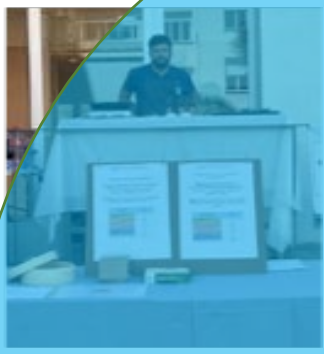


Potencial de los productos del mar en el sector gastronómico

Entregable 1.2.4
Proyecto Atlazul

INDICE

1. INTRODUCCIÓN 4

1.2. ATLAZUL Y LA INNOVACIÓN EN GASTRONOMÍA 7
1.3. MACROALGAS Y GASTRONOMÍA AZUL 9

2. OBJETIVOS 11

2. OBJETIVOS 13

3. INNOVACIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS DEL MAR BASADOS EN DESCARTES DE LA PESCA 15

3.1 CUANTIFICACIÓN, IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE DESCARTES DESEMBARCADOS Y SELECCIÓN DE CANDIDATOS PARA TRANSFORMACIÓN 15
3.2 APROVECHAMIENTO DE LOS DESCARTES SELECCIONADOS PARA EL DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS TRANSFORMADOS 21
3.2.1 VIGILANCIA TECNOLÓGICA 21
3.2.2 PRUEBAS DE DESARROLLO – PLANTA PILOTO DE I+D+I 24
3.3 VALIDACIÓN DE PRODUCTO Y PROCESO DE TRANSFORMADO 27

4. INNOVACIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS DEL MAR MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTOS PROCEDENTES DE LA TRANSFORMACIÓN DE LA INDUSTRIA PESQUERA 33

4.1 CUANTIFICACIÓN, IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS GENERADOS EN DIFERENTES PLANTAS DE PROCESADO 33
4.2 APROVECHAMIENTO DE LOS DESCARTES Y SUBPRODUCTOS SELECCIONADOS PARA EL DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS TRANSFORMADOS 35
4.2.1 VIGILANCIA TECNOLÓGICA 35
4.2.2 PRUEBAS DE DESARROLLO – PLANTA PILOTO DE I+D+I 40
4.3 VALIDACIÓN DE PRODUCTO Y PROCESO DE TRANSFORMADO. 41

5. INNOVACIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS DEL MAR BASADOS EN ALGAS 45

5.1. MACROALGAS DE LA BAHÍA DE CÁDIZ Y PORTUGAL CON POTENCIAL GASTRONÓMICO. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES 45
5.2. POSIBILIDADES DE CULTIVO Y SUS NECESIDADES EN LA BAHÍA DE CÁDIZ 50
5.4. CULTIVO DE ALGAS EN SISTEMAS ECOSOSTENIBLES IMRAS 55
5.3. ELABORACIÓN DE PRODUCTOS GASTRONÓMICOS 56

6. INNOVACIÓN MEDIANTE EL MARIDAJE GASTRONÓMICO DE NUEVOS PRODUCTOS DE LA ACUICULTURA EN MODELOS SOSTENIBLES IMRAS 64

6.1. SALICORNIA, UN NUEVO PRODUCTO DIFERENCIADO PARA GASTRONOMÍA DE LOS SISTEMAS IMRAS 64

6.2. DISEÑO Y DESARROLLO DE SESIÓN DE MARIDAJE 65
6.3 RESULTADOS OBTENIDOS DEL MARIDAJE 69

7. CONCLUSIONES 73

7. CONCLUSÕES 75

8. BIBLIOGRAFÍA 77

1. Introducción

La **innovación gastronómica azul** se refiere a la creación de nuevas recetas y técnicas culinarias que utilizan ingredientes marinos y promueven la sostenibilidad en la industria alimentaria. Esta forma de innovación se centra en la utilización de recursos marinos de manera responsable, minimizando el impacto ambiental y fomentando la conservación de los ecosistemas marinos.

La innovación gastronómica azul es un proceso complejo y multifactorial que requiere de una serie de pasos que incluyen la existencia de una base científica, poseer un buen conocimiento y capacidades tecnológicas, trabajar en la creatividad del producto, controlar los aspectos sensoriales, realizar una adecuada formulación de producto, identificar bien la demanda de los consumidores y la aceptación en el mercado (**Figura 1**). Cada uno de estos elementos juega un papel importante en el desarrollo de nuevas ideas y conceptos en el ámbito culinario.

Figura 1. Ciclo de pasos requeridos para la innovación gastronómica

La **base científica** implica comprender los principios y fundamentos detrás de los procesos culinarios, tales como la química de los alimentos, las reacciones enzimáticas, la microbiología y las interacciones entre ingredientes. El **conocimiento tecnológico** se refiere a la familiaridad con las herramientas, equipos y técnicas utilizadas en la cocina moderna. Esto incluye la aplicación de técnicas como la cocción a baja temperatura, la cocina al vacío, la utilización de texturizantes o espesantes, entre otros. La **creatividad** es esencial en la innovación gastronómica e implica pensar de manera original, romper con las convenciones y explorar nuevas combinaciones de ingredientes y uso de técnicas novedosas. La **experiencia sensorial** se refiere a cómo los nuevos productos se perciben a través de los sentidos, implicando el sabor, el aroma, la textura, el aspecto visual y el sonido para despertar los sentidos del comensal. La **formulación de producto** exige combinar ingredientes de manera adecuada para lograr un equilibrio de sabores, texturas y características deseables. Esto puede requerir el uso de técnicas como la mezcla de ingredientes, la modificación de recetas tradicionales o la incorporación de nuevos ingredientes con propiedades específicas. La **Identificación de la demanda de los consumidores y aceptación en el mercado** es fundamental comprender las preferencias de los consumidores ya que debe satisfacer las expectativas y preferencias de los mismos.

1.1. Principales fuentes de productos para la innovación gastronómica

Existe multitud de recursos marinos poco conocidos, infrautilizados o de nueva generación y que se pueden explotar en gastronomía azul. Entre tales recursos podemos destacar:

Recursos procedentes de acuicultura sostenible: Los nuevos sistemas IMTA están proporcionando nuevos recursos abundantes de algas y plantas halófilas. Tal como se indica en el entregable 1.2.3 son numerosos los recursos del sistema IMRAS (por ejemplo, salicornia, algas como *Gracilaria gracilis* o fanerógamas) que pueden introducirse en dichos sistemas para generar nuevos productos para el mercado. Además, la acuicultura genera subproductos por descarte, debido a tamaño o aspectos morfológicos, que pueden tener un valor adicional si se utilizan de manera adecuada.

Recursos procedentes de cultivo de algas. La Unión Europea (UE) ha mostrado un creciente interés al impulso del cultivo de algas como una actividad sostenible y con futuro. La UE reconoce el potencial de las algas para abordar diversos desafíos, tales como la seguridad alimentaria, la bioeconomía y la mitigación del cambio climático. Su papel en la gastronomía es importante por ser una fuente rica en nutrientes, incluyendo proteínas, vitaminas, minerales y ácidos grasos omega-3. Se utilizan en la alimentación humana como ingredientes en recetas y productos alimentarios (por ejemplo, ensaladas, sushi, productos marinos, aderezos y suplementos dietéticos).

Recursos pesqueros: La innovación gastronómica azul puede contribuir a reducir el desperdicio alimentario que se produce en la actividad pesquera, al proporcionar un valor añadido a los recursos pesqueros de bajo coste. Dentro de esta categoría tenemos dos grandes grupos bien diferenciados:

a) ***Subproductos de la pesca***.

El sector pesquero genera una amplia variedad de subproductos que a menudo se consideran residuos, pero que pueden ser valorizados en gastronomía y que incluyen las cabezas, piel, las escamas, espinas, vísceras, así como los recortes del procesamiento del pescado en la industria transformadora.

INNOVACIÓN GASTRONÓMICA AZUL. SABORES SOSTENIBLES DEL MAR

La innovación gastronómica azul desempeña un papel crucial en la preservación de los océanos y la promoción de la sostenibilidad en la industria alimentaria. Al utilizar ingredientes marinos de manera responsable, se puede disfrutar de la riqueza y diversidad de los productos marinos sin comprometer la salud de los ecosistemas marinos a largo

La innovación gastronómica ha llevado a la utilización de nuevos recursos procedentes de la acuicultura sostenible, del cultivo de algas, así como los subproductos y descartes de la pesca. Estos ingredientes marinos ofrecen oportunidades para crear nuevos productos del mar sostenibles, al tiempo que impulsan la economía circular y promueven el residuo cero.

La búsqueda de soluciones sostenibles y creativas permite reducir los residuos y aprovechar al máximo los recursos marinos. Esta filosofía implica cerrar los ciclos de producción y consumo, reutilizando los subproductos de la industria pesquera y acuícola y proporcionando valor añadido a nuevos productos marinos.

El máximo aprovechamiento de los recursos marinos debe servir de motor para la economía azul y el desarrollo de los territorios costero. Esta gastronomía responsable con el medio ambiente contribuye a crear conciencia sobre la sostenibilidad marina. Mientras se degustan platos deliciosos, se crea un mensaje y se educa para sobre la importancia de la conservación marina, las tradiciones, los recursos pesqueros y el acervo humano que conforma las asociaciones marineras. Pueden compartir información sobre la pesca sostenible, la protección de hábitats marinos y la importancia de elegir productos marinos certificados y etiquetados adecuadamente.

Estos sus subproductos ya son utilizados en otros sectores tales como: i) fabricación de harina y aceite de pescado, ii) fabricación de productos como gelatinas, iii) producción de cuero de pescado en la industria cosmética, iv) industria relacionada con el cuidado de la piel y el cabello debido a su capacidad para mejorar la elasticidad y la hidratación y v) producción de biogás y fertilizantes orgánicos ricos en nutrientes para su uso en la agricultura.

b) ***Descartes de la pesca***.

Los descartes de la pesca hacen referencia al desecho de las especies no deseadas y que se atrapan accidentalmente durante el faenado pesquero. La Unión Europea ha adoptado una política de descartes cero que implica la obligatoriedad de descarga del total capturado de ciertas especies, excepto cuando se haya demostrado una alta tasa de supervivencia del descarte. Este hecho se produce en todas las pesquerías del mundo y los motivos de ello son el empleo de **artes de pesca que no son selectivas y cuotas basadas en intereses exclusivamente comerciales**.

