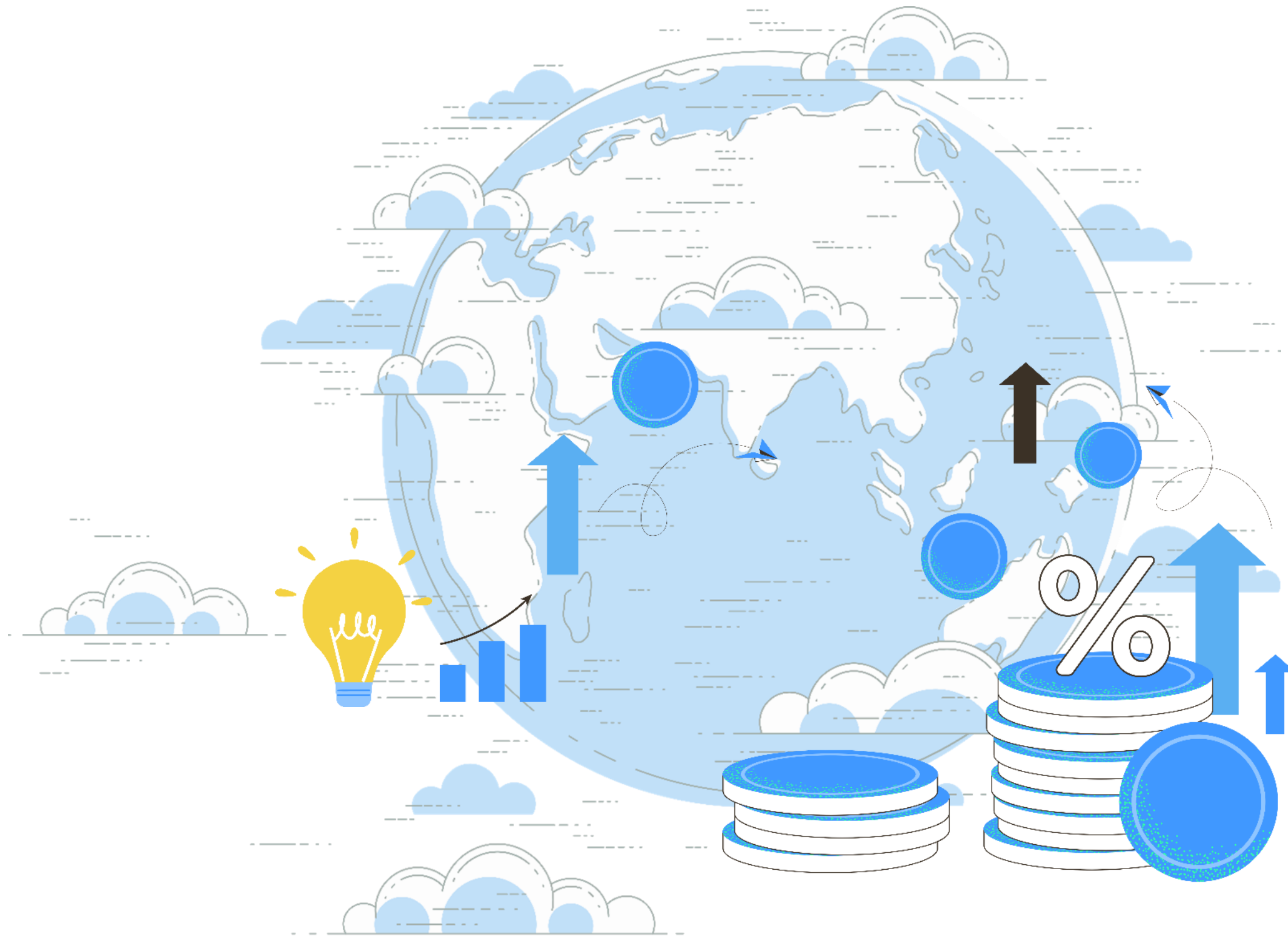



 **Huelva**  
Del 18 al 20 de octubre de 2022

# Foro Internacional de transferencia del Conocimiento en Economía Azul



 **AGENCIA DE GESTIÓN AGRARIA  
Y PESQUERA DE ANDALUCÍA**  
Consejería de Agricultura, Ganadería  
Pesca y Desarrollo Sostenible

 **Interreg**  
España - Portugal  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



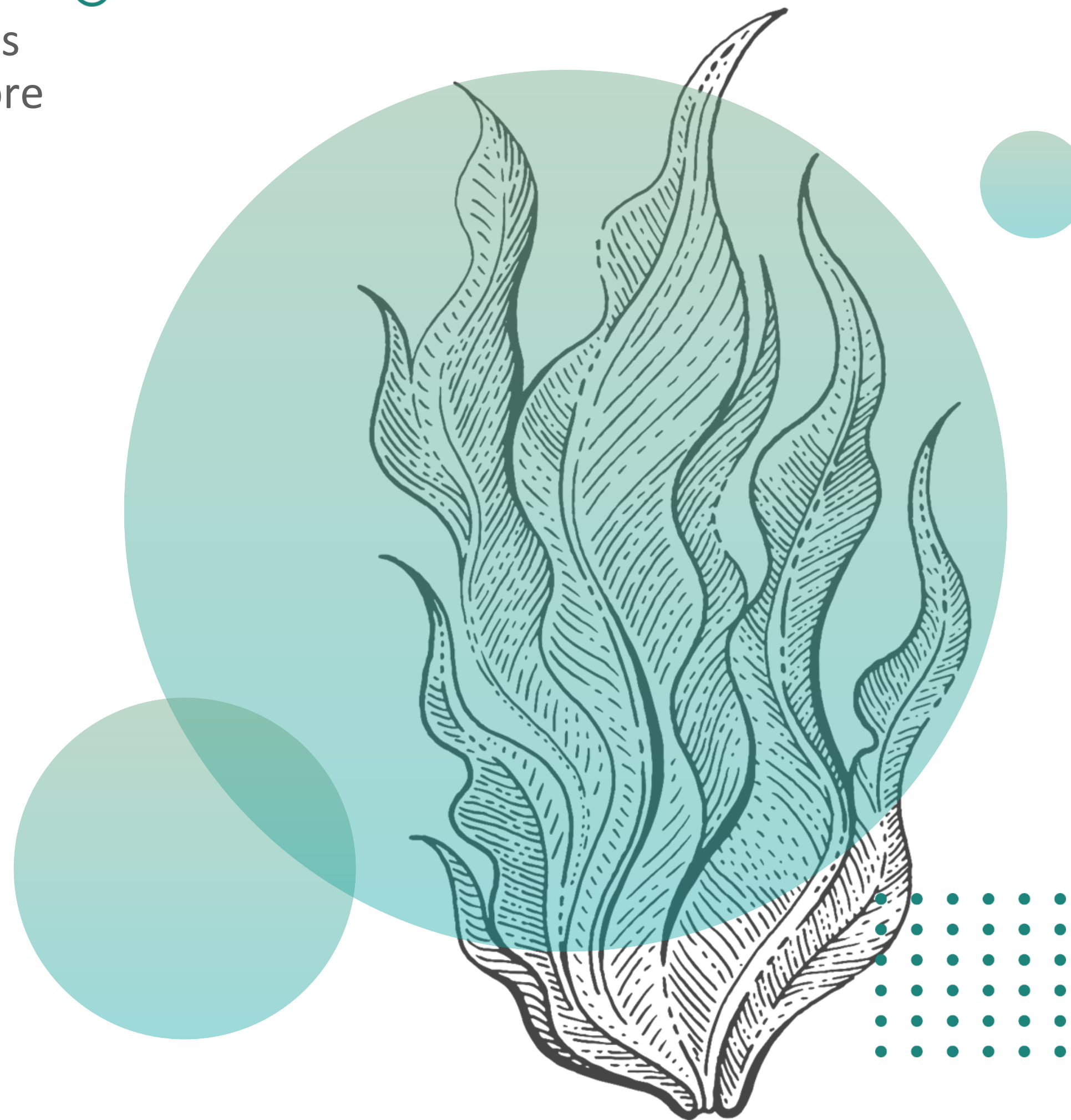
 **Atlazul**

20



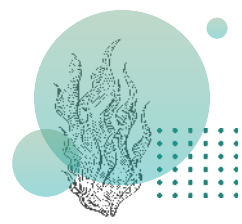
Jueves  
octubre  
2022

Ayamonte



## Microalgas, Macroalgas y Probióticos en la Formulación de Piensos para Acuicultura

Microalgas, Macroalgas e Probióticos  
na Formulação. de Piensos para  
Acuicultura



# El papel de las biomasas de macroalgas en la formulación de piensos para acuicultura: Estado del arte

20  
Jueves  
octubre  
2022



 Ayamonte



## Erik-jan Malta

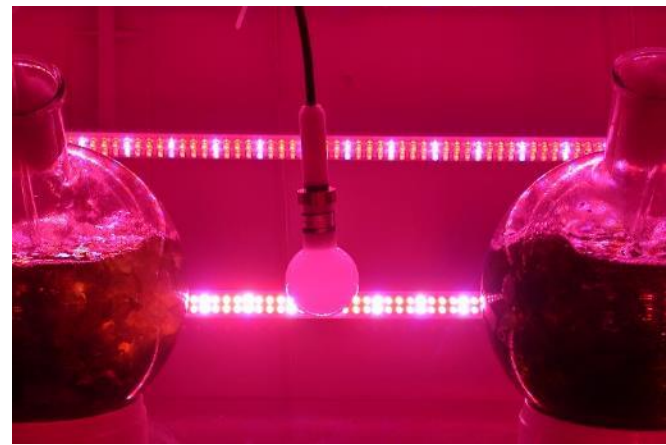
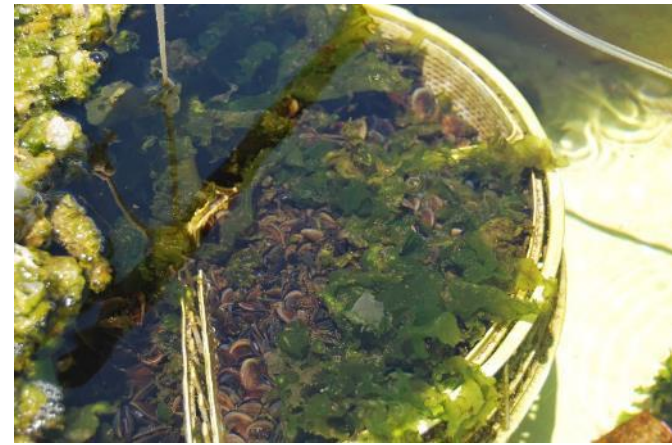
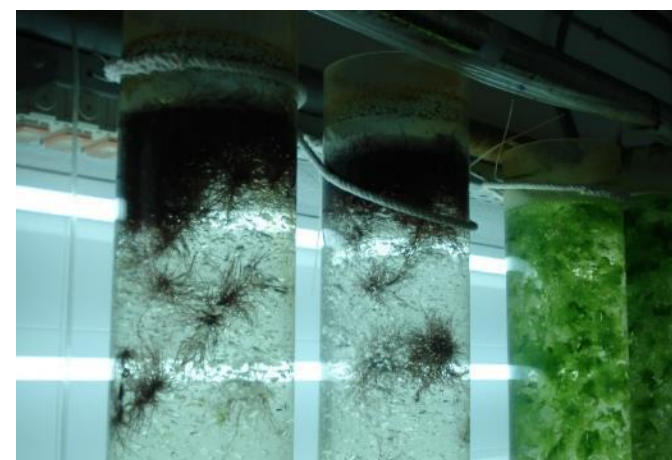
Centro Tecnológico de la Acuicultura de Andalucía (CTAQUA)

