.





Gracias por vuestra atención!