Según el informe de Kelleher, los descartes son aquella porción de la materia orgánica total de origen animal en la captura, que es devuelta al mar por cualquier razón (Kelleher 2005). Representan una parte significativa de las capturas marinas mundiales y se suelen considerar como un derroche económico de los recursos marinos.

Las capturas de pesca marítima son, principalmente, aquellas que realizan los buques pesqueros españoles en cualquier caladero donde faenen, sea en aguas nacionales, de otros países comunitarios, de terceros países o internacionales. Las principales variables medidas referentes a los descartes son: el peso vivo capturado y el valor de la primera venta. Los resultados de estas variables se agrupan y clasifican por otras variables como: especies o grupos de especies, zonas de captura, conservación, etc. La fuente de los resultados que se presentan es la operación estadística Estadísticas de Capturas y Desembarcos de Pesca Marítima, que está incluida en el Plan Estadístico Nacional del periodo 2021-2024 (PEN 2021-2024). y también se recogen resultados en la base de datos de capturas del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, con datos recogidos desde el año 1992 en formato Excel (MAPA 2023). El proceso de descarte se realiza a bordo y está impulsado por razones económicas y limitada por razones legales y técnicas (Rochet & Trenkel 2005). Además, se ha demostrado que existen varios factores que afectan a las cantidades descartadas, como la composición de las especies, los tamaños de captura, el arte de pesca, las condiciones ambientales y el aspecto cultural. Eliasen *et al.*, (2012) clasificaron diferentes factores que pueden ser los impulsores del descarte en cuatro categorías principales: (i) condiciones naturales, (ii) comunidad, (iii) estado y regulaciones y (iv) el mercado.

Una actividad pesquera debería ser sostenible y presentar descartes cero, con la potenciación de las artes pesqueras sostenibles y que no deterioran el medio ambiente marino. No obstante, existe un descarte que es de especial relevancia y que son las especies exóticas marinas. Estas especies han sido introducidas en un ecosistema diferente al que naturalmente habitan, ya sea de forma intencional o accidental, poseyendo normalmente bajo valor económico. Sin embargo, su captura lejos de ser un problema se convierte en un mecanismo de control para la sostenibilidad y conservación del ecosistema. En este caso, la innovación gastronómica puede jugar un papel relevante por diversos motivos:

- *Diversificación de la oferta culinaria*. Estas especies a menudo tienen perfiles de sabor y texturas diferentes a las especies locales, lo que puede resultar atractivo para los comensales en busca de nuevas experiencias.
- *Reducción de la presión sobre especies autóctonas y control de especies invasoras*. En algunos casos, las especies exóticas marinas se han convertido en invasoras, compitiendo con las especies autóctonas y alterando los ecosistemas naturales. El aprovechamiento gastronómico puede ser una estrategia para controlar y gestionar estas especies invasoras al promover su captura y consumo.
- *Educación y conciencia*. La educación y la conciencia, tanto de los profesionales de la gastronomía como de los consumidores, son fundamentales para promover un enfoque responsable en el aprovechamiento de especies exóticas marinas.

Sin embargo, en estos casos, siempre es necesario una evaluación de riesgos y sostenibilidad antes de promover el aprovechamiento gastronómico de especies exóticas marinas. En este sentido es necesario evaluar el impacto de su captura en los ecosistemas, así como el potencial de su reproducción y dispersión en caso de escape o liberación accidental. Por otro lado, es importante identificar las normativas y regulaciones adecuadas que deben garantizar la trazabilidad de los productos, la seguridad alimentaria y la gestión sostenible de las poblaciones, minimizando los impactos negativos en los ecosistemas marinos.

1.2. Atlazul y la innovación en gastronomía

El proyecto ATLAZUL, creado para el Impulso de la Alianza Litoral Atlántica para el Crecimiento Azul, tiene como objetivo identificar retos, oportunidades, así como generar redes que promuevan la especialización del área transfronteriza en materia de Crecimiento Azul y desarrollo de innovaciones en el ámbito de políticas del Crecimiento Azul.

El **Pacto Verde Europeo** (COM(2019)0640) (European Commission 2021) reconoce el papel de la **economía circular** y la **economía azul** para aliviar las múltiples demandas sobre los recursos de la tierra en la UE y atajar el cambio climático. El sector de la pesca y la acuicultura puede contribuir a ello, mejorando el uso de los recursos acuáticos, fomentando, por ejemplo, la producción y el uso de nuevas fuentes de proteínas que reduzcan la presión sobre la tierra de cultivo. En 2013, la FAO lanzó la iniciativa sobre la economía azul que define como un desarrollo y crecimiento sostenible procedente de las actividades económicas en los océanos, aguas continentales y las zonas costeras, que maximiza los beneficios sociales y económicos y minimiza la pérdida de biodiversidad y la degradación medioambiental. Dicha iniciativa enfatiza los tres pilares del desarrollo sostenible (económico, ambiental y social) para que la pesca y la acuicultura contribuyan a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 (FAO, 2018a).

La FAO calcula que 690 millones de personas padecieron hambre en 2019, una cifra que se espera aumente considerablemente tras la pandemia de COVID-19. Debemos tener en cuenta que, a pesar del dato alarmante de que 3.000 millones de personas no pueden permitirse una dieta saludable, es en el mundo industrializado donde se desperdician más alimentos per cápita que en los países en desarrollo (UNEP, 2021). Las pérdidas y el desperdicio de alimentos son señal de un funcionamiento deficiente de los sistemas alimentarios. Las causas exactas de las pérdidas de alimentos varían en las diferentes partes del mundo y dependen sobre todo de las condiciones específicas de cada país. A lo largo de toda la cadena alimentaria se producen niveles significativos de desperdicio y pérdidas, que implican desde la producción agrícola hasta el consumo final en los hogares. Normalmente, las causas del despilfarro alimentario están relacionadas con deficiencia en las condiciones de almacenamiento, producción y manipulación inadecuada, errores en la

planificación y en el calendario de cosecha, comportamiento inapropiado de los consumidores y malas técnicas de venta al por menor (FAO, 2012).

La pérdida y el desperdicio de alimentos es una problemática tanto en el sector de la pesca como de la acuicultura y la innovación gastronómica ayuda a una economía circular de residuo cero.

Se estima que aproximadamente un tercio de las partes comestibles de los alimentos producidos para el consumo humano se pierde o desperdicia, lo que representa alrededor de 1.300 millones de toneladas al año. Solo en España se desperdiciaron 1.364 millones de kilos de alimentos en 2020, una cifra ligeramente superior al año anterior. Se debe destacar que hasta un 75 % del volumen de alimentos desperdiciados estaban sin utilizar (MAPA, 2021b).

Respecto a la producción primaria de pescado y marisco, las pérdidas son significativas debido a los índices de descarte de entre un 9 y un 15 % en las capturas marinas. Por otro lado, una alta proporción de estas capturas se desperdicia en los hogares de los consumidores. El hecho de que se produzcan pérdidas más altas en la fase de distribución, se debe a los altos niveles de deterioro que ocurren durante la distribución de pescado y mariscos frescos, al no disponer de instalaciones adecuadas para su correcta conservación (FAO, 2012).

Debido al aumento de residuos y desperdicios, el Consejo de ministros aprobó en 2021 el proyecto de Ley de Prevención de las Perdidas y el Desperdicio Alimentario, impulsando una reducción del desecho de alimentos sin consumir, que acaba en la basura y fomenta un mejor aprovechamiento de estos. Esta ley trata de orientar al sector hacia un sistema de producción más eficiente, enfocado al desarrollo de la economía azul (MAPA, 2021a).

Para la valorización de cualquier producto son necesarios los siguientes pasos:

- **Identificar, cuantificar y caracterizar la materia prima**. En el caso de este proyecto, los descartes y subproductos pesqueros, los productos del IMRAS y algas. Es importante conocer las características físicas y organolépticas que presenta el producto para poder conocer sobre qué base de materia prima estamos trabajando, así como la calidad y disponibilidad de la misma frente a los cambios que se van a efectuar en ella para obtener el producto final. Además, hay que determinar la calidad microbiológica de la misma para poder confirmar que es válida acorde a las normas higiénicas y de seguridad alimentaria obligatoria.
- **identificar las necesidades que ha de cubrir el nuevo producto para el consumidor.** Algunos puntos importantes es la facilidad de uso y cocinado, si está destinado para un gran grupo de consumidores individuales o es un formato familiar el que se necesita, si ha de presentar ingredientes funcionales o si debe de ser un plato preparado que pueda cocinarse fácilmente fuera del hogar.
- **Definir la idea final de producto** y se pueden empezar las pruebas de desarrollo que nos ayudaran a validar la producción y elaboración de este producto, saber si es posible su creación. En las pruebas de desarrollo se llevan a cabo ajustes de formulación y de elaboración para poder definir una formulación y diagrama de flujo de elaboración finales. Se valida también el formato final de presentación y envasado lo cual permitirá la logística y almacenamiento del mismo a través de los diferentes canales de distribución.
- **Validar la calidad microbiológica del mismo** y a la evaluación final por parte de catadores entrenados para asegurar la inocuidad del producto por un lado y, por otro lado, la aceptación final por parte de los consumidores.

1.3. Macroalgas y gastronomía azul

El sector de las macroalgas marinas está experimentando un crecimiento debido a la creciente demanda de proteínas alternativas y sostenibles, junto con la creciente preocupación de los consumidores por utilizar alimentos con beneficios nutricionales. Las macroalgas se consideran un producto sostenible con una baja huella de carbono. Al ser productores primarios, las macroalgas pueden utilizar la energía solar para producir biomasa con un excelente perfil nutricional, eliminando dióxido de carbono y reutilizando nutrientes del entorno eutrofizado.

Las macroalgas tienen un perfil nutricional beneficioso para la salud humana, siendo ricas en proteínas, minerales, vitaminas, polisacáridos y ácidos grasos. Además, su alto contenido de fibra promueve el tránsito intestinal, su bajo contenido de grasas saturadas contribuye a regular el peso y el colesterol (APN 2019; Freitas *et al.* 2022). También tienen un alto contenido de vitaminas y compuestos antioxidantes, como compuestos fenólicos y pigmentos, que contribuyen a promover la salud humana y prevenir enfermedades relacionadas con el envejecimiento. Algunas algas poseen propiedades biológicas anticoagulantes y anticancerígenas, entre otras. Además, son una fuente de proteínas alternativa y de menor costo que las de origen animal, lo que les confiere un alto valor agregado como recurso económico. Por ejemplo, se pueden utilizar extractos de algas como ingredientes funcionales.