El Puerto de Santa María, Spain

[www.ctaqua.es](http://www.ctaqua.es), [e.malta@ctaqua.es](mailto:e.malta@ctaqua.es)







## Objetivos

Inventario de la literatura existente sobre el uso de las macroalgas en “aquafeeds”, piensos en acuicultura para todos los grupos de animales



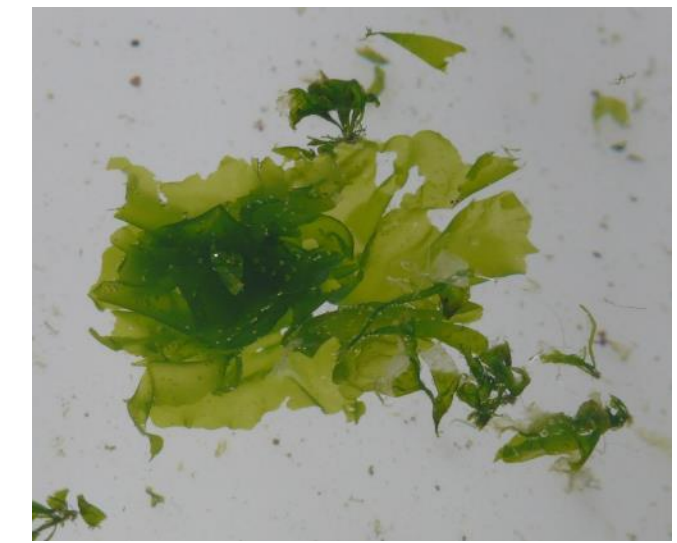
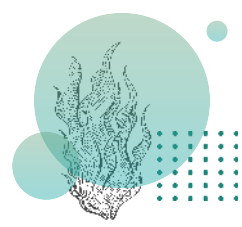


# “Base de datos” tipo Excel, recogida metadatos:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Cultured species 1	Tax category	Troph.1	Stage 1	Macroalgal species 1	Macroalgal species 2	Macroalgal species 3	Macroalgal species 4	Variables	Inclusion	Food or Functional	Meal/Whole seaweed or Extr	Reference	Remarks
108	<i>Labeo rohita</i> (Rohu)	Fish	O/H	juveniles	<i>Sargassum wightii</i>				Growth and immune responses	Fucoidan-rich seaweed extract at 2%	Funct	E	Sajina et al. (2019)	
109	<i>Salmo salar</i> (Atlantic salmon)	Fish	C	juveniles	<i>Palmaria palmata</i>				Growth, haematology, immunity and liver function	5, 10 and 15% seaweed meal, replacing mainly corn and fish meal	Food	M	Wan et al. (2016)	
110	<i>Strombus luhuanus</i> (strawberry conch)	Mollusc	H	adults	<i>Laminari japonica</i>	<i>Eucheuma gelatinae</i>	<i>Undaria pinnatifida</i>		Growth, survival, intestine histology, enzyme	Pre-frozen and thawed entire seaweed	Food	M	Li et al. (2020)	
111	<i>Pagrus major</i> (Red sea bream)	Fish	C	juveniles	<i>Gracilaria lemaneiformis</i>				Growth, carcass composition, and activities of enzymes related to nutritional metabolism	0%, 3%, 6%, 9%, 12%, and 15% seaweed meal, replacing mainly wheat	Food	M	Xuan et al. (2019)	Synonime fish name: <i>Pagrosomus major</i>
112	<i>Litopenaeus vannamei</i> (White shrimp)	Crustacean	O	post-larvae	<i>Gracilaria tenuistipitata</i>				Water quality and shrimp performance	Different shrimp and seaweed densities	Funct	M	Anh et al. (2019)	
113	<i>Haliotis discus</i> (abalone)	Mollusc	H	juveniles	<i>Undaria pinnatifida</i>				Growth performance and soft body composition	25, 50, 75, and 100% composition of algae / carrot leaves	Food	M	Baek et al. (2019)	
	<i>Haliotis discus</i> (abalone)	Mollusc	H	juveniles	<i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Ulva australis</i>	<i>Sargassum horneri</i>		Growth performance and soft body	20, 40, 60, 80, and 100% of mix of Uva/Sargassum	Food	M	Ansary et al. (2019)	

Actualmente 180 artículos (incl. 2 de revisión, 3 líneas de células)





# Primeras (?) publicaciones (1986), crecimiento explosivo > 2016:

Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 52(11), 1887-1893 (1986)

## Effect of *Ulva* Meal Supplement to Diet on the Lipid Metabolism of Red Sea Bream

Heisuke Nakagawa\* and Shogoro Kasahara\*

(Accepted April 10, 1986)

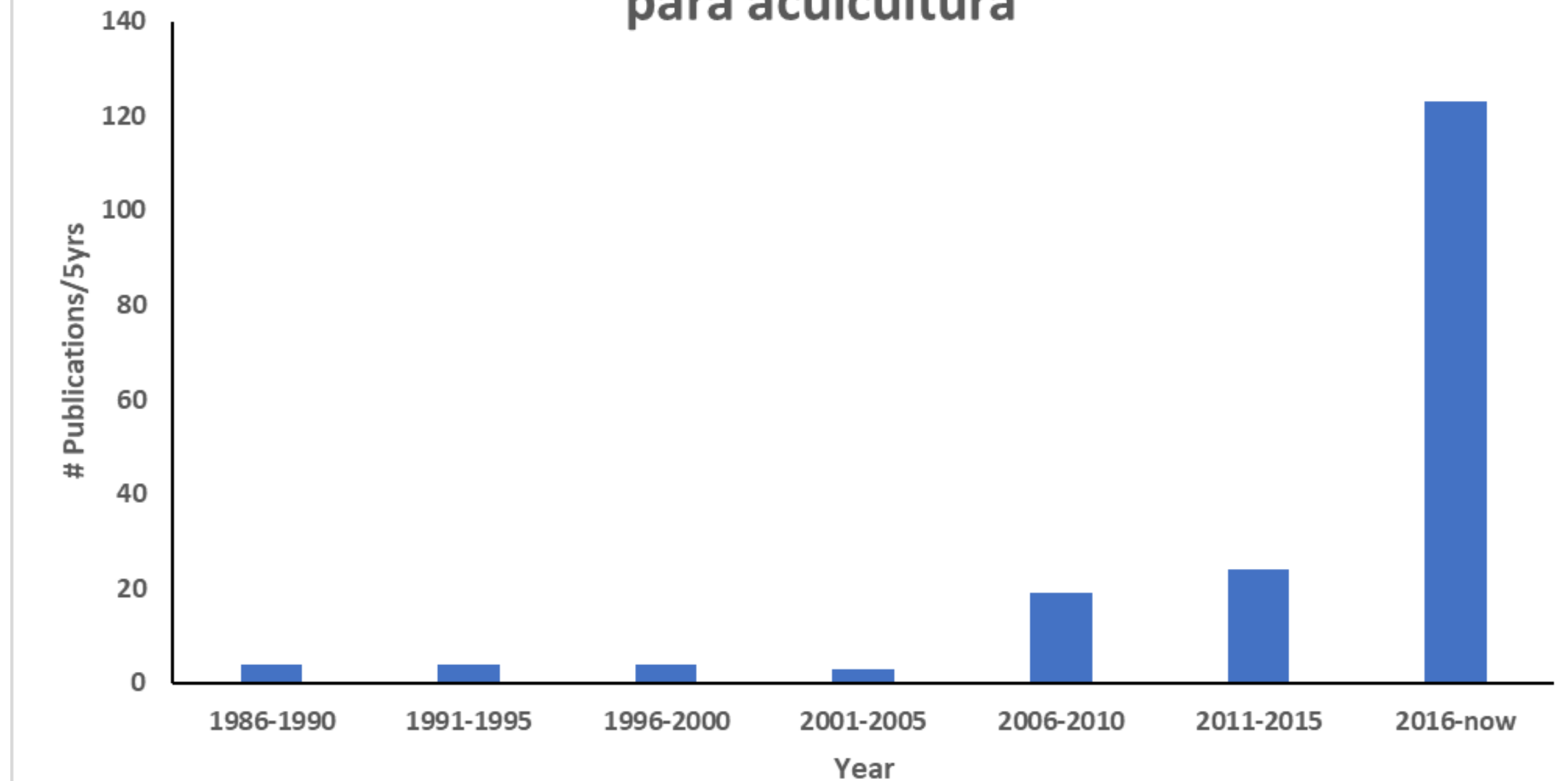
Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 52(8), 1465-1468 (1986)

## Effects of Dietary Wakame *Undaria penatifida* and *Ascophyllum nodosum* Supplements on Growth, Feed Efficiency, and Proximate Compositions of Liver and Muscle of Red Sea Bream\*<sup>1</sup>

Yasuo Yone,\*\* Masayuki Furuichi,\*\* and Kazunari Urano\*\*

(Accepted February 7, 1986)