Diversos registros indican que, desde la antigüedad, las algas marinas han formado parte de la dieta diaria de varias poblaciones costeras en Japón, China y Europa. Esta tradición se ha mantenido en los países asiáticos, donde el consumo de algas marinas es parte de la dieta, ya sea consumiéndolas frescas, secas, en conserva o incluidas en otros alimentos. En los últimos años, las macroalgas han ganado importancia como alimento en los países occidentales, donde están despertando un creciente interés y aceptación debido a sus propiedades nutricionales y la posibilidad de utilizarlas para prevenir y combatir enfermedades (Pereira, 2007). Actualmente, Europa consume alrededor de 97 toneladas de algas al año, la mayoría de las cuales son importadas (Pereira 2007)

Estadísticas de producción de macroalgas en el Mundo y en Europa.

La producción mundial de macroalgas en 2020 alcanzó las 35,1 millones de toneladas (FAO 2022). En 2021, el volumen global de macroalgas representó un valor de alrededor de 15 mil millones de dólares (CBI 2022). Según este informe, el período de mayor crecimiento se observó entre 1990 y 2000, con un crecimiento del 148%. En los últimos cinco años, el crecimiento observado fue del 13%. Los países asiáticos, principalmente China, son responsables del 59.5% de la producción mundial de macroalgas, que está dominada principalmente por algas marinas. En Europa, la producción de macroalgas ronda las 21.8 mil toneladas, con una contribución del 2.38% de la UE-27 a este volumen.

En Portugal, la producción está dominada por macroalgas verdes (> 96%), seguidas de macroalgas rojas y una cantidad residual de macroalgas pardas (INE 2019; 2020; 2021).. En 2020, no hubo producción ni comercialización de macroalgas, posiblemente debido a los efectos de la pandemia de COVID-19 (INE 2022). En el período comprendido entre 2017 y 2019, Portugal experimentó un crecimiento superior al 50% en la producción de macroalgas, alcanzando alrededor de 45 toneladas de peso fresco (Figura 2)

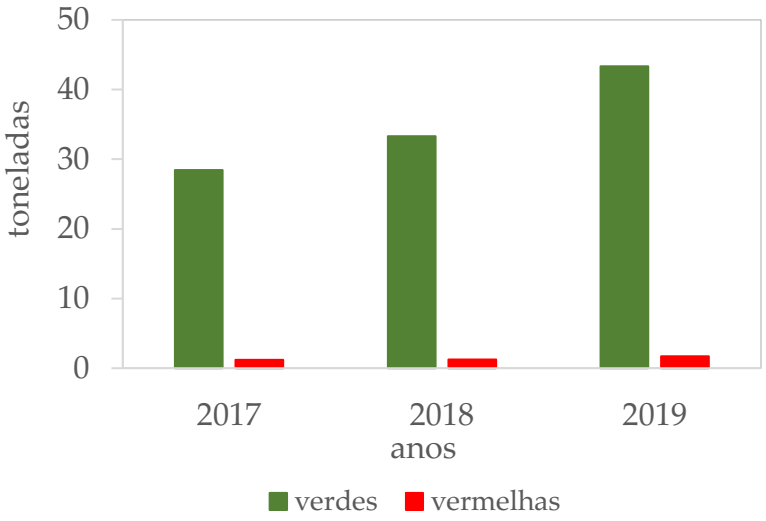


Figura 2. Producción de macroalgas en Portugal entre 2017 y 2019 (Fuente: INE)

Parte o la totalidad de la producción de algas principalmente a nivel internacional, con las ventas en el mercado nacional representando aproximadamente el 5 % del volumen total comercializado (2018 y 2019). En 2018, se comercializaron alrededor de 33 toneladas de macroalgas por un valor de 266 000 euros (INE, 2020). Entre 2017 y 2019, se observó una disminución en el valor de venta por tonelada de peso fresco de macroalga, de 8817,0 €/tonelada a 7945,7 €/tonelada (INE, 2019, 2020, 2021). En España y Portugal, las macroalgas pueden ser recolectadas de la naturaleza o cultivadas, generalmente en sistemas semi-intensivos. Hay varias empresas relacionadas con la recolección de macroalgas, pero solo existen dos empresas activas de producción de macroalgas: ALGAPLUS, en la región de Aveiro, y A4F, en la región de Lisboa. ALGAPLUS cuenta con certificación de producción biológica y ofrece varios productos para consumo humano en su catálogo.

2. Objetivos

Los objetivos planteados en este entregable de la acción 1.2 son los siguientes:

1. El aprovechamiento de descartes pesqueros para la creación de un nuevo producto gastronómico.

2. Innovar en nuevos productos del mar mediante el aprovechamiento de subproductos procedentes de la de la transformación de la industria pesquera.

3. Innovar mediante el maridaje gastronómico de nuevos productos de la acuicultura en modelos sostenibles IMRAS.

4. Identificar el potencial de las algas en la gastronomía.

Para conseguir los objetivos planteados, se han implicado cuatro socios: CTAQUA, IPMA, CEIMAR e IFAPA.

CTAQUA realiza proyectos y actuaciones dedicados a fomentar el desarrollo sostenible con la búsqueda y promoción de nuevas actividades empresariales ligadas al desarrollo de nuevos productos o a la mejora de los procesos productivos para potenciar el crecimiento azul. La estrategia seguida se estructuró en 3 pasos:

a) Cuantificación, identificación y caracterización de descartes desembarcados y selección de candidatos para transformación.

b) Aprovechamiento de los descartes y subproductos seleccionados para el desarrollo de nuevos productos transformados.

c) Validación de producto y proceso de transformado.

IFAPA (Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera) es un organismo de investigación y formación en el ámbito agrario y pesquero en Andalucía, España. El instituto tiene como objetivo principal contribuir al desarrollo y la innovación en los sectores agrícola, ganadero y pesquero, así como a la conservación del medio ambiente y la

BENEFICIARIOS y AUTORES DEL ENTREGABLE

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (Andalucía, España). Coordinación general de la acción 1.2 e Innovación gastronómica de productos IMRAS. Sección 6. *Autores: Manuel Manchado, Concepción Berbel, Ismael Hachero, Ana Manuela Crespo, Manuel Aparicio e Israel Guerrero-Cózar*

Instituto Português do Mar e da Atmosfera (Algarve, Portugal). Innovación gastronómica con algas. Sección 5. *Autores: Laura Ribeiro, Carole Gonçalves y Raquel Quintã*

Campus de Excelencia Internacional Global del Mar (Andalucía, España). Innovación gastronómica con algas. Sección 5. *Autores: Ignacio Hernández, Claudia L. Cara Ortega, Kimberly Muñoz, Malurisbel López-Campos y Fini Sánchez- García*

Fundacion Centro Tecnológico Acuicultura de Andalucía (Andalucía, España). Innovación gastronómico mediante aprovechamiento de recursos pesqueros y subproductos de la industria transformadora. Sección 3 y 4. *Autores: Teresa Picó Moya, Daniel Marín Peñalver, María del Mar Agraso Martínez y Erik-jan Malta.*

promoción del desarrollo rural. área específica dedicada a la acuicultura. Esta área se enfoca en la investigación, desarrollo y promoción de la acuicultura en la región. IFAPA, a través de su área de acuicultura, lleva a cabo investigaciones relacionadas con el cultivo de diferentes especies acuáticas, como peces, moluscos y crustáceos. Estas investigaciones incluyen el estudio de la reproducción, alimentación, crecimiento, salud y manejo de las especies cultivadas, así como el análisis de los aspectos ambientales y la sostenibilidad de la acuicultura.

La estrategia de IFAPA para innovación gastronómica en ATLAZUL ha sido la siguiente:

a) Evaluación de nuevos productos en IMRAS susceptibles de ser usados en gastronomía.

b) Desarrollo de sesiones de maridaje de nuevos productos con otros ya bien establecidos.

c) Evaluación sensorial in situ con actores de la cuádruple hélice para dar a conocer el producto y establecer alianzas entre productores y usuarios finales.

El **IPMA** (Instituto Portugués del Mar y de la Atmósfera) desarrolla en investigación pesquera, gestión sostenible de los recursos pesqueros y acuicultura sostenible en Portugal. Por otro lado, **CEIMAR** (Campus de Excelencia Internacional del Mar) es una iniciativa que busca promover la excelencia en la investigación, innovación y formación en el ámbito marino en España mediante varias instituciones académicas y científicas, incluyendo universidades, centros de investigación y organismos públicos, con el objetivo de potenciar el conocimiento y el desarrollo sostenible del medio marino. En este entregable participan investigadores de la Universidad de Cádiz. **Ambos beneficiarios han contribuido a identificar el potencial de las macroalgas en gastronomía.**

2. Objetivos

Os objetivos estabelecidos neste relatório da ação 1.2 são os seguintes:

1. **Aproveitamento de resíduos pesqueiros para a criação de um novo produto gastronômico.**:

2. **Inovação em novos produtos marinhos através do aproveitamento de subprodutos provenientes da transformação da indústria pesqueira.**

3. **Inovação através da combinação gastronómica de novos produtos da aquicultura em modelos sustentáveis IMRAS.**

4. **Identificação do potencial das algas na gastronomia.**

Para alcançar os objetivos estabelecidos, estão envolvidos quatro parceiros: CTAQUA, IPMA, CEIMAR e IFAPA.

A **CTAQUA** realiza projetos e ações dedicados a promover o desenvolvimento sustentável, procurando e promovendo novas atividades empresariais relacionadas ao desenvolvimento de novos produtos ou melhoria dos processos produtivos para impulsionar o crescimento azul. A estratégia seguida foi estruturada em 3 etapas:

a) Quantificação, identificação e caracterização de descartes desembarcados e seleção de candidatos para transformação.

b) Aproveitamento dos descartes e subprodutos selecionados para o desenvolvimento de novos produtos transformados.

c) Validação do produto e do processo de transformação.

O **IFAPA** (Instituto de Investigação e Formação Agrária e Pesqueira) é um organismo de pesquisa e formação no campo agrícola e pesqueiro em Andaluzia, Espanha. O instituto tem como objetivo principal contribuir para o desenvolvimento e inovação nos setores agrícola, pecuário e pesqueiro, bem como a conservação do meio ambiente e a promoção do desenvolvimento rural. Possui uma área específica dedicada à aquicultura. Essa área concentra-se na pesquisa, desenvolvimento e promoção da aquicultura na região. O IFAPA, por

meio de sua área de aquicultura, realiza pesquisas relacionadas ao cultivo de diferentes espécies aquáticas, como peixes, moluscos e crustáceos. Essas pesquisas incluem o estudo da novos produtos ou melhoria dos processos produtivos para impulsionar o crescimento azul. A estratégia seguida foi estruturada em 3 etapas:

a) Quantificação, identificação e caracterização de descartes desembarcados e seleção de candidatos para transformação.

b) Aproveitamento dos descartes e subprodutos selecionados para o desenvolvimento de novos produtos transformados.

c) Validação do produto e do processo de transformação.

O **IFAPA** (Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera) é um organismo de pesquisa e formação no campo agrícola e pesqueiro em Andaluzia, Espanha. O instituto tem como objetivo principal contribuir para o desenvolvimento e inovação nos setores agrícola, pecuário e pesqueiro, bem como a conservação do meio ambiente e a promoção do desenvolvimento rural. Possui uma área específica dedicada à aquicultura. Essa área concentra-se na pesquisa, desenvolvimento e promoção da aquicultura na região. O IFAPA, por meio de sua área de aquicultura, realiza pesquisas relacionadas ao cultivo de diferentes espécies aquáticas, como peixes, moluscos e crustáceos. Essas pesquisas incluem o estudo da reprodução, alimentação, crescimento, saúde e manejo das espécies cultivadas, bem como a análise dos aspectos ambientais e da sustentabilidade da aquicultura.

A estratégia do IFAPA para a inovação gastronômica no ATLAZUL foi a seguinte:

a) Avaliação de novos produtos no IMRAS que possam ser usados na gastronomia.

b) Desenvolvimento de sessões de harmonização gastronómica de novos produtos com outros já bem estabelecidos.

c) Avaliação sensorial *in loco* com os quatro parceiros para apresentar o produto e estabelecer parcerias entre produtores e usuários finais.

O IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera) desenvolve investigação pesqueira, gestão sustentável dos recursos pesqueiros e aquicultura sustentável em Portugal. Por outro lado, o **CEIMAR** (Campus de Excelência Internacional do Mar) é uma iniciativa que procura promover a excelência em pesquisa, inovação e formação no campo marinho em Espanha, envolvendo várias instituições acadêmicas e científicas, incluindo universidades, centros de pesquisa e órgãos públicos, com o objetivo de impulsionar o conhecimento e o desenvolvimento sustentável do meio marinho. Neste relatório, participam investigadores da Universidade de Cádis. Ambos os parceiros contribuíram para identificar o potencial das macroalgas na gastronomia.

3. Innovación de nuevos productos del mar basados en descartes de la pesca

Para el aprovechamiento de los descartes de la pesca se ha seleccionado un caso-estudio de la lonja de Sanlúcar de Barrameda (Cádiz). Se ha identificado los principales descartes, se han seleccionado aquellos con más potencial tras un análisis de vigilancia tecnológica para finalmente pasar a una fase demostrativa y de validación de producto y proceso de transformado.

3.1 Cuantificación, identificación y caracterización de descartes desembarcados y selección de candidatos para transformación

Para la identificación y caracterización del descarte que se ha seleccionado en el desarrollo de un nuevo producto en el marco del proyecto ATLAZUL, se contactó con diferentes socios del proyecto, así como con colaboradores locales para evaluar qué subproductos y descartes serían los más interesantes para su aprovechamiento en base a su abundancia, disponibilidad y potencialidad para ser transformado. El objetivo era aprovechar aquellas especies locales descartadas que aparecieran en estas costas y de esta forma pudieran adquirirse en los territorios donde se estaba ejecutando el proyecto ATLAZUL, así como el mismo producto que se desarrollase aquí pudiera desarrollarse de forma similar tanto en Portugal como en la zona norte de España, Galicia.

Las capturas accesorias o incidentales son aquellas realizadas durante la operación de pesca que no incluye las especies objetivo a las que se dirige el esfuerzo de pesca y que pueden o no ser descartadas y devueltas al mar, viva o muerta, por diferentes razones (Zeller *et al.* 2017). Los motivos para descartar diferentes especies, consideradas capturas accesorias a la(s) especie(s) objetivo(s) pueden ser varios: especies que tengan establecidas por legislación una talla mínima de referencia para su conservación, especies sin cuota o especies sin interés para los pescadores por su bajo valor comercial (Vázquez et al., 2019) o con valor comercial pero no capturadas en cantidades suficientes para justificar la venta.

La Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), ha estado registrando las capturas pesqueras "oficiales" por país desde 1950. En su último documento técnico de pesca y agricultura (2019), la FAO estimó los descartes anuales en la pesca de captura marina mundial para los años 2010-2014 en unos 9,1 millones de toneladas, sin tener en cuenta los descartes desconocidos de algunos países y pesquerías que representaron aproximadamente el 6,5% de los desembarques mundiales. Estas estimaciones se basaron en un tamaño de muestra de 1.854 registros de pesca, con una captura anual total estimada de 84,6 millones de toneladas y una captura desembarcada anual (retenida) de 75,5 millones de toneladas (Pérez-Roda *et al.* 2019).

Como se mencionaba con anterioridad, según la Base de Datos de Capturas del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, en el año 2021 se acumularon 797.341,83 toneladas de peso vivo en capturas de diferentes especies y entre estas capturas se contabilizó una cantidad de 173.124,49 toneladas de especies agrupadas como anguilas, ascidias y otros tunicados, crustáceos marinos diversos, diversas plantas acuáticas, esponjas, invertebrados acuáticos diversos, moluscos marinos diversos, orejas de mar, bígaros, estrombos, peces costeros diversos, peces de agua dulce diversos, peces demersales diversos, peces

diádromos diversos, peces marinos no identificados, peces pelágicos diversos, tiburones, rayas y quimeras (MAPA 2023).

Se presentan a continuación los resultados de las Capturas de Buques Españoles (Peso vivo (en t) y Valor (en miles de euros)) por Conservación, Destino y Grupo Principal (Taxónomico) de especies de 2019 y 2020 (Tabla 1) presentadas en las Estadísticas pesqueras de abril de 2023:

Tabla 1. Capturas de buques españoles. Peso vivo (en t) y Valor (en miles de euros) por conservación, destino y grupo principal (taxonómico) de especies. Años 2019-2021. Fuente: estadísticas de Pesca Marítima. Abril 2023. (MAPA 2023).

Conservación, destino y grupo de especies		2019		2020		2021	
		Peso vivo (t)	Valor (miles de €)	Peso vivo (t)	Valor (miles €)	Peso vivo (t)	Valor (miles de €)
Fresco, consumo humano	Peces	320.225	709.326,55	316.086	681.120,32	292.676	694.861.95
	Crustáceos	8.252	117.428,03	8.244	11.483,77	8.521	121.434.05
	Moluscos	22.044	146.537,62	16.263	98.407,33	19.758	112.711.26
	Otros	803	5.999,60	649	4996,23	745	6.357.21
	Total	351.324	979.291,80	341.242	896.007,65	321.699	935.364.47
Congelado y otros, consumo humano	Peces	507.171	718.115,12	415.655	555.548,93	448.414	723.950.21
	Crustáceos	4.945	45.408,14	4.476	43.463,38	5.254	67.531.18
	Moluscos	10.599	22.633,10	23.471	57.839,75	19.361	38.836.20
	Otros	2	3,86	0	0,90		
	Total	522.718	786.160,22	443.602	656.852,97	473.028	830.317.59
Total Consumo Humano		**874.042**	**1.765.452,02**	**784.844**	**1.552.860,62**	**794.727**	**1.765.682.07**
Total Consumo no Humano		**3.170**	**1.940,15**	**2.414**	**1.553,93**	**2.615**	**1.509.22**
Total General		877.212	1.767.392,17	787.258	1554.414,55	797.342	1.767.191.29

Se contactó con diferentes socios del proyecto ATLAZUL con quienes evaluar las diferentes especies de descartes detectadas en nuestras costas gaditanas y costas de la zona enmarcada en el proyecto ATLAZUL. La Universidad del Algarve lleva años estudiando la aparición y aprovechamiento de la **Corvina Americana (*Cynoscion regalis*)** en las costas portuguesas y otras zonas cercanas (Morais & Teodósio 2016; Morais *et al.* 2017; Cerveira *et al.* 2021; Cerveira *et al.* 2022) por lo que se consideró interesante evaluar dicha especie para poder contar con información de antemano de la misma en colaboración con un socio del proyecto en ejecución.

A continuación, establecimos contacto con la Lonja de Sanlúcar como colaborador del proyecto para identificar y cuantificar la cantidad de Corvina Americana que estaba siendo capturada y descargada en dicha lonja. Nos indicaron la cantidad capturada era bastante

elevada y el precio de venta del producto era bastante bajo, considerándose finalmente un descarte por bajo valor comercial. Teniendo en cuenta el trabajo previo realizado por la Universidad del Algarve, el cual nos ofrecía información de antemano interesante y la necesidad de aumentar el valor comercial de la especie por parte de la Lonja de Sanlucar, se identificó la **Corvina Americana (*Cynoscion regalis*)** como especie de interés para el proyecto por su alto potencial para valorizar por ser una especie de bajo valor comercial con congéneres bien introducidos en el mercado (Figura 3). Esta especie no es nativa de España ni Portugal. Es una especie nativa de la costa este de América del Norte, desde Massachusetts hasta el Golfo de México. Las corvinas con más valor comercial la corvina (*Argyrosomus regius*) y la Corvina Negra (*Polydactylus quadrifilis*). Debido a su carácter exótico, la corvina americana no tiene apenas interés comercial y su captura es normalmente accidental en las pesquerías de otras especies objetivo. Además, esta especie ha sido estudiada por parte de la Universidad del Algarve, socios del proyecto, para evaluar el potencial de especies exóticas para la economía azul y su presencia en la Lonja de Sanlúcar cada vez con mayor presencia, ha permitido una cooperación transnacional para el estudio de este recurso vivo.