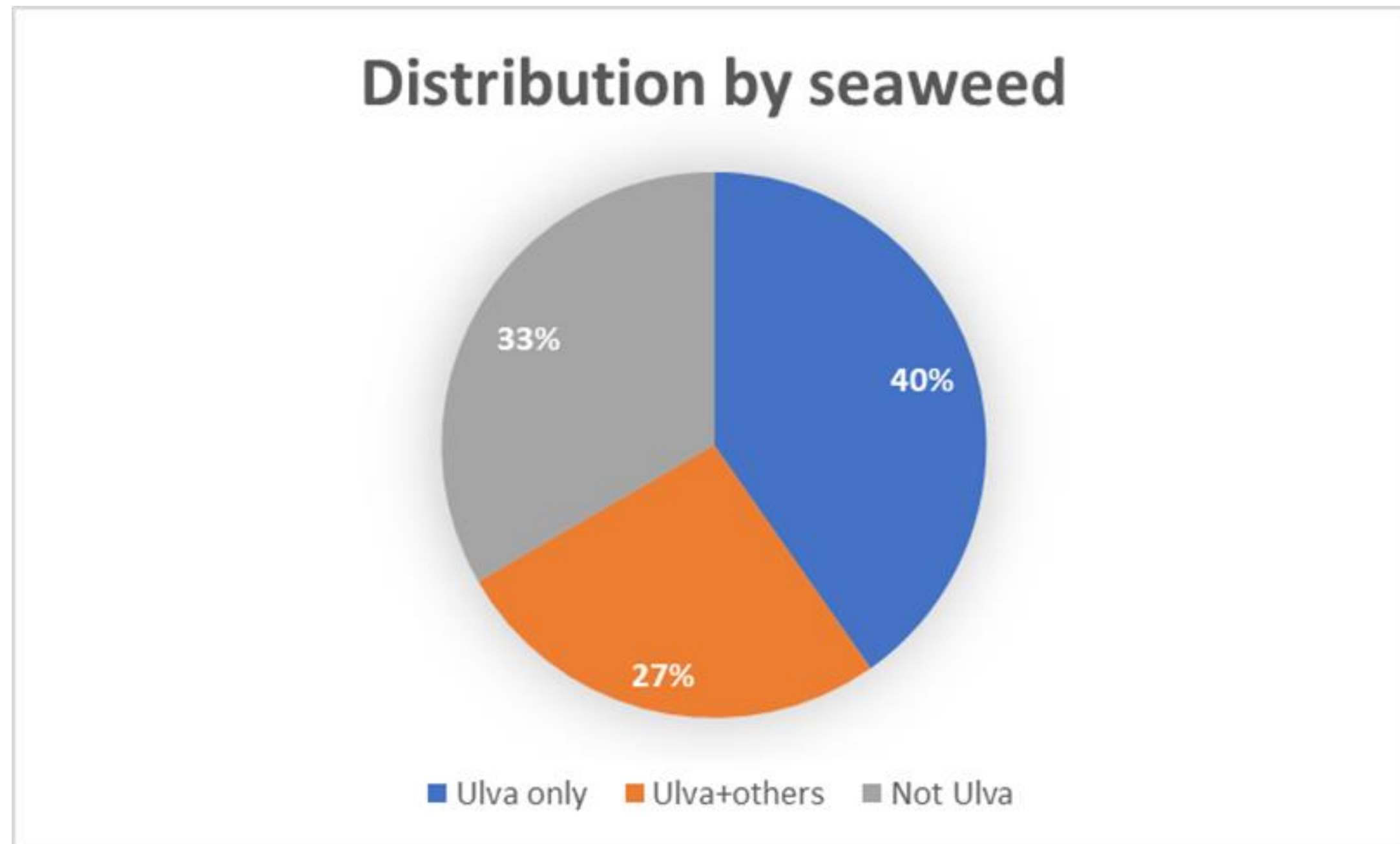
## Estudios en el uso de macroalgas en piensos para acuicultura



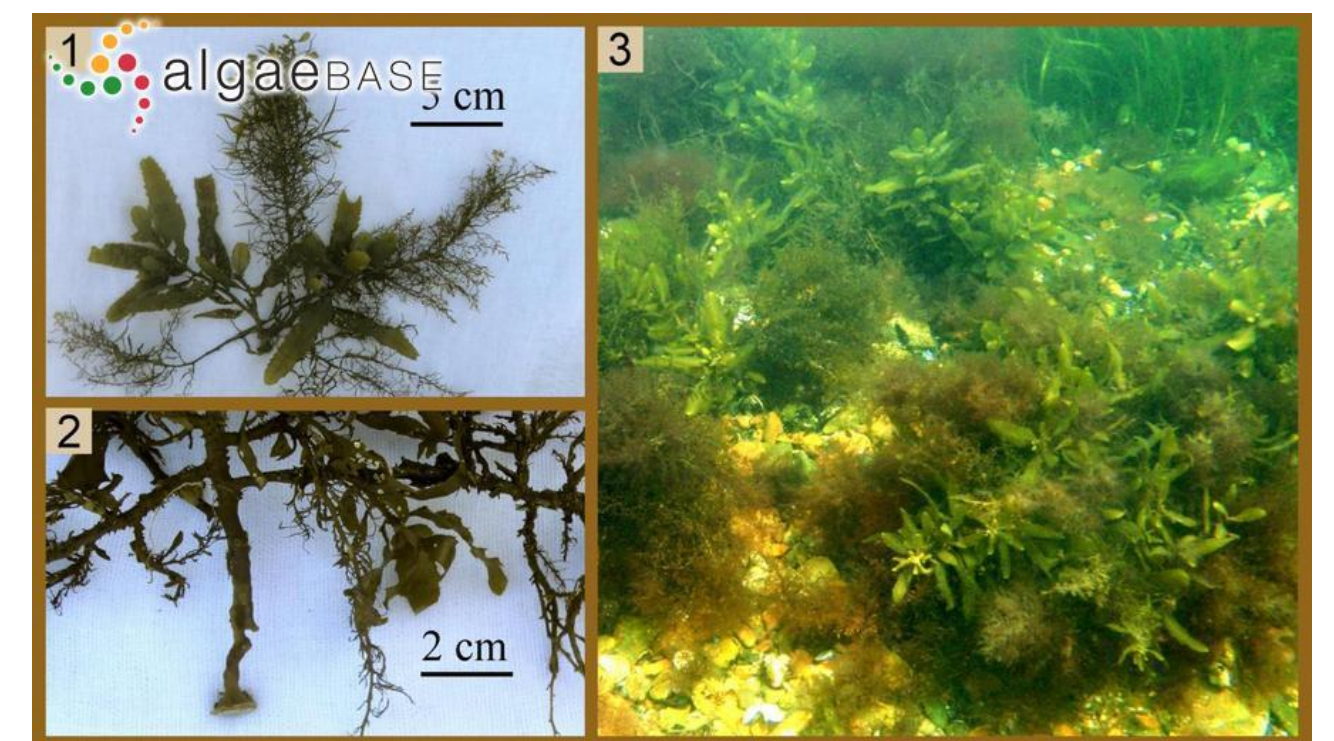




# Algas más investigadas:



Top 3:  
*Ulva*  
...  
*Gracilaria*  
*Sargassum*







# Géneros de algas usadas:

Chlorophyta	Rhodophyta		Phaeophyta	
<i>Caulerpa</i>	<i>Asparagopsis</i>	<i>Hypnea</i>	<i>Ascophyllum</i>	<i>Laminaria</i>
<i>Codium</i>	<i>Ceramium</i>	<i>Jania</i>	<i>Cystoseira</i>	<i>Lobophora</i>
<i>Ulva</i>	<i>Chondrus</i>	<i>Kappaphycus</i>	<i>Dictyota</i>	<i>Macrocystis</i>
	<i>Corallina</i>	<i>Laurencia</i>	<i>Ecklonia</i>	<i>Padina</i>
	<i>Crassiphycus</i>	<i>Palmaria</i>	<i>Eisenia</i>	<i>Pterocladia</i>
	<i>Cryptonemia</i>	<i>Polycavernosa</i>	<i>Fucus</i>	<i>Sargassum</i>
	<i>Euchema</i>	<i>Porphyra</i>	<i>Hizikia</i>	<i>Undaria</i>
	<i>Gelidium</i>	<i>Pterocladia</i>	<i>Iyengaria</i>	
	<i>Gigartina</i>	<i>Sarconema</i>		
	<i>Gracilaria</i>	<i>Solieria</i>		
	<i>Hydropuntia</i>			







# Investigación por grupo de animales:

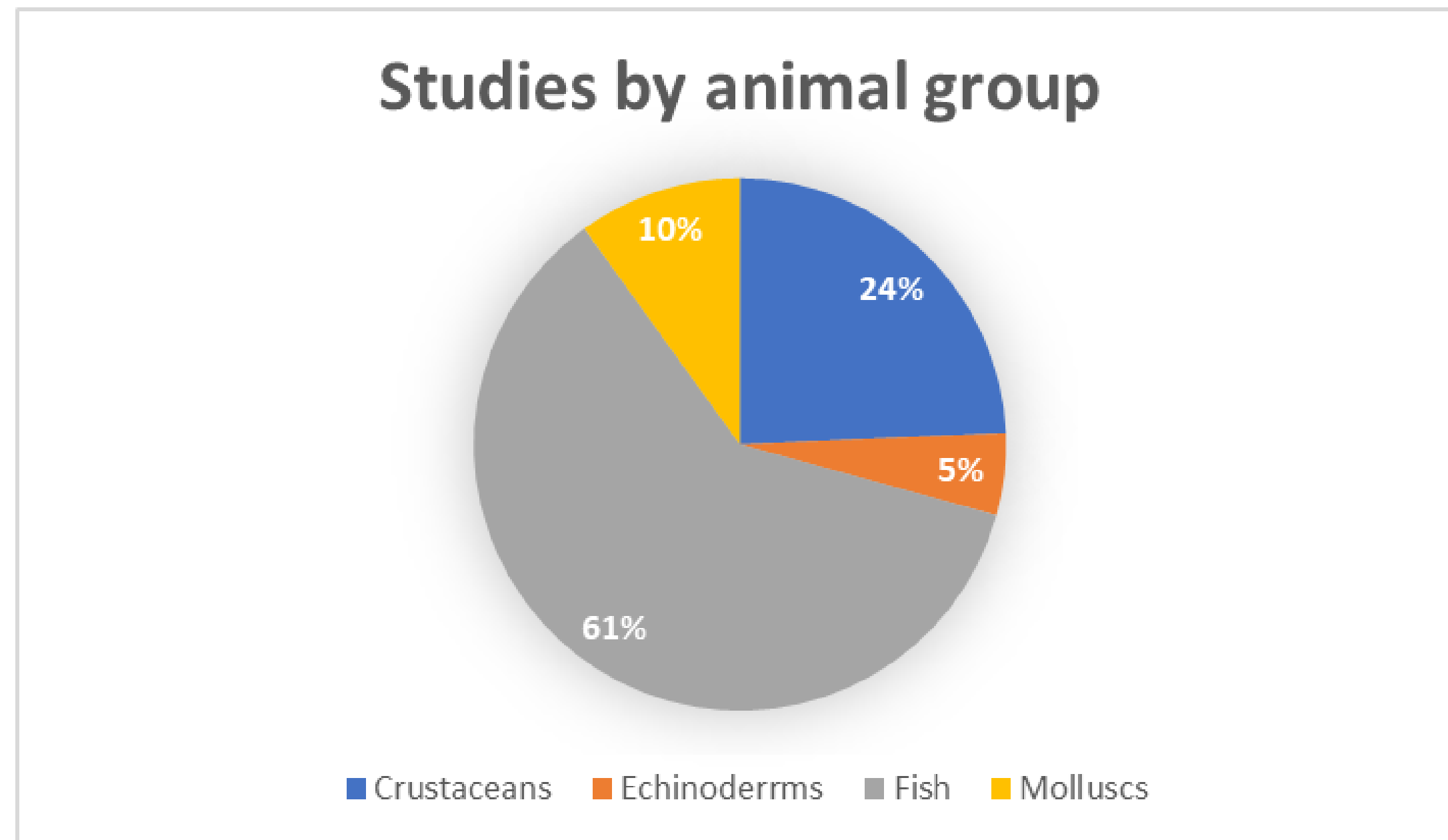


Photo: Toby Hudson



Photo: self,, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5180965>



Photo: Frédéric Ducarme - Own work, CC BY-SA 4.0,



Photo: David.Monniaux



Photo: Miya

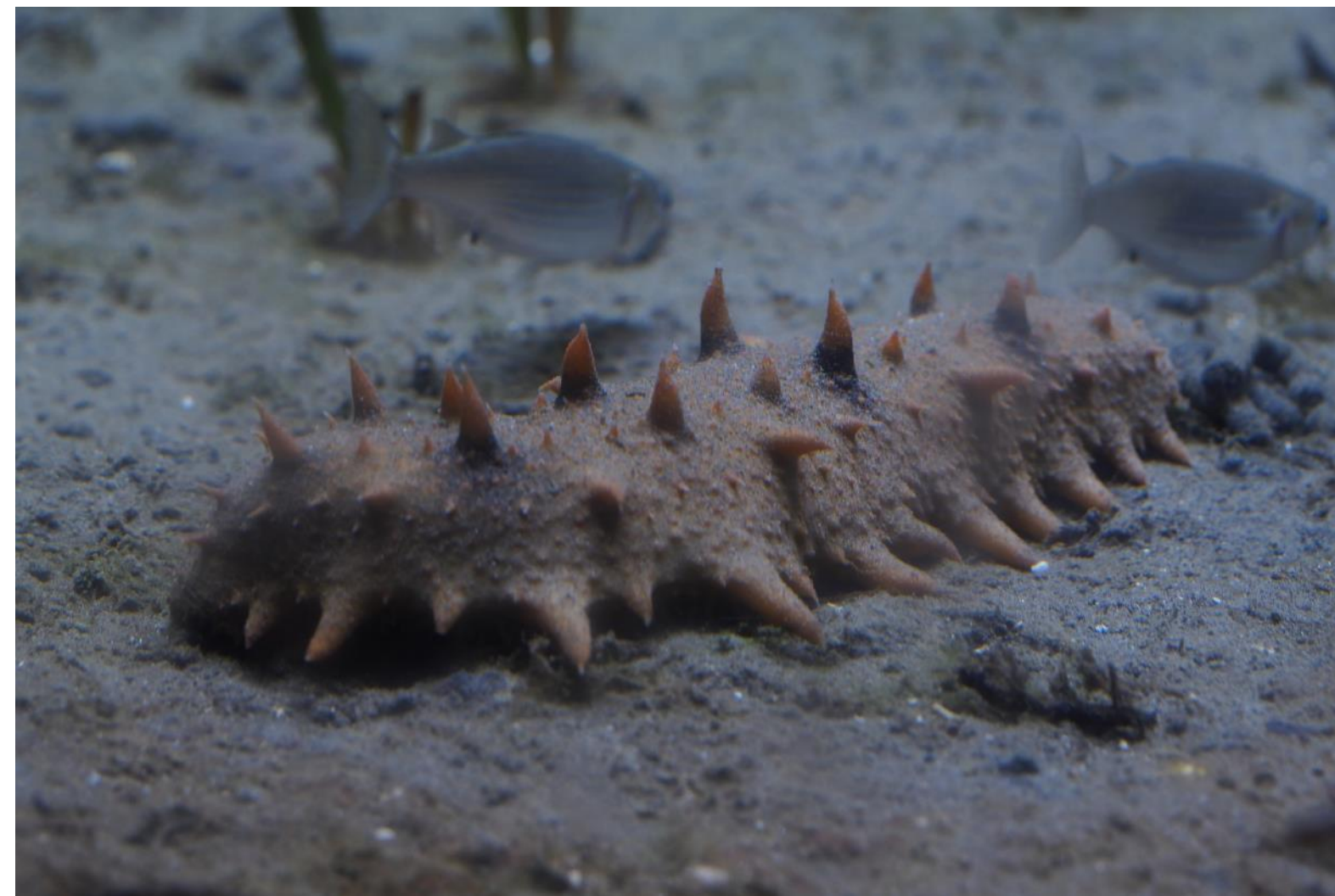




## Especies de echinodermata:



*Paracentrotus lividus*. Photo: FredD.



*Apostichopus japonicus* - Photo: Harum.Koh, Kobe city, Japan

Investigación típica:

Macroalgas como “substituto para piensos artificiales

Efectos en supervivencia, crecimiento, desarrollo, composición proximal, ácidos-grasas, etc.





## Especies de moluscos:



*Turbo sarmaticus*. Photo: H. Zell



*Magallana gigas*.



*Haliotis discus*.  
Photo: Jan Delsing.

Investigación típica:

Macroalgas como “substituto para piensos artificiales

Efectos en supervivencia, crecimiento, desarrollo, composición proximal, ácidos-grasas, etc.

Sur-África: granjas de abalones de forma IMTA con *Ulva*, sirve como materia prima para pienso





## Model IMTA con abalone y *Ulva*:



Photo: Viking Aquaculture (<https://www.vikingaquaculture.co.za/>)

*Ulva* en combinación con abalone

- Biofiltrador
- Cosecha reusado como ingrediente principal en el pienso





# Usos en ostiones:



Aquaculture 500 (2019) 540–549

Contents lists available at ScienceDirect

**Aquaculture**  
journal homepage: [www.elsevier.com/locate/aquaculture](http://www.elsevier.com/locate/aquaculture)

**Alga diet formulation – An attempt to reduce oxidative stress during broodstock conditioning of Pacific oysters**

Helena M. Amaro<sup>a</sup>, Ana Rato<sup>a,b</sup>, Domitília Matias<sup>a,b</sup>, Sandra Joaquim<sup>a,b</sup>, Jorge Machado<sup>a,c</sup>, José F.M. Gonçalves<sup>a,c</sup>, Paulo Vaz-Pires<sup>a,c</sup>, Rodrigo O.A. Ozorio<sup>a</sup>, Luis F. Pereira<sup>a</sup>, Isabel C. Azevedo<sup>a</sup>, Isabel Sousa-Pinto<sup>a,d</sup>, A. Catarina Guedes<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> CIMAR – Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research, University of Porto, Terminal de Cruzeiros de Leixões, Avenida General Norton de Matos s/n, 4450-208, Matosinhos, Portugal  
<sup>b</sup> IPMA, I.P. – Portuguese Institute for Sea and Atmosphere, Av. 5 de Outubro s/n, 8700-305 Olhão, Portugal  
<sup>c</sup> ICBAS – Abel Salazar Biomedical Sciences Institute, University of Porto, Rua Jorge de Viterbo Ferreira, 228 4050-313 Porto, Portugal  
<sup>d</sup> FCUP – Faculty of Sciences, University of Porto, Rua do Campo Alegre s/n, 4169- 007, Porto, Portugal

Check for updates

Journal of Applied Phycology (2020) 32:3481–3493  
<https://doi.org/10.1007/s10811-020-02167-4>

## Seaweed single cell detritus effects on the digestive enzymes activity and microbiota of the oyster *Crassostrea gigas*



Peña-Rodríguez Alberto<sup>1</sup> · Morales-Alvarado Gabriela<sup>2</sup> · Elizondo-González Regina<sup>1</sup> · Mendoza-Carrión Gabriela<sup>2</sup> · Tovar-Ramírez Dariel<sup>2</sup> · Escobedo-Fregoso Cristina<sup>1</sup>

Received: 2 March 2020 / Revised and accepted: 27 May 2020 / Published online: 22 June 2020  
© Springer Nature B.V. 2020

Aquaculture 541 (2021) 736835

Contents lists available at ScienceDirect

**Aquaculture**  
journal homepage: [www.elsevier.com/locate/aquaculture](http://www.elsevier.com/locate/aquaculture)

**Nutritional contribution of seaweed *Ulva lactuca* single-cell detritus and microalgae *Chaetoceros calcitrans* to the growth of the Pacific oyster *Crassostrea gigas***

Alexia Omont<sup>a</sup>, Clara Py<sup>a,b</sup>, Julián Gamboa-Delgado<sup>c</sup>, Héctor Nolasco-Soria<sup>a</sup>, Milton Spanopoulos-Zarco<sup>d</sup>, Alberto Peña-Rodríguez<sup>e,\*</sup>

<sup>a</sup> Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Instituto Politécnico Nacional 195, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, B.C.S. 23096, Mexico  
<sup>b</sup> Université de Bordeaux, 2 rue du Professeur Jolyet, 33120 Arcachon, France  
<sup>c</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Facultad de Ciencias Biológicas, San Nicolás de los Garza, N.L. 66455, Mexico  
<sup>d</sup> Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), Carr. Transpeninsular al sur Km 5.5, Col. Mezquitito, La Paz, B.C.S. 23080, Mexico  
<sup>e</sup> CONACYT – Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Instituto Politécnico Nacional 195, La Paz, B.C.S. 23096, Mexico

Check for updates





# Especies de peces, top 5: (¿dónde está el salmón?)



*Oncorhynchus mykiss*  
(trucha arcoíris)



*Dicentrarchus labrax*  
(lubina)



By Germano Roberto Schüür - Own work, CC BY-SA 4.0,

*Oreochromis niloticus*  
(tilapia del Nilo)



By Roberto Pillon

*Sparus aurata*  
(dorada)



*Solea senegalensis*  
(lenguado)





# Especies de crustáceos:



Mercado municipal de Cádiz – A.M. Arias

*Litopenaeus vannamei*  
(langostino vannamei)



By CSIRO, CC BY 3.0,

*Penaeus monodon*  
(langostino tigre)



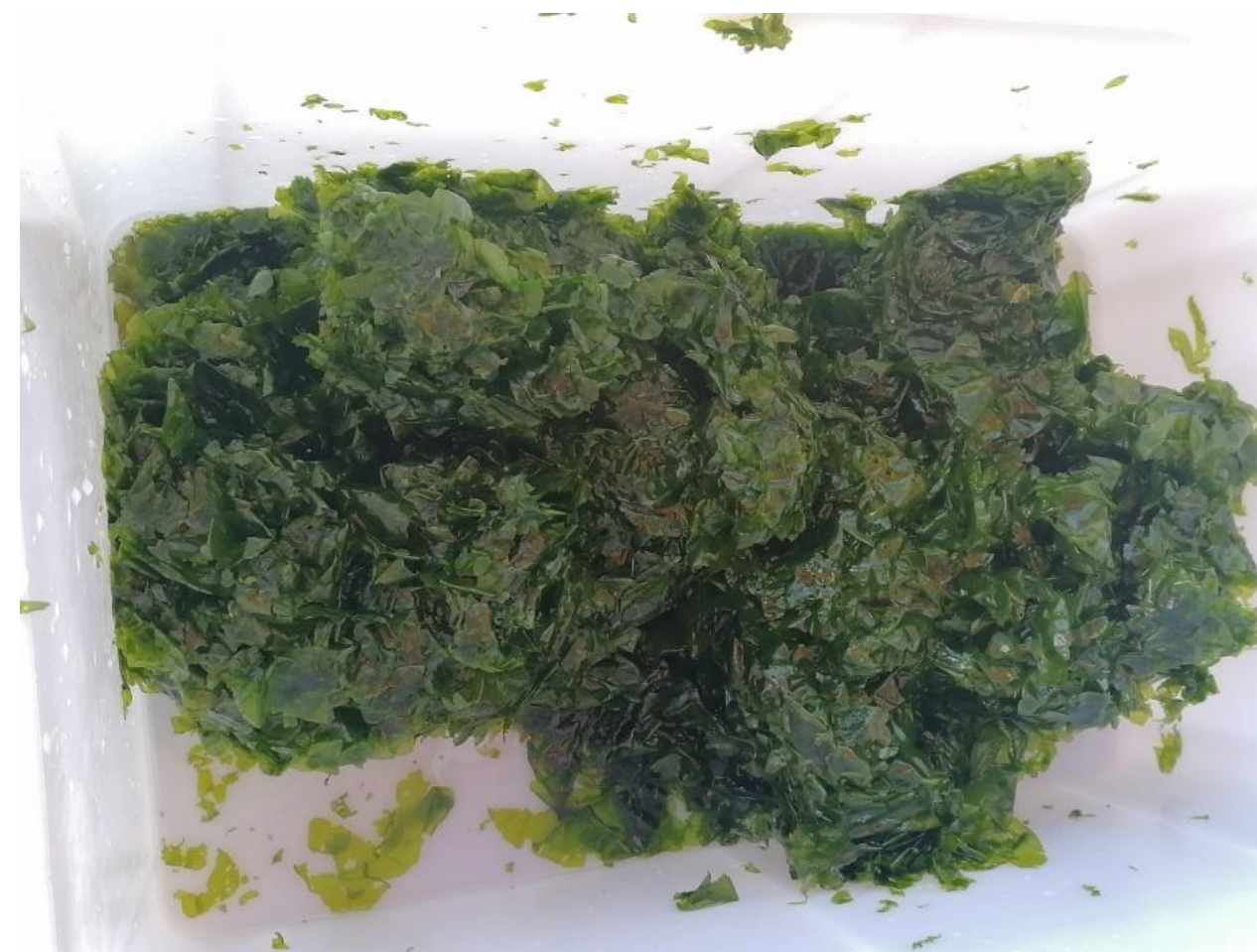
*Farfantepenaeus californiensis*  
(camarón café)