A lo largo del año 2022, periodo de ejecución del proyecto ATLAZUL, desde la Cofradía de Pescadores de la Lonja de Sanlúcar se ha controlado la cantidad descargada de la misma y su precio de venta al público. Su precio de venta en lonja) durante el año 2022 y hasta mayo de 2023 esta valorado en 1,24 €/kg. La especie ha presentando un precio medio mensual en abril de 2022 de 2,84 €/kg pero ese mismo año en noviembre su precio medio mensual fue de 0.46€/kg (Tabla 2). El precio de venta tan bajo y la gran variabilidad anual de su precio medio mensual de venta la convierten en una especie de bajo valor comercial y no resulta interesante a los pescadores

Durante el año 2022 y hasta mayo de 2023, se han capturado un total de 58.800,10 kg de Corvina Americana siendo el mes de mayo de 2023 el mes donde más kilos se han capturado, contabilizándose un total de 10.7799,85 kg con un precio de venta medio de dicho mes de 0,87 €/kg. El mes que ha presentado menos capturas de dicha especie ha sido el mes de octubre de 2022, capturándose un total de 9,40 kg y con un precio de venta medio de dicho mes de 2,80€/kg (Tabla 2). Se presentan a continuación los datos recogidos por la Cofradia de Pescadores de Sanlúcar de Barrameda:

Tabla 2. Estadístico de especies/Días agrupado por mes (fecha 01/01/2022 – 30/05/2023). ESPECIE 143. Corvinata punteada

Código	Fecha	Nº PROV	ZONA	CAJAS	KILOS	IMPORTE	P.MAX (€//kg)	P.MIN (€//kg)	P.MED (€//kg)
143	01/ 2022	43	1	412	2.526,8	3.279,37	7,10	0,10	1,3
143	01/ 2023	42	1	301	2.015,35	3.552,08	5,90	0,10	1,76
143	02/ 2022	48	1	366	1.987,30	2.891,42	7,40	0,20	1,45
143	02/ 2023	47	1	558	3.697,20	8.967,20	8,60	0,45	2,43
143	03/ 2022	33	1	131	526,10	1.019,34	7,00	0,50	1,94
143	03/ 2023	48	1	461	2.921,85	6.550,15	8,00	0,30	2,24
143	04/ 2022	43	1	123	405,55	1.151,13	7,30	0,45	2,84
143	04/ 2023	56	1	1.260	7.610,25	10.268,31	9,40	0,05	1,35
143	05/ 2022	54	1	548	2.653,10	3.648,94	7,70	0,05	1,38
143	05/ 2023	46	1	1.512	10.779,85	9.326,93	7,30	0,05	0,87

143	06/ 2022	35	1	509	2.714,60	4.105,69	4,90	0,05	1,51
143	07/ 2022	38	1	802	5.533,70	5.784,31	7,00	0,05	1,05
143	08/ 2022	34	1	565	2.903,45	4.802,88	5,90	0,05	1,65
143	09/ 2022	36	1	269	1.542,75	1.985,25	7,40	0,05	1,29
143	10/ 2022	5	1	7	9,40	26,31	4,30	1,30	2,8
143	11/ 2022	62	1	1.095	8.531,25	3.899,25	7,70	0,05	0,46
143	12/ 2022	55	1	341	2.441,60	1.381,14	5,40	0,05	0,57
TOTAL LISTADO				**9.260**	**58.800,10**	**72.639,70**			**1,24**

Hay que indicar que la corvina americana no se considera una especie exótica invasora según lo establece la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad: "*aquella que se introduce o establece en un ecosistema o hábitat natural o seminatural y que es un agente de cambio y amenaza para la diversidad biológica nativa, ya sea por su comportamiento invasor, o por el riesgo de contaminación genética".* La corvina americana no forma parte del Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras, en el que se han de incluir todas aquellas especies y subespecies exóticas invasoras que constituyan, de hecho, o puedan llegar a constituir una amenaza grave para las especies autóctonas, los hábitats o los ecosistemas, la agronomía, o para los recursos económicos asociados al uso del patrimonio natural.

Cynoscion es un género de peces de la familia Sciaenidae, de importancia en la pesca deportiva y comercial, que habita las costas americanas del Atlántico y el Pacífico. Una especie que habita en el Golfo de Cádiz (suroeste de España) fue identificada mediante análisis morfológico como corvinata real *C. regalis*, nativa del Atlántico Noroeste (Figura 3) Existen registros de *C. regalis* en esta zona desde 2011 y ahora se considera una especie establecida, distribuida a lo largo del estuario del río Guadalquivir y objeto de la pesca artesanal local (Bañón *et al.* 2017).

Finalmente y como se ha mencionado con anterioridad, dada su aparición y falta de aprovechamiento se consideró una especie interesante que revalorizar y con la que llevar a cabo un desarrollo de un nuevo producto y se inició el proceso de valorización de esta especie con información de antemano sobre la misma gracias a la colaboración tanto con la Universidad del Algarve, socios del proyecto ATLAZUL quienes llevan estudiando la especie y su aprovechamiento desde hace varios años como con la Lonja de Sanlúcar gracias a la cual adquirimos toda la materia prima de biomasa necesaria para los ensayos y la elaboración de producto.

Una vez identificada como potencial especie la corvina americana, se caracterizó la calidad de la canal de dicha especie a nivel microbiológica y organoléptica para asegurar la seguridad e higiene alimentaria de la materia prima y, al mismo tiempo, confirmar que presentaba características organolépticas interesantes (como un buen sabor, olor, color, textura, etc).

Para llevar a cabo esta validación se adquirieron las primeras muestras de materia prima a la Lonja de Sanlúcar y se llevó a cabo un análisis "Quality Index Method" (QIM). El QIM o Método del Índice de Calidad, es un método objetivo para medir el grado de frescura del pescado de acuerdo a las características organolépticas del mismo. Este método fue

desarrollado originariamente en el Instituto de Investigación de Alimentos de Tasmania (Bremmer 1985).

Figura 3. Corvina americana de la Lonja de Sanlúcar.

Todo el pescado que forma parte del stock de materia prima de CTAQUA inicialmente debe de superar el análisis QIM y, como mejora, se presentan algunas indicaciones a los proveedores de materia prima para incrementar la puntuación QIM final obtenida si se considera necesario. En este caso concreto, al tratarse la materia prima de un descarte que no se almacena, ni se trata ni se controla (a diferencia de una especie de interés de venta) presenta un amplio margen de mejora. Por ello, la Lonja se encargó de que la materia prima para el proyecto, se recogiera y almacenara tal y como se haría en el caso de un producto de alto valor comercial, con el objetivo de adquirir dicho producto en las mejores condiciones organolépticas posibles.

Tras la validación de la materia prima a través del análisis QIM se llevaron a cabo dos análisis diferentes de laboratorio. Los resultados microbiológicos que presentaron las muestras representativas de dos lotes se resumen en la Tabla 3. La reglamentación nacional referente a los criterios microbiológicos aplicables indicadas en el Reglamento (CE) Nº 2073/2005 de la comisión de 15 de noviembre de 2005 en la que se especifican los microorganismos a controlar en productos de la pesca y los límites establecidos en las muestras de control sólo limita los “Productos pelados y descabezados de crustáceos y moluscos cocinados”. Por tanto, con el fin de establecer los límites de control de los análisis microbiológicos realizados en el marco del proyecto Atlazul se establecieron los límites de control internos indicados en la Tabla 3 para el pescado fresco de acuerdo con lo establecido en la “Recopilación de normas microbiológicas de los alimentos y otros parámetros físico-químicos de interés **sanitario**” de enero de 2021 en la cual se presentan recomendaciones según la legislación disponible para los productos de la pesca frescos basadas en la Orden 2/8/1991.

Tabla 3. Resultados microbiológicos obtenidos de la materia prima corvina americana. Recuento y presencia/ausencia de la carga microbiana de las muestras de dos muestras procedentes de un lote de Corvina Americana.

Materia prima	Parámetros	Resultados (R1) (UFC)	Resultados (R2) (UFC)	Límites
Corvina americana	Aerobios	$4,7 \times 10^3$	$5,3 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^6$
	Enterobacterias	$<1,0 \times 10^1$	<1,0 x 101	$<1,0 \times 10^3$

Muestra 1	*E. coli*	<1,0 x 10^1	<1,0 x 101	<1,0 x 10^3
	Listeria monocytogenes	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	Salmonella spp.	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Corvina americana Muestra 2	Aerobios	1,17 x 10^4	1,6 x 10^4	<1,0 x 10^6
	Enterobacterias	<1,0 x 10^1	<1,0 x 10^1	<1,0 x 10^3
	E. coli	<1,0 x 10^1	<1,0 x 10^1	<1,0 x 10^3
	Listeria monocytogenes	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	Salmonella spp.	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Por otro lado, el **perfil nutricional** de las muestras representativas de las dos muestras analizadas (Tabla 4) mostró un porcentaje de proteína de 18,4 g/100 g por peso fresco de pescado (PF) y un alto nivel de humedad. El perfil nutricional que presenta la corvina americana es similar al de otras especies no explotadas (*Serranus cabrilla*, *Capros aper*) y tres especies de bajo valor comercial (*Trachurus picturatus*, *Spondyliosoma cantharus* y *Trigla* lyra*).* Para todas las especies, la humedad fue el componente más alto (69-82 %), seguido por proteína (14-25 %), ceniza (5-13 %), y grasa (0.6-5 %) (Duarte *et al.* 2022).

Tabla 4. Resultados obtenidos en el análisis proximal de la materia prima corvina americana. Cantidades por 100 g peso fresco de pescado.

Parámetros	Resultado	Unidades
Azúcares totales	<1,0	g/100g PF
Fibra alimentaria	<0,50	g/100g PF
Grasas totales	6,9	g/100g PF
Humedad	73,5	g/100g PF
Proteínas	18,4	g/100g PF

La humedad detectada se reflejaba directamente en la textura del pescado. De este modo, en el análisis QIM para validar las características organolépticas presentes de la materia prima se notificó una textura blanda y jugosa. Este hecho se consideró interesante para el desarrollo de productos reestructurados, los cuales suelen presentar una textura seca cuando se desarrollan con ciertas especies de pescado.

En esta etapa del desarrollo se identificó esta textura como interesante para el desarrollo de reestructurados que necesitasen generar mayor sensación de jugosidad en boca.