## Tres tipos de usos de macroalgas:

1. Substitutos (compuesto nutricional, e.g. fuente de proteína /carbohidratos/lipidos), en general en forma de harina, inclusión  $> 5\%$
2. Adiciones, compuestos funcionales, generalmente se trata de extractos, inclusión  $< 2\%$
3. Mezcla, a veces como algas frescas (vivas) (solo crustáceos)







## Principales respuestas estudiadas en peces y crustáceos:

- 1) Factores de rendimiento como el crecimiento, la conversión alimenticia, los índices biométricos
- 2) Composición proximal (carne) (cenizas, agua, proteínas, hidratos de carbono, lípidos)
- 3) Composición específica (perfiles de grasas y aminoácidos, minerales, etc.)
- 4) Digestibilidad de las proteínas y actividades metabólicas específicas
- 5) Efectos sobre la salud; supervivencia, capacidad inmunomoduladora (indicadores del sistema inmunitario innato en la sangre y en la mucus), análisis del intestino, resistencia a los agentes patógenos, al estrés, etc.
- 6) Calidad de la carne para los consumidores (textura, propiedades organolépticas)
- 7) Éxito/rendimiento reproductivo
- 8) Calidad del agua (especialmente con algas frescas, crustáceas)
- 9)...
- 10)...







## Macroalgas como substitutos en piensos para peces:

- Toda la gama probada desde <5% de inclusión hasta 30% en varias especies de peces
- En las dietas isocalóricas, isolipídicas e isoproteicas, la inclusión del 5 al 10%, sustituyendo la mezcla de harina de pescado, trigo y/o harina de soja, puede hacerse sin afectar al rendimiento
- En porcentajes más altos o en la sustitución específica de la harina de pescado generalmente se reduce el crecimiento, probablemente debido a problemas de digestibilidad
- Efectos "secundarios" beneficiosos: mejor histología intestinal, mejora del microbioma intestinal, aumento de los indicadores del sistema inmunitario innato



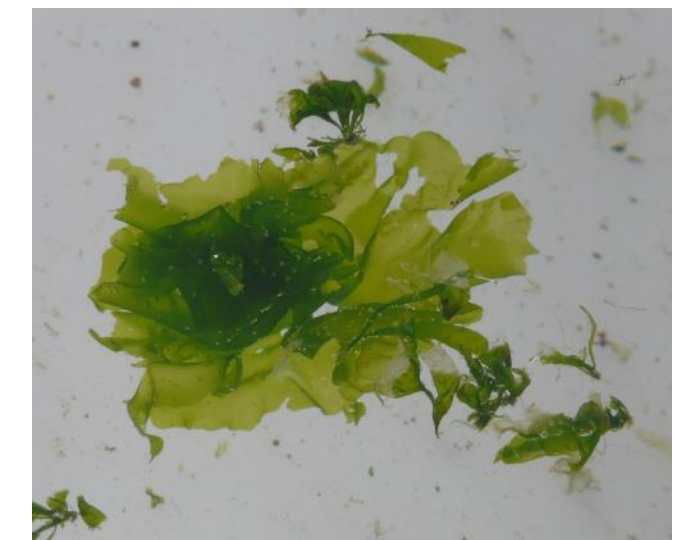
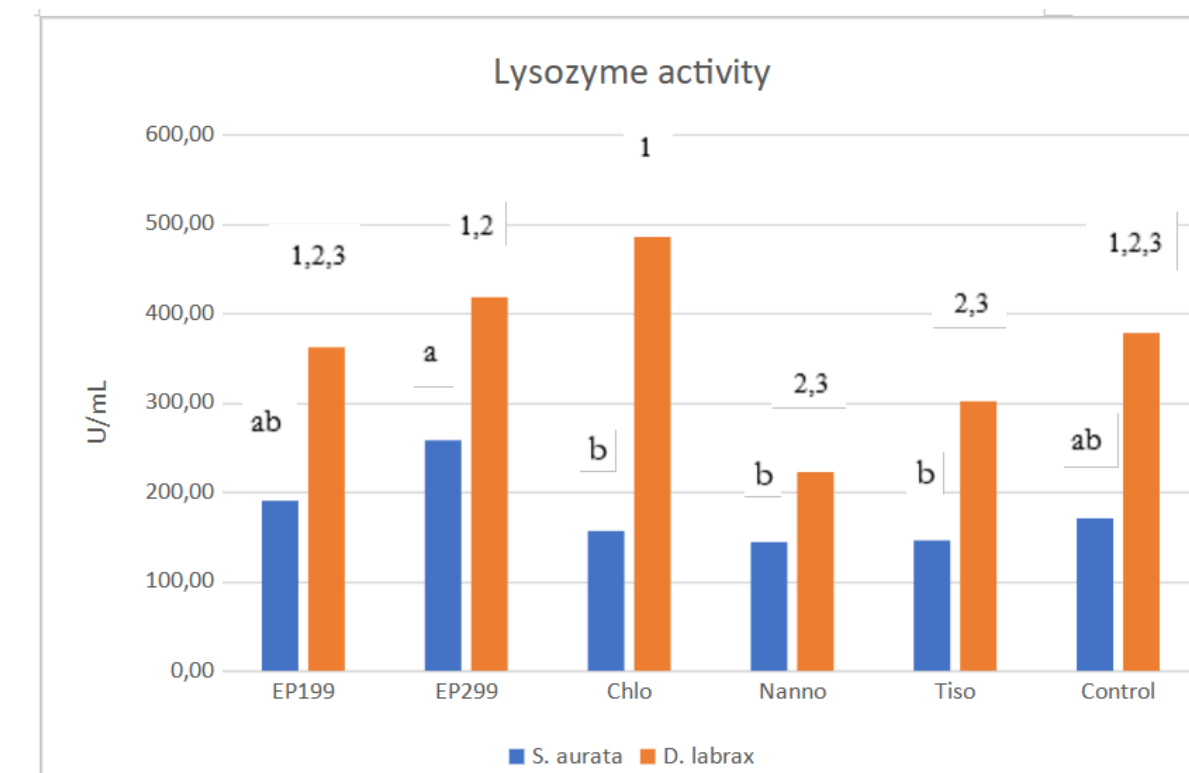
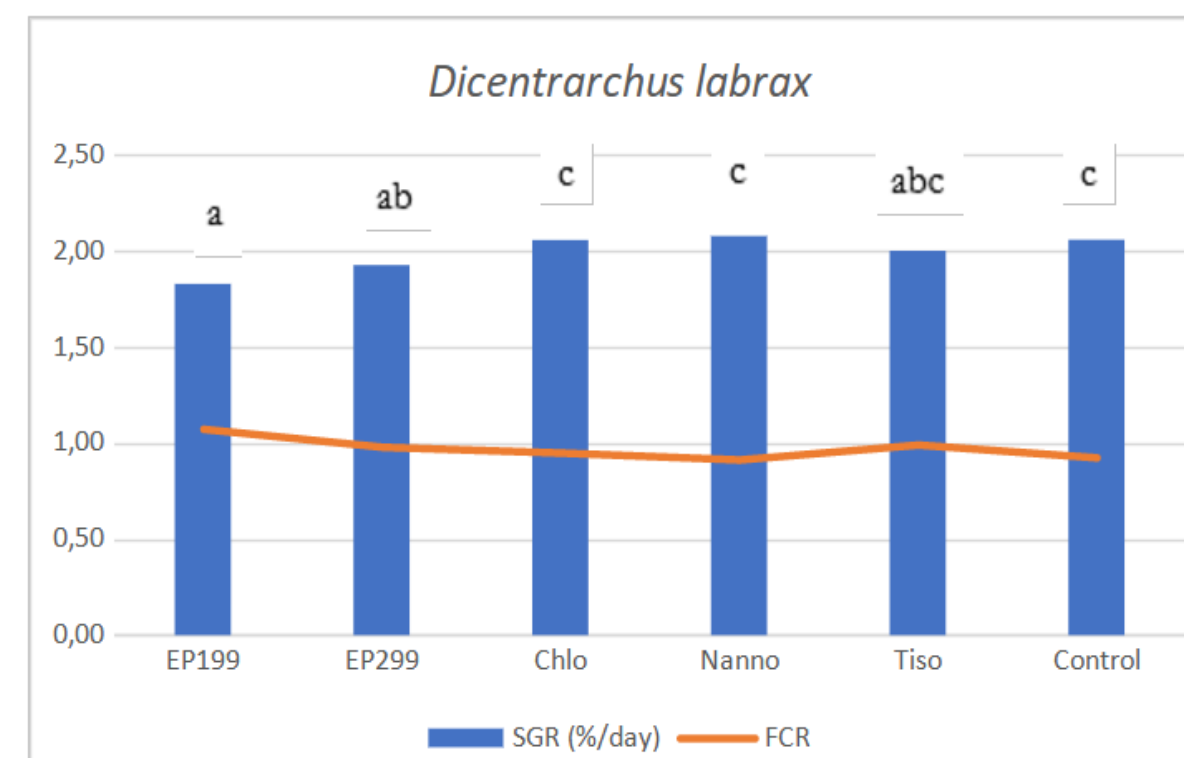
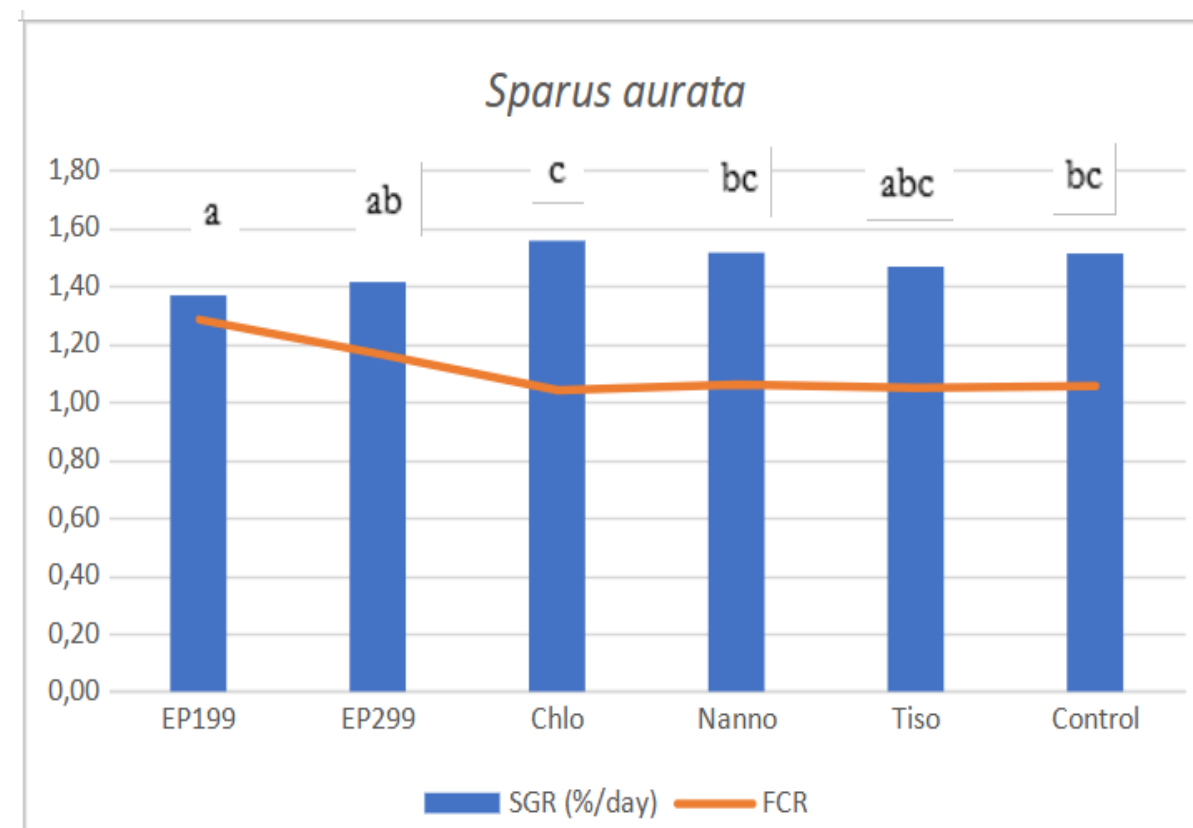




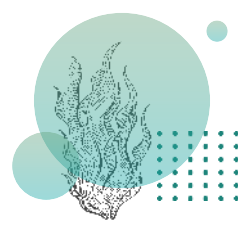
# Macroalgas como substitutos en piensos para peces:

## Ejemplo, resultados proyecto SIMBA (2018-2023)

- Piensos con compuesto fermentado de mezclas de colza/macroalgas y soja/macroalgas
- Pruebas nutricionales dorada y lubina








# Revisiones solo uso de macroalgas en piensos para peces:

## REVIEWS IN Aquaculture

Reviews in Aquaculture (2019) 11, 458–492

doi: 10.1111/raq.12241

### Macroalgae as a sustainable aquafeed ingredient

Alex H.L. Wan<sup>1</sup> , Simon J. Davies<sup>2</sup>, Anna Soler-Vila<sup>3</sup>, Richard Fitzgerald<sup>4</sup> and Mark P. Johnson<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aquaculture Nutrition and Aquafeed Research Unit (ANARU) and Irish Seaweed Research Group, Ryan Institute, National University of Ireland, Galway, Ireland

<sup>2</sup> Department of Animal Production, Welfare and Veterinary Science, Harper Adams University, Newport, Shropshire, UK

<sup>3</sup> Irish Seaweed Consultancy, Ryan Institute, National University of Ireland, Galway, Ireland

<sup>4</sup> Carna Research Station, Ryan Institute, National University of Ireland, Galway, Ireland

This review has shown research on macroalgae as a feed component in finfish diet is still in its infancy. The review has identified a series of knowledge gaps ...

- Limitado número de especies de algas
- Métodos cultivo mejora contenido nutricional
- Métodos mejorar digestibilidad
- Dietas especiales de engorde, final, etc.
- Etc.

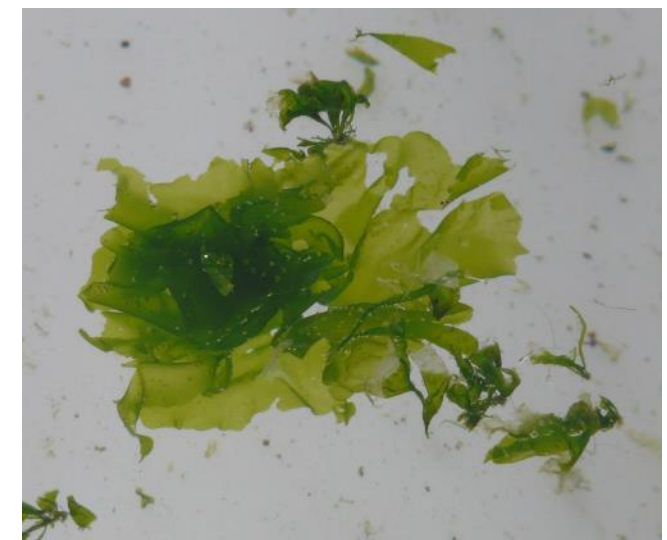






## Macroalgas como substitutos en piensos para crustáceos:

- Inclusiones más altas hasta el 50%, también concentrados de proteínas en altos porcentajes
- Alimentación ad libitum de algas o co-cultivo (el animal decide si come)
- Al menos para el langostino vannamei, la harina de macroalgas (sobre todo *Ulva*) puede sustituir alrededor del 50% de la harina de pescado sin problemas y con efectos secundarios beneficiosos para la salud







# Macroalgas como adiciones (compuestos funcionales):

## En peces:

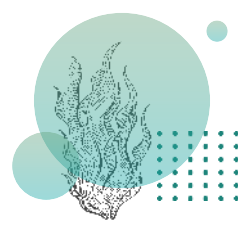
- Tanto extractos no específicos (por ejemplo, extracto en "agua caliente" o "alcohólico") como específicos
- Extracto más estudiado: polisacárido ulvan
- Inclusión general baja  $\leq 1\%$ .
- La mayoría de los estudios encuentran un efecto inmunomodulador y/o un aumento de la tolerancia al estrés o a los patógenos

## En crustáceos:

- Igual que en los peces
- En general efecto inmunomodulador y/o aumento del estrés



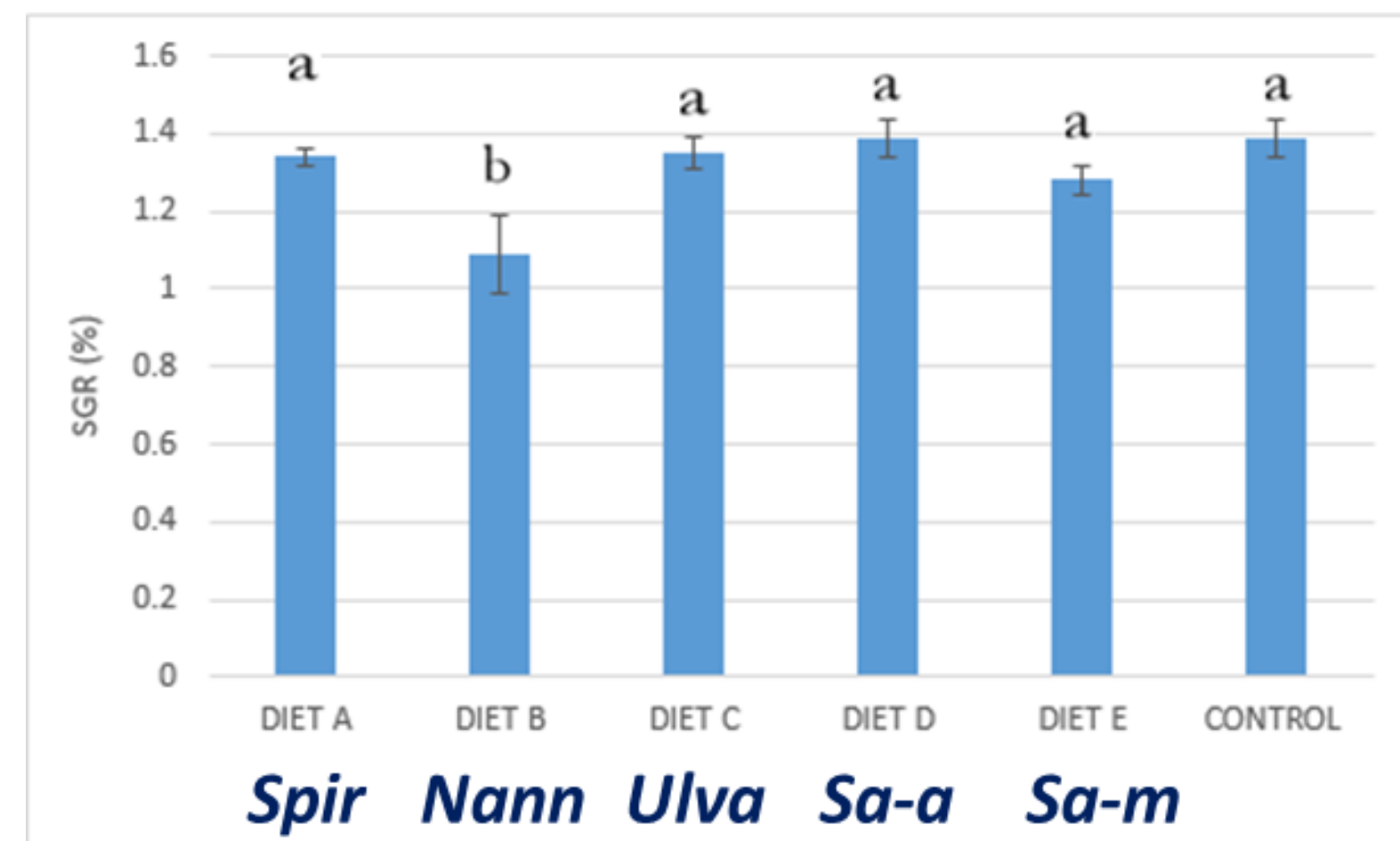
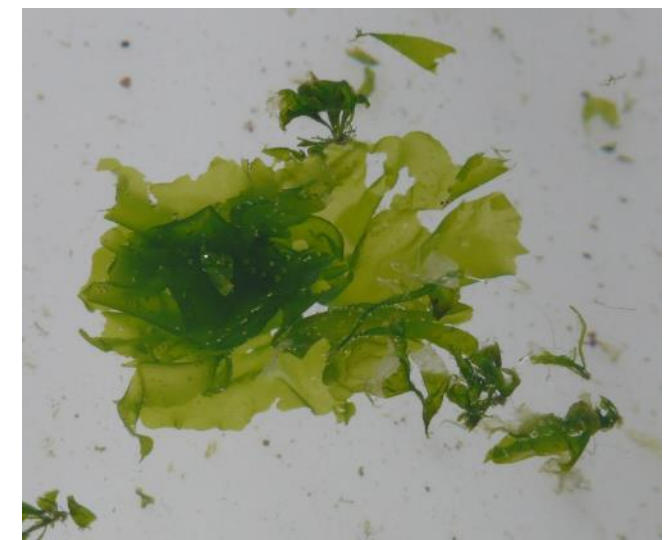