Tras la evaluación microbiológica y nutricional, debido a la textura jugosa que presentaba el producto, se decidió que lo más interesante era almacenar la materia prima en congelación (lo que permitía paralizar el crecimiento microbiológico, para disponer de stock siempre que fuera necesario. Además, gracias a su textura jugosa, se podía manipular el pescado tras un par de horas en descongelación. Esto permitía extraer todo el musculo del pescado de forma fácil, sin destrozar dicho musculo y manteniendo una cadena de frio adecuada en el momento de la manipulación de la materia prima, asegurando que al manipular la materia prima en temperaturas tan frías se mantuviera la calidad y seguridad alimentaria adecuada de la materia prima.

3.2 Aprovechamiento de los descartes seleccionados para el desarrollo de nuevos productos transformados

3.2.1 Vigilancia tecnológica

España ocupa el cuarto lugar en la lista de consumidores de pescado del mundo con una media de 45,6 kilos por persona y año (FAO 2020). La mayor parte de la corvina se vende entera (80 %) a los consumidores finales y se estima que solamente el 20 % se procesa (en filetes) (Tabla 5)

El consumo de corvina está en aumento en España y gracias a su ritmo de crecimiento y a lo limitadas que son sus enfermedades compite bien frente a otros pescados. El consumo de corvina se mantiene estable durante todo el año disparándose en Navidad (EUMOFA 2022). Promover una pesquería de la corvina americana podría al menos minimizar los impactos de la actividad pesquera sobre las especies nativas. Sin embargo, presentar una nueva especie a los consumidores es un desafío debido a los hábitos de consumo y desconocimiento de la especie. En un estudio realizado en Portugal sobre la aceptación de la corvina americana en diferentes recetas, se obtuvo que la evaluación de las características fue favorable y que la mayoría de los consumidores comprarían esta especie si estuviera disponible en el mercado (Cerveira *et al.* 2022).

Para poder diseñar el producto lo más acorde a las necesidades del consumidor y conseguir el éxito del mismo en los canales de distribución, se llevó a cabo una exhaustiva vigilancia tecnológica de los productos que actualmente se encontraban en el mercado, habituales o nuevos, ya fuesen entre frescos, congelados, mínimamente procesados o transformados y se han identificado 5 productos en 4 de las 7 cadenas de supermercados más importantes de la zona y se ha identificado que se comercializaba la corvina únicamente de forma fresca ((Garrido 2022).

Tabla 5) y no existían productos transformados elaborados con esta especie (Garrido 2022).

Tabla 5. Productos de corvina identificados en diferentes canales de distribución

Producto	Marca	Formato	Peso (g)	Precio por Kg (€/kg)
Corvina fresca	Hacendado	Destripada, desescamada con cabeza	1500	7,95
	Alcampo	Pieza	2500	9,95
	El corte inglés	Filetes	Variable	24,95
	El corte inglés	Pieza	1500-2500	12,99

	Circulo de Calidad	Pieza	1800	7,95

Por otro lado, también se visitó la SeaFood Expo BCN 2022 con el objetivo de identificar cuáles eran los productos que estaban marcando tendencia. En la mencionada exposición se lleva a cabo una evaluación de los nuevos productos que se han establecido en el mercado durante los últimos años y cuáles de ellos han tenido mayor exito y se consideran los más innovadores. En conjunto, tanto con los productos adquiridos en tiendas locales, mercados, supermercados, hipermercados, tiendas gourmet y especializadas y con la revisión realizada en la SeaFood Expo, se consiguieron identificar una gran tipología de productos para llevar a cabo un diseño adecuado del nuevo producto que desarrollar a partir del aprovechamiento de descartes de bajo valor comercial de la pesca. Entre ellos se incluye: i) la Hamburguesa de salmón Salma Burger Pepper & Lime (Salmon Brands A.S.), ii) la Hamburguesa de merluza con wakame y shiitake de Nowtural – Hake, Wakame & Shitake Burgish (Congalsa S.L.), iii) las Empanadillas orientales de Salmón y Algas de Dumplings with Salmon and SeaWeed “MI DORI” (VICI Group), iv) el pescado empanado con mango de Mango Breaded Fish (Van Duc Tien Giang Food Export Co. Vietnam), v) la Pasta hecha con salmón de La pasta del mar (PESCANOVA) y vi) el Plato preparado de mejillones con jengibre y limón Bangkok Fresh Sauce with Lemongrass & Ginger (Krijn Verwijs Yerseke B.V.) (**Figura 4**).

Destacaron entre los productos premiados la gran variedad de formatos basados en el desmigado del musculo de pescado. Otro aspecto a destacar son el alto número de los premiados que procedían de empresas orientales o estaban preparados con ingredientes orientales. Además, se premiaron diferentes formatos de productos, platos preparados, productos individuales para congelar, productos en formatos más grandes para consumir en un momento o almacenar y terminar su consumo más adelante.

Hamburguesa de salmón	*Hamburguesa de merluza con wakame y shiitake*	Empanadillas orientales de Salmón y Algas
Pescado empanado con mango	***Pasta hecha con salmón***	***Plato preparado de mejillones con jengibre y limón***

Figura 4. Distintos productos innovadores premiados en la Seafood Expo BCN 2022 con productos del mar

Otros productos interesantes que no fueron premiados pero que captaron la atención de los asistentes a la SEAFOOD EXPO de Barcelona fueron los siguientes dumplings, gyozas y baos congelados y rellenos de pescado y/o algas, la hamburguesa empanada de gamba blanca, los platos preparados de bacalao, raviolis de salmón y los untables con pescado (Fish Bites) (**Figura 5**).

Con la evaluación desarrollada durante la vigilancia tecnológica se concluyó que **los productos orientales y las recetas orientales estaban posicionándose como los favoritos por parte de los consumidores**. Según el informe anual de tendencias de comida a domicilio de Just Eat, la cocina oriental se ha situado en el último año en el tercer puesto de la cocina preferida por los consumidores, justo detrás de la cocina americana (hamburguesas y bocadillos) y de la italiana (pizzas y pastas) (Eat 2022). La presencia de productos internacionales y de otras culturas ha aumentado a lo largo de estos años en los canales de distribución, sobre todo los productos de cocina oriental. Este tipo de productos se pueden encontrar no solamente en canales de distribución grandes sino también en tiendas locales y de menor tamaño. Se encontraron todo tipo de productos orientales en los diferentes canales de distribución visitados y en la SEA FOOD EXPO la parte de cocina asiática y oriental tenía gran peso, incluso entre los productos ganadores y premiados.

Dumplings y gyozas congelados	*Baos congelados y rellenos de pescado*
Hamburguesa empanada de gamba blanca	*Platos preparados de bacalao*
Raviolis de salmón	*Untables con pescado (Fish Bites)*

Figura 5. Distintos productos innovadores identificados en la Seafood Expo BCN 2022 con productos del mar.

Por otro lado, era importante también evaluar el **formato final del producto y el público objetivo**. Si queríamos llegar a un gran grupo de consumidores el formato tenía que ser válido para diferentes tipos de clientes. Nuestro objetivo es que el formato que presentásemos fuera adecuado para una gran familia, una pequeña familia o incluso un solo individuo. También necesitábamos que el diseño permitiera el uso de la corvina americana desmigada en la elaboración y finalmente, queríamos que no solamente se tratara de un nuevo producto, sino que también fuera una receta para darle valor gastronómico a la corvina americana. Es por esto que el formato de presentación tenía que permitir el uso total del producto o solo una parte, para que tanto un gran grupo de consumidores como un solo individuo pudiera consumirlo y almacenarlo.

En este sentido se identificó que el formato de almacenamiento más cómodo para ambos grupos de consumidores **era el congelado y con bastante cantidad de producto**. De esta forma se puede consumir o en el momento, tras la compra, por parte de una gran familia, o almacenarlo congelado y consumir una pequeña porción. Además, el producto tenía que permitir **el uso de la corvina americana desmigada** en la elaboración ya que, tras la evaluación organoléptica, la textura que presentaba demostró que aun cuando iba a aportar gran jugosidad al producto final, el músculo de pescado tenía que utilizarse desmigado pues al manipular el pescado los filetes no se mantenían intactos.

El formato de presentación del producto debía de ser congelado y reestructurado

Una vez definido el diseño del nuevo producto a través de un estudio basado en los productos que actualmente nos encontramos en el mercado y los más premiados por el sector, con esta base de trabajo, empezaron las pruebas de elaboración del producto en la Planta Piloto de I+D+i.

Entre todas las recetas evaluadas y productos más solicitados en los supermercados, tiendas especializadas y restauración, **el producto que cumplía con todas las características recientemente mencionadas eran las Gyozas, los dumplings o empanadillas orientales que suelen rellenarse de marisco, carne y verduras**. Este producto permitía el uso de la corvina americana desmigada, la mezcla con diferentes ingredientes orientales y la presentación en congelación almacenado en bolsa para su uso directo o almacenamiento según las necesidades de consumo del cliente.

3.2.2 Pruebas de desarrollo – planta piloto de I+D+i

Una vez definido el diseño del nuevo producto a través de un estudio basado en los productos que actualmente nos encontramos en el mercado y los más premiados por el sector, con esta base de trabajo, empezaron las pruebas de elaboración del producto en la Planta Piloto de I+D+i.

Las algas son recursos que pueden aportar tanto compuestos importantes desde el punto de vista nutricional como de sustancias bioactivas (Harnedy & FitzGerald 2011). Por lo tanto, las algas pueden tener aplicaciones tanto para su consumo directo (Mouritsen *et al.*

2013; Cornish *et al.* 2017) como para el desarrollo de nuevos alimentos e ingredientes funcionales (Jiménez-Colmenero *et al.* 2010; Kumar *et al.* 2015; Thahira Banu & Uma Mageswari 2015). Aunque existen varias especies que se cultivan hoy en día, las algas son recursos naturales procedentes del mar y con una proporción correcta de proteína vegetal de alto valor biológico (Harnedy & FitzGerald 2011), bajo contenido en grasa, contenido mineral superior a los que aportan los alimentos terrestres, cantidades adecuadas de vitaminas, ricas en fibra y ácidos grasos poliinsaturados (Matanjun *et al.* 2009; Kendel *et al.* 2015), además de contener cantidades abundantes de sustancias antioxidantes (Kumar *et al.* 2011; Khairy & El-Sheikh 2015). En la actualidad, el uso de especies de macroalgas de la Bahía de Cádiz está creciendo considerablemente, siendo estas utilizadas tanto en elaboraciones en alta cocina como en incorporaciones a platos tradicionales (Pérez-Lloréns *et al.* 2016).