# Macroalgas como adiciones (compuestos funcionales):

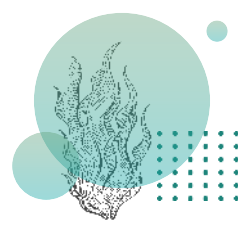
## Ejemplo, resultados proyecto BIOSEA (2017-2021)

- Piensos con extractos de polisacáridos (*Saccharina latissima* y *Ulva ohnoi*)
- Prueba nutricional y test de resistencia al estrés
- No hubo diferencias en la supervivencia, el índice de conversión alimenticia, etc.
- Aumento significativo de la actividad de la lisozima (ulvan); antiproteasa y superóxido dismutasa (especialmente alginato), posibles propiedades inmunoestimulantes y mejor resistencia al estrés



Group	Lysozyme assay (µg/ml)	Antiprotease activity (%)	Superoxide dismutase assay (U/mg)
Initial fish	3.50 ± 0.30	70.00 ± 0.58	60.00 ± 1.00
<i>Ulva polysacchs.</i>	<b>5.13 ± 0.12</b>	68.57 ± 0.58	63.67 ± 0.58
<i>S. latissima alginato</i>	<b>4.80 ± 0.26</b>	<b>76.00 ± 1.00</b>	<b>68.33 ± 0.58</b>
<i>S. latissima mannitol</i>	<b>5.07 ± 0.12</b>	<b>75.00 ± 1.00</b>	65.67 ± 1.15
CONTROL	3.17 ± 0.21	70.67 ± 0.58	62.67 ± 0.58

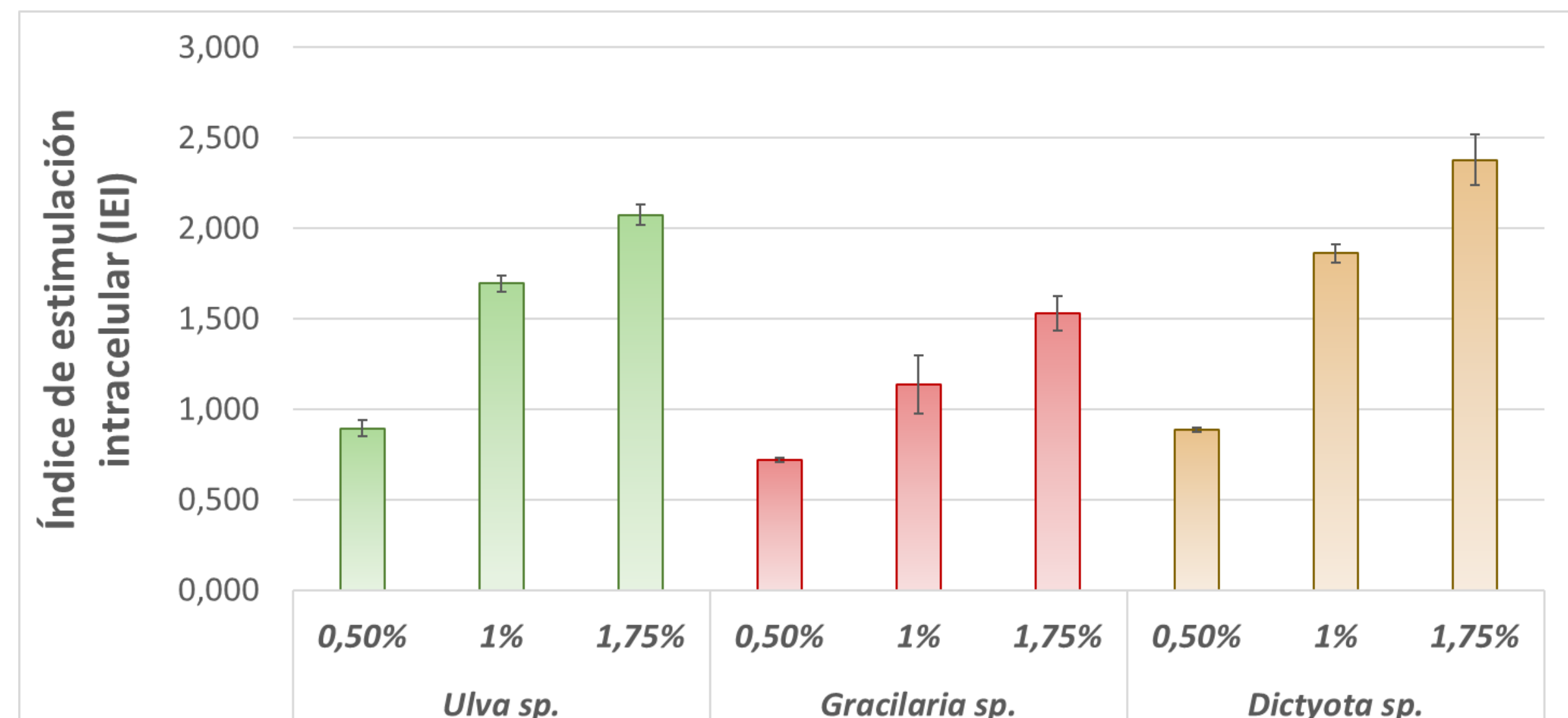




# Macroalgas como adiciones (compuestos funcionales):

## Ejemplo, resultados proyecto IMMUNO&ALGAE (2019-2022)

- Piensos con extractos de polisacáridos de tres macroalgas
- Actividad *in vitro* (líneas celulares)
- Prueba nutricional y test “challenge”



Iria Folgueira, 2022



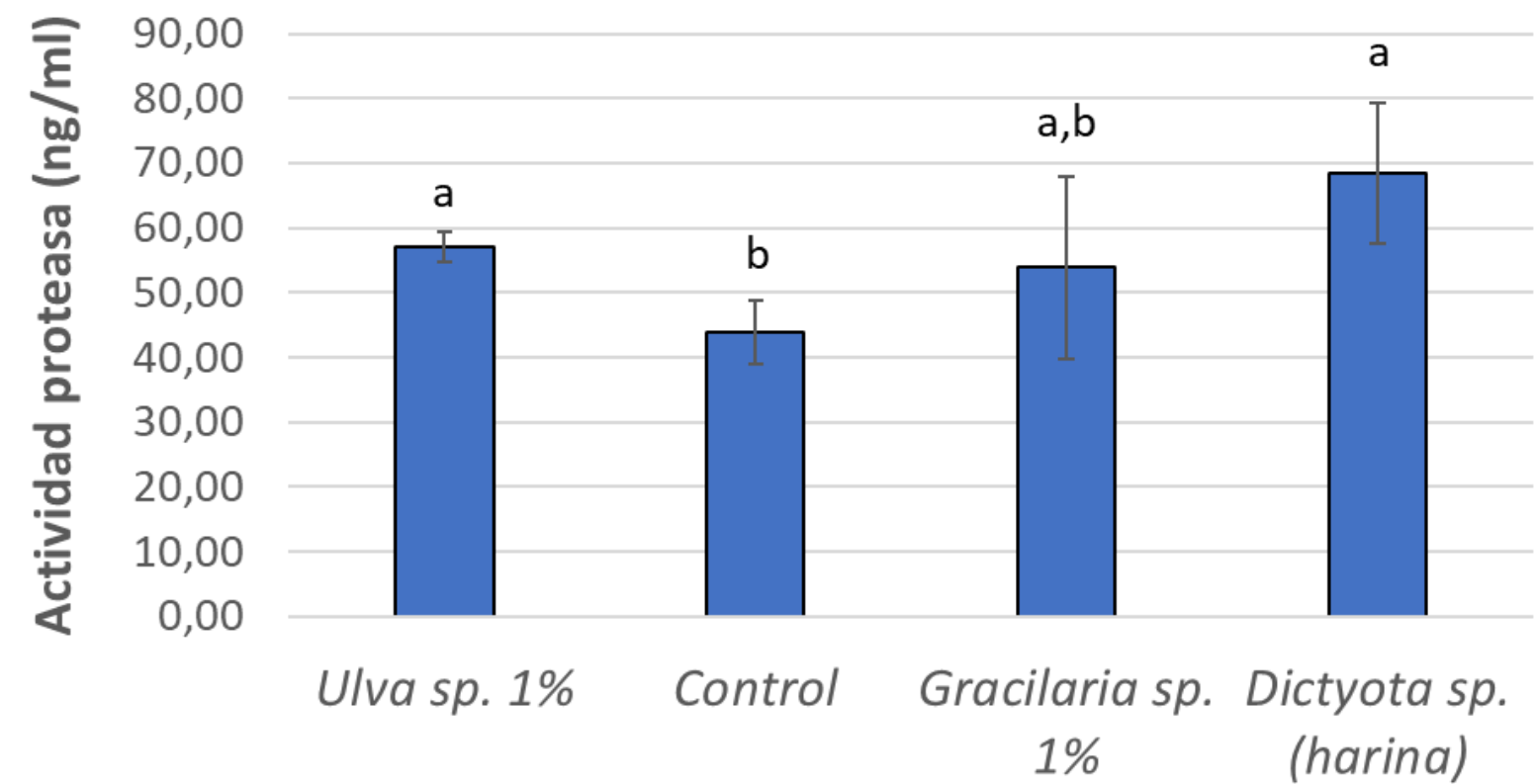
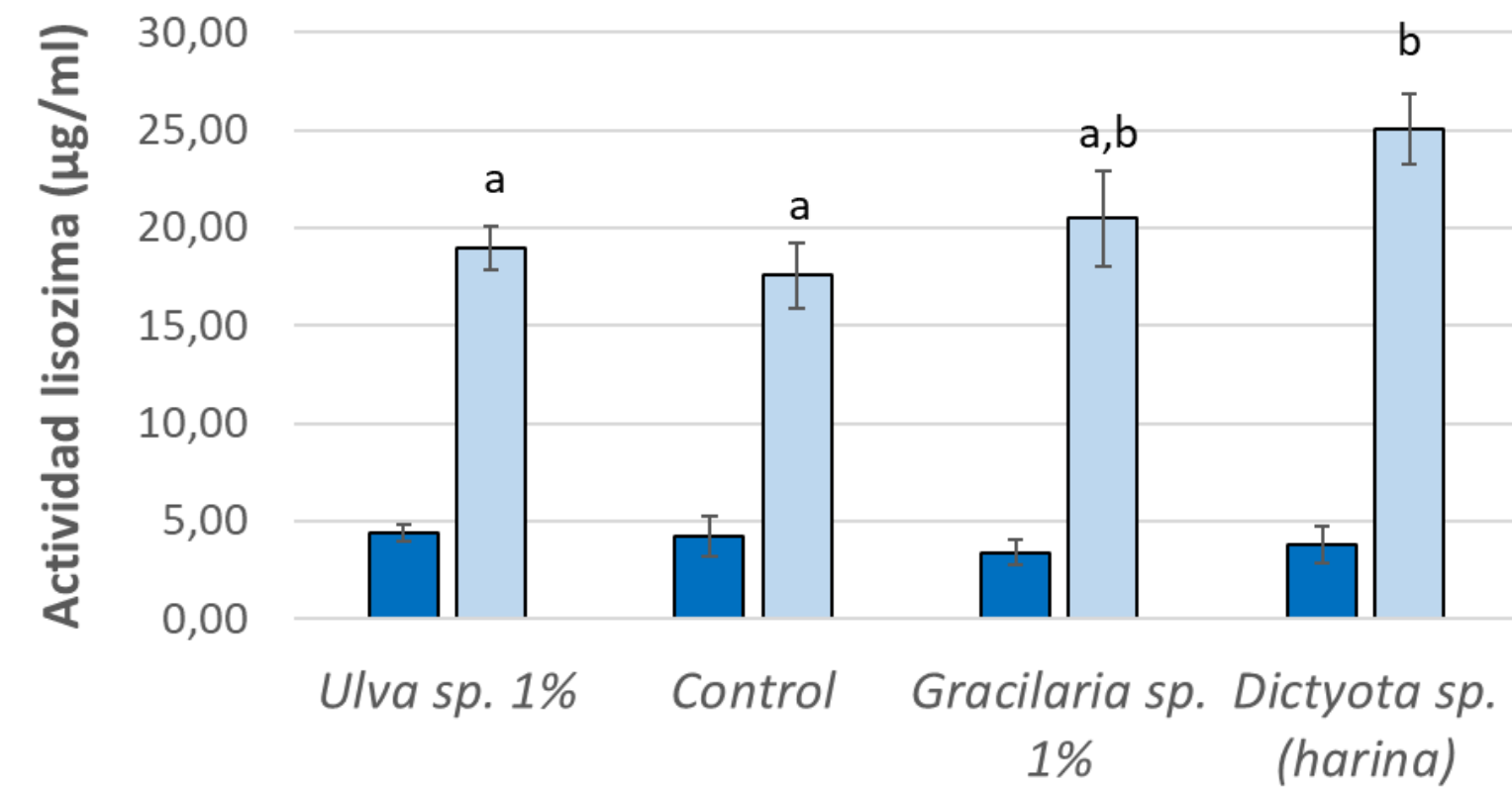




# Macroalgas como adiciones (compuestos funcionales): Ejemplo, resultados proyecto IMMUNO&ALGAE (2019-2022)



Estrés oxidativo  
Actividad lisozima  
Actividad proteasa  
Actividad anti-proteasa  
Proteínas totales



■ Moco □ Plasma

Iria Folgueira, 2022







# Macroalgas como adiciones (compuestos funcionales):

## En peces:

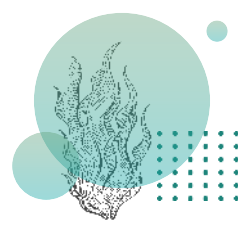
- Tanto extractos no específicos (por ejemplo, extracto en "agua caliente" o "alcohólico") como específicos
- Extracto más estudiado: polisacárido ulvan
- Inclusión general baja  $\leq 1\%$ .
- La mayoría de los estudios encuentran un efecto inmunomodulador y/o un aumento de la tolerancia al estrés o a los patógenos

## En crustáceos:

- Igual que en los peces
- En general efecto inmunomodulador y/o aumento del estrés







# Revisiones uso de macroalgas como compuesto funcional:

## REVIEWS IN Aquaculture

Reviews in Aquaculture, 1–27

doi: 10.1111/raq.12504

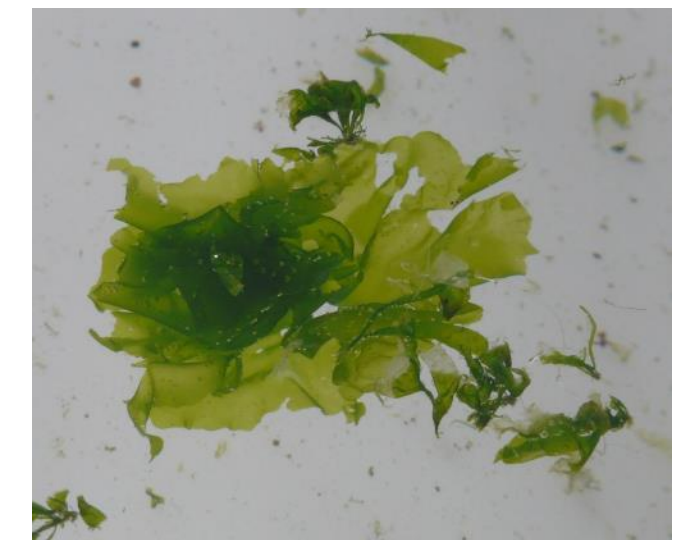
### Meta-analysis of the use of seaweeds and their extracts as immunostimulants for fish: a systematic review

Valentin Thépot<sup>1</sup> , Alexandra H. Campbell<sup>2</sup>, Michael A. Rimmer<sup>1</sup> and Nicholas A. Paul<sup>1</sup>

<sup>1</sup> School of Science and Engineering, University of the Sunshine Coast, Maroochydore DC, QLD, Australia

<sup>2</sup> School of Health and Sport Sciences, University of the Sunshine Coast, Maroochydore DC, QLD, Australia

- Suplementación dietaria con macroalgas puede tener efectos positivos substanciales sobre salud y crecimiento de peces
- Sin embargo, también se encontró variación considerable entre los estudios y entre las especies de peces y algas, lo que dificulta la extrapolación de los resultados más allá de los experimentos individuales
- Hace falta estandarizar experimentos y elucidar el mecanismo de funcionamiento







## Conclusiones:

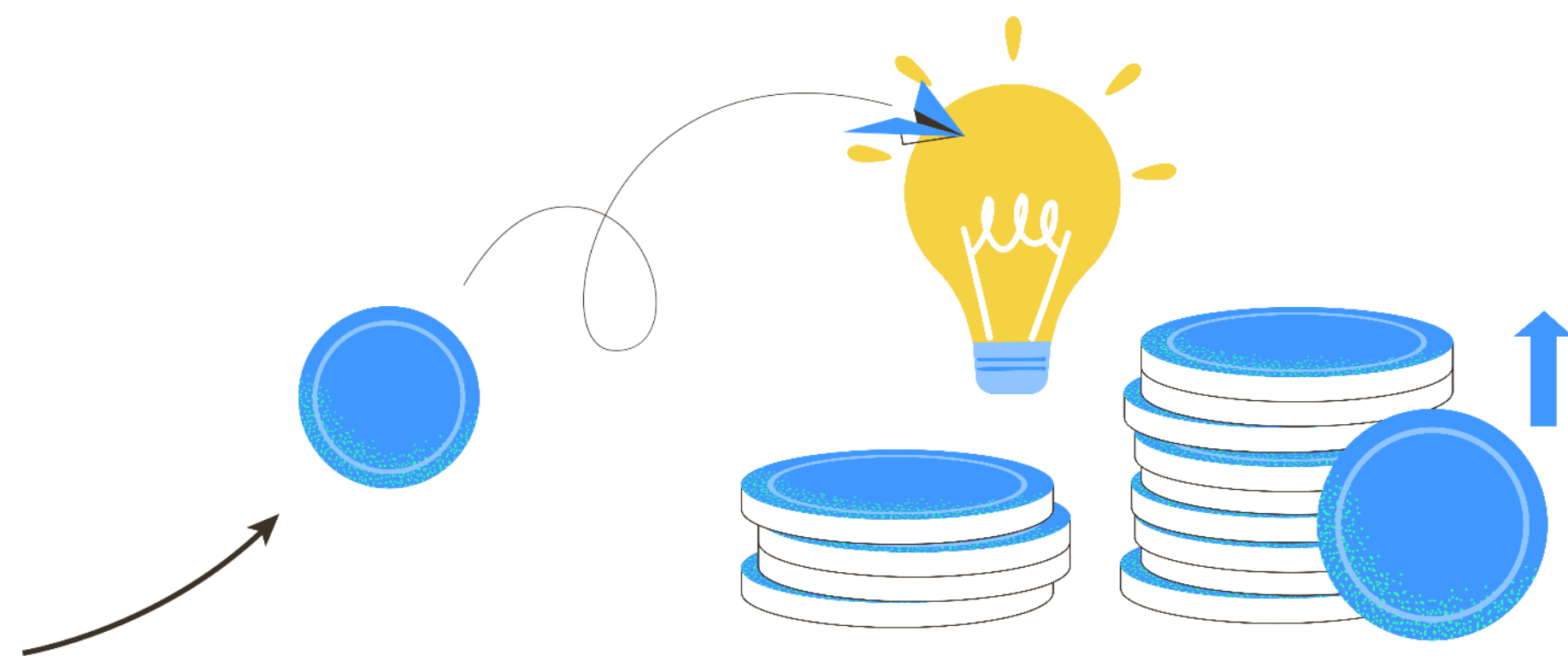
- Las macroalgas en general, tanto en forma de harina entera como de extractos, tienen potencial como sustituto de la materia prima y como aditivo alimentario en la acuicultura de peces y crustáceos
- Los estudios in vitro e in vivo indican la capacidad inmunomoduladora y el aumento de la tolerancia al estrés, en particular con polisacáridos de macroalgas tanto para los peces como para los crustáceos
- La relativamente baja digestibilidad dificulta el porcentaje de inclusión, la fermentación u otro pretratamiento podría ser una solución
- La (nano)encapsulación de los extractos podría aumentar los efectos
- Sin embargo, al final lo que importa al acuicultor es efectos tienen que ser bien cuantificados



potenciales







**A** AGENCIA DE GESTIÓN AGRARIA Y PESQUERA DE ANDALUCÍA  
 Consejería de Agricultura, Ganadería Pesca y Desarrollo Sostenible

**Interreg**  
 España - Portugal  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

**Atlazul**

**CETMAR**  
 CENTRO TECNOLÓGICO DEL MAR

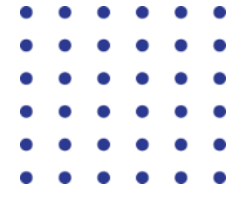
Gracias por su atención  
 obrigado pela sua atenção



e.malta@ctaqua.es  
 www.ctaqua.es

Muelle Comercial S/N, El Puerto de Santa María (Cádiz), 11500, Spain  
 +34 655 828 735  
 e.malta@ctaqua.es





**A** AGENCIA DE GESTIÓN AGRARIA  
Y PESQUERA DE ANDALUCÍA  
Consejería de Agricultura, Ganadería  
Pesca y Desarrollo Sostenible

 **Interreg**  
España - Portugal  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



 **Atlazul**

 **CETMAR**  
CENTRO TECNOLÓGICO DEL MAR