Para abastecer esta creciente demanda en algas se están realizando cultivos en zonas de esteros, complementando así la actividad acuícola y salinera, poniendo en valor estas zonas, tanto económicamente como por su importancia biológica en el Parque Natural Bahía de Cádiz (Bermejo *et al.* 2020a). Por todo ello, desde ATLAZUL hemos considerado importante incluir las **algas en los desarrollos de nuevos productos,que dieran valor añadido al producto** y, en nuestro, caso se cierra el ciclo de economía circular al aprovechar también las materias primas propias que cultivamos en nuestro centro. Además, se revaloriza el uso de las algas como ingrediente en la gastronomía y en el desarrollo de nuevos productos, fomentando su uso como ingrediente el cual resulta más sostenible de obtener que otros posibles ingredientes además del efecto biorremediador que implica el cultivo de las mismas.

Se llevaron a cabo diferentes pruebas de concepto para conseguir la formulación final definitiva de los prototipos. Inicialmente se trabajó con una formulación neutra para evaluar la jugosidad de la materia prima sin intervenir otros ingredientes añadidos con el objetivo solamente de evaluar la textura final del producto. Dicha formulación no tenía interés gastronómico, pero sí era importante desarrollarla para evaluar la textura de la materia prima transformada en gyoza y cocinada. En estas primeras pruebas de formulación se prepararon gyozas las cuales el relleno era 100% desmigado de corvina americana y no llevaba ningún añadido más.

A continuación, como se ha mencionado, se trabajó en dos formulaciones base en las que se añadieron diferentes verduras. Se trabajó en la cantidad añadida de cada verdura para poder conseguir la mejor combinación de sabores y texturas junto con el ingrediente principal, la Corvina Americana. Se añadieron verduras y otros ingredientes en diferentes proporciones hasta definir cuál era la mejor combinación de cantidades de cada elemento para que el producto final presentase las mejores características organolépticas , las cuales se diseñaron en base a la vigilancia tecnológica desarrollada (Tabla 6; Formulación 1 y 2) es decir, imitando los productos evaluados que mejores características presentaron como las gyozas congeladas encontradas en diferentes supermercados y otros canales de distribución.

En la formulación 1, donde se añadían verduras junto con la materia prima principal, se evaluó sobre todo las proporciones entre puerro y col. La col aparece en una gran variedad de recetas orientales. La col china tiene origen en China y una larga historia de cultivo. Sus hojas contienen muchos materiales beneficiosos y es una de las especies vegetales cultivadas en China más importantes (Hu & Hou 2010). La proporción de col finalmente ofreció mejor sabor siendo la verdura en mayor porcentaje añadido a la formulación. Aportaba una textura crujiente frente a los demás ingredientes y su utilización y sabor

acercaba el prototipo a asemejarse a una receta oriental como las evaluadas en la vigilancia tecnológica.

En la formulación 2 se incorporó como ingrediente de alto valor añadido el alga *Ulva* spp. y fue necesario llevar a cabo diferentes pruebas de formulación en las que combinar el puerro y la col con dicha alga. El alga ofrecía un sabor bastante intenso añadida en un porcentaje bastante bajo, pero no aportaba el sabor característico oriental que aporta la col ni su textura crujiente por lo que el porcentaje de col se aumentó en comparación con la formulación 1 y se redujo drásticamente la cantidad de puerro y se eliminó por completo la cebolleta.

Tabla 6. Formulaciones de la gyozas. La formulación 1 corresponde a una gyoza de corvina americana con verduras (con puerro, cebolleta y col). Lote PY-I-24-20 120422 01. La formulación 2 es una gyoza de corvina americana con verduras y *Ulva* spp. Lote PY-I-24-20 120422 02

Formulación 1				Formulación 2		
Parámetros	**Cantidad (g)**	**%**		**Parámetros**	**Cantidad (g)**	**%**
Corvina americana	391,4	59,3		Corvina americana	432,5	65,5
Puerro	81,8	12,4		Puerro	54,1	8,2
Cebolleta	32,3	4,9		Col	108,1	16,4
Col	97,9	14,8		Alga (*Ulva* spp.)	7,3	1,1
Jengibre	6,6	1,0		Jengibre	7,8	1,2
Aceite de sésamo	9,2	1,4		Aceite de sésamo	9,0	1,4
Soja	40,9	6,2		Soja	41,2	6,2
TOTAL	660	100		TOTAL	660	100
Unidades	30			Unidades	30	

Finalmente, el proceso de elaboración definido se muestra a continuación en el siguiente diagrama de flujo (Figura 6):

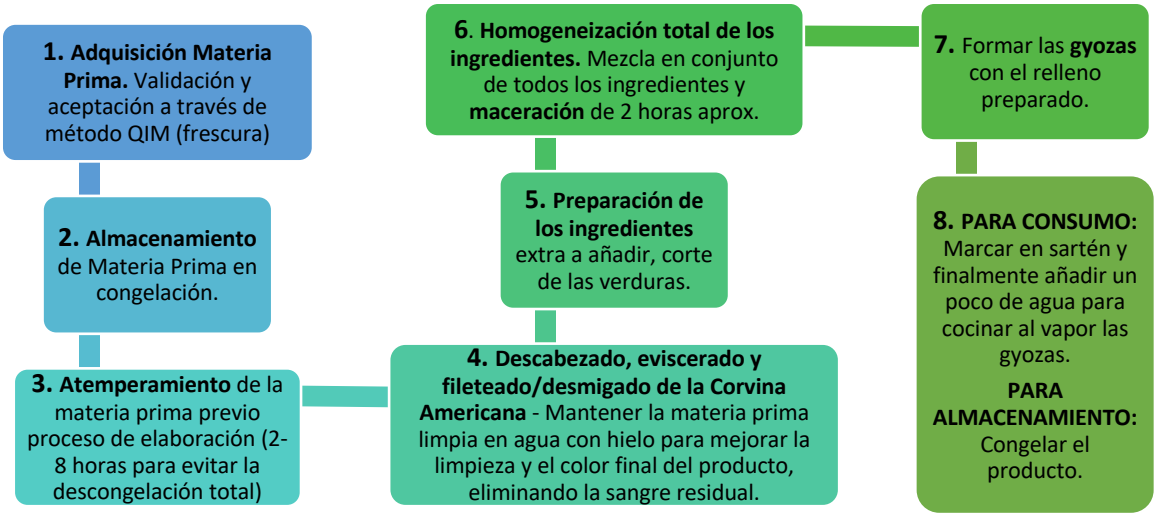


Figura 6. Diagrama de flujo para la elaboración de gyozas de corvina americana.

Una vez definida la formulación de la Gyoza de corvina americana con verduras y la misma versión con *Ulva spp*. se procedió a llevar a cabo la validación del producto y con ello su proceso de elaboración. Para ello se realizaron análisis microbiológicos y organolépticos sometiendo al producto a diferentes pruebas microbiológicas en el laboratorio y al panel de catadores internos de CTAQUA.

3.3 Validación de producto y proceso de transformado

Para validar los prototipos finales obtenidos se procedió a analizar el producto final tal y como se presentaría al consumidor, es decir, tras un proceso de congelación y almacenado en formato bolsa presentando varias unidades del producto. Fue necesario descongelar mínimamente las muestras a analizar para poder manejarlas adecuadamente en el ensayo microbiológico. De nuevo se establecieron los límites de control interno siguiendo la "Recopilación de normas microbiológicas de los alimentos y otros parámetros físico-químicos de interés sanitario" presentado en enero de 2021 en la cual se presenta la siguiente recomendación según la legislación disponible para los productos elaborados de pescado fresco los cuales son necesarios cocinarlos a más de 100ºC para su consumo final, basándose en la O. 2/8/1991 BOE 15/08/91, los cuales se indican a continuación. Como se puede observar en Tabla 7, los números de las especies de bacterias referentes están bien por debajo de lo establecido en la normativa.

Tabla 7. Resultados del análisis microbiológico interno de los prototipos obtenidos.

Materia prima	Parámetros	Resultados (UFC)	Límites
Gyoza de corvina americana con verduras	Aerobios	$1,91 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^6$
	Enterobacterias	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^3$
	E. coli	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^3$
	Listeria monocytogenes	Ausencia	Ausencia
	Salmonella spp.	Ausencia	Ausencia

Gyoza de corvina americana con verduras y *Ulva* spp	Aerobios	1,79 x 10^4	<1,0 x 10^6
	Enterobacterias	<1,0 x 10^1	<1,0 x 10^3
	E. coli	<1,0 x 10^1	<1,0 x 10^3
	Listeria monocytogenes	Ausencia	Ausencia
	Salmonella spp.	Ausencia	Ausencia

Una vez validados los resultados microbiológicos y considerados adecuados, se procedió a desarrollar una cata interna por parte del panel de catadores entrenado de CTAQUA con el objetivo de determinar cuál de los dos prototipos elaborados (Gyoza de corvina americana con verduras y Gyoza de corvina americana con verduras y *Ulva* spp.) obtenía mejores resultados de aceptación, valorando unos criterios típicos de catas (Tabla 8).

Tabla 8. Resultados obtenidos en la cata interna de prototipos (10 catadores). Los criterios se valoran de 1-5, siendo 5 la máxima valoración. En la escala hedónica se puntúa el producto de 0 a 10 siendo 10 la mejor valoración.

Valoración degustación Gyoza Corvina Americana (Gyoza 1)		
	Catadores	**MEDIA**
Evaluación del aspecto general	Aspecto visual general	3,92
	Color exterior	3,69
	Color interior	3,77
	Olor	3,92
	Textura en mano	3,45
Evaluación en boca	Sabor general	4,23
	Dulce	3,31
	Salado	3,54
	Picante	3,46
	Sabor a pescado	3,62
	Textura de la gyoza	4,23
	ESCALA HEDÓNICA	8,21

Valoración degustación Gyoza Corvina Americana + *Ulva* spp. (Gyoza 2)		
Evaluación	**Catadores**	**MEDIA**

del aspecto general	Aspecto visual general	4
	Color exterior	4,08
	Color interior	4,23
	Olor	3,69
	Textura en mano	3,69
Evaluación en boca	Sabor general	3,92
	Dulce	3,31
	Salado	3,46
	Picante	3,62
	Sabor a pescado	3,85
	Textura de la gyoza	3,54
	ESCALA HEDÓNICA	7,50

Como se puede observar en Tabla 9**,** la Gyoza de corvina americana con verduras y sin añadir la *Ulva* spp. fue la que presentó mejores resultados de aceptación seleccionándose dicho prototipo como el producto definitivo. Se analizó nutricionalmente el producto final seleccionado para obtener el etiquetado obligatorio que debería de indicarse en el producto si este fuera a ser comercializado en los canales de distribución habituales, cuyo resultado se presenta en la Tabla 9.

Tabla 9. Etiquetado nutricional de la gyoza de corvina americana con verduras. Ingredientes: Relleno: Corvina americana (*C. regalis*) (pescado), puerro, cebolleta, col, jengibre, aceite de sésamo y soja. Masa: Harina de trigo (gluten), aceite de soja, proteína de soja, almidón de maíz.

Valores nutricionales	Por 100 g	%
Valor energético	438/104 (kJ/kcal)	59,3
Grasas	1,7 g	12,4
Grasas saturadas	0,46 g	4,9
Carbohidratos	15 g	14,8
Azúcares	<0,5 g	1,0
Fibra	1 g	1,4
Proteínas	6,4 g	6,2
Sal	0,75 g	100

Una vez validado a través de los análisis microbiológicos, proximales y a través de nuestro panel de catadores interno, se procedió a presentar el producto final en el evento “Blue

Innovation Forum" de 2022 (septiembre, Cádiz) para conocer la aceptación general del producto frente a consumidores no entrenados (Figura 7).

Figura 7. Presentación de la gyoza de corvina americana con verduras en el evento "Blue Innovation Forum"

Para ello se volvió a validar el producto a través de un análisis microbiológico externo el cual confirmó los resultados obtenidos internamente (Tabla 10).

Tabla 10. Resultados del análisis microbiológico externo de la gyoza de corvina americana con verduras.

Ensayos	Resultado (#)	Unidades	Método	Legislación	Ficha técnica
Microorganismos aerobios a 30ºC	$4,2 \times 10^4$	ufc/g	ISO4833-1:2013		$<1,0 \times 10^5$
Enterobacterias a 37ºC	$6,0 \times 10^2$	ufc/g	ISO1528-2:2004		$<1,0 \times 10^3$
E.coli B-glucoronidasa positivo	NO DETECTADO	En 1 g	ISO 16654		
Salmonella spp.	NO DETECTADO	En 25 g	MAL.7		No detectado
Listeria monocytogenes	NO DETECTADO	En 25 g	MAL. 13A	No detectado	

El producto fue generalmente aceptado (Tabla 11) y se obtuvieron resultados adecuados e interesantes acerca de sus propiedades organolépticas como el sabor, el olor o la textura

Tabla 11. Resultados obtenidos en la cata externa realizada en el evento "Blue Innovation Fórum"(35 catadores). Los criterios se valoran de 1-5, siendo 5 la máxima valoración. La satisfacción general se puntúa el producto de 0 a 10 siendo 10 la mejor valoración.

DEGUSTACIÓN DEMOLAB 14 Septiembre – Blue Innovation Forum	
APARIENCIA (1-5)	4,2
TEXTURA (1-5)	4,2
SABOR (1-5)	4
NIVEL DE PICANTE (1-5)	3,1
DULCE O SALADO (1-5)	3,4
SATISFACCIÓN GENERAL (1-10)	7,9

El desarrollo obtenido se presentó en las jornadas de difusión de resultados como el "Blue Innovation Forum" (Figura 7) y en "*EL SECTOR PESQUERO EN LA CIENCIA: TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DEL PROYECTO ECOFISH 4.0*" y en la feria VIMAR Feria del Vino y el Mar (Figura 8).

(a)

(b)

(c)

Figura 8. Presentación de la gyoza de corvina americana con verduras en el evento "EL SECTOR PESQUERO EN LA CIENCIA: TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DEL PROYECTO ECOFISH 4.0" (a), en el evento "Innovazul 2022" (b) y en la la feria VIMAR Feria del Vino y el Mar (c).

4. Innovación de nuevos productos del mar mediante el aprovechamiento de subproductos procedentes de la transformación de la industria pesquera

4.1 Cuantificación, identificación y caracterización de subproductos generados en diferentes plantas de procesado

Para la identificación y caracterización del subproducto de pescado generado en la industria transformadora del sector que se ha seleccionado durante el desarrollo de un nuevo producto en el marco del proyecto ATLAZUL, se contactó con diferentes socios del proyecto y con colaboradores locales para seleccionar qué subproducto sería el más interesante para su aprovechamiento.

Los subproductos generados en las industrias alimentarias en general constituyen un problema serio de residuos a tratar (Arvanitoyannis & Varzakas 2008). Es por ello que la industria alimentaria, en busca de una solución sostenible, está aplicando cada vez más medidas para aprovechar y valorizar los subproductos generados. Esta búsqueda de soluciones no solamente ayuda a reducir el desperdicio alimentario y a obtener nuevas fuentes adecuadas de materia prima para aumentar el aprovechamiento alimentario, sino que también crea nuevas fuentes de riqueza en vez de gasto por su tratamiento como residuo y aportan una mayor rentabilidad económica al proceso industrial inicial.

En la práctica actual, los subproductos de la industria alimentaria son empleados para la alimentación en ganadería, como fertilizantes o como sustratos agrícolas (Fernández-Gines *et al.* 2008). La gestión de los subproductos como residuos genera una nueva oportunidad de negocio aparte de la propia línea de producción alimentaria de la empresa

Los subproductos alimentarios generalmente presentan una composición interesante de alto valor, con alto contenido en fibra, ácidos grasos esenciales, minerales. Dicho perfil nutricional los hace interesantes para su valorización y uso como materia prima. Sin embargo, para ello han de dejar de ser tratados como residuos y llevar a cabo un proceso de control y generación en las plantas de producción que conviertan dichos subproductos en materias primas de calidad válidas para la creación de nuevos productos alimentarios. Con el objetivo de llevar a cabo un aprovechamiento de dichos subproductos en industrias alimentarias transformadoras de productos de la pesca y la acuicultura contactamos con la empresa Petaca Chico S.L.

Avanzar en el aprovechamiento sostenible de sus subproductos de alta calidad generados en el corte de su atún rojo

La empresa Petaca Chico considera la innovación y el desarrollo como pilares importantes del avance continuo hacia la mejora en sus plantas de producción. Esta empresa ha participado en diferentes proyectos aplicando la innovación con el objetivo de ir mejorando sus procesos y productos y hacerlos más sostenibles. Por este motivo, para la empresa fue importante colaborar en un proyecto como ATLAZUL, con el objetivo de mejorar la economía circular de los procesos en las industrias alimentarias.

El primer paso para la **cuantificación, identificación y caracterización del subproducto** seleccionado por la empresa Petaca Chico implicaba la visita “in-situ” a la fábrica para poder evaluar la generación del subproducto en directo. Una vez se conoció a fondo el proceso de

corte del atún donde se generaba este subproducto, se adaptó el proceso mínimamente para poder obtener el subproducto de una forma más controlada y segura sin afectar al proceso actual de corte del atún rojo. Con unas pequeñas modificaciones en recogida del subproducto y controlando nuevos aspectos de limpieza y de tiempos de generación del subproducto, se estableció el proceso de recogida del subproducto procedente del corte del atún rojo.

Durante este cambio, se recogieron muestras de migas de atún rojo, subproducto objeto del estudio, antes y después de la modificación de producción y en diferentes puntos del proceso de producción para comparar la carga microbiana del producto antes y después de la modificación del proceso de producción. De esta forma se validaría microbiológicamente el cambio de producción y se conocería si estas pequeñas modificaciones permitían mejorar la calidad microbiana del producto. Esta modificación del proceso de producción se controló exhaustivamente durante aproximadamente 2 meses y se evaluó tanto la microbiología del producto obtenido como la cantidad que se generaba en cada corte de atún rojo. De este modo, se pudo parametrizar el proceso y tener un control total del mismo. Una vez se tuvo un manejo adecuado del nuevo proceso tras la modificación, se estableció el nuevo protocolo y se controló como cualquier otro proceso de producción de la planta. Este proceso de identificación, cuantificación y caracterización microbiológica se llevó a cabo en conjunto con el departamento de Innovación y de Calidad de la empresa Petaca Chico.

Como se ha mencionado con anterioridad, las recomendaciones indicadas por la reglamentación nacional referente a los criterios microbiológicos aplicables indicadas en el Reglamento (CE) Nº 2073/2005 de la comisión de 15 de noviembre de 2005 solo indican límites para “Productos pelados y descabezados de crustáceos y moluscos cocinados”. Al no indicarse microorganismos de control y valores límites en dicho Reglamento para el producto en cuestión que se está evaluando y para determinar los límites de control que nos ayudaran a validar la calidad del producto y/o establecer la vida útil del producto final, los análisis microbiológicos y sensoriales desarrollados a lo largo del estudio de vida útil ejecutado sobre el producto basan sus parámetros analíticos según la “Recopilación de normas microbiológicas de los alimentos y otros parámetros físico-químicos de interés sanitario” presentado en enero de 2021.

En la **Tabla 12** se presentan los resultados obtenidos y los límites establecidos para la validación final de la materia prima a aprovechar. Los resultados microbiológicos que presentó la muestra analizada se encontraban dentro de los limites indicados tras la modificación del proceso de recogida.

Tabla 12. Resultados microbiológicos obtenidos de la materia prima Miga de Atún Rojo. Recuento y presencia/ausencia de la carga microbiana de las muestras de un lote de miga de atún rojo tras varios meses de recogida de la materia prima (Febrero 2023).

Materia prima	Parámetros	Resultados (R1) (UFC)	Resultados (R2) (UFC)	Límites
Miga de atún rojo	Aerobios	$2,3 \times 10^4$	$5,3 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^6$
	Enterobacterias	$<1,0 \times 10^1$	<1,0 x 101	$<1,0 \times 10^3$
	E. coli	$<1,0 \times 10^1$	<1,0 x 101	$<1,0 \times 10^3$
	Listeria monocytogenes	Ausencia	Ausencia	Ausencia

	Salmonella spp.	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Una vez validada la modificación del proceso de obtención y recogida de la miga de atún rojo considerado anteriormente subproducto, se validó proximalmente la composición de dicha miga a través de un estudio externo nutricional. El contenido en humedad fue del 57 % siendo el mayor valor en comparación con azúcares totales (1,6 %), fibra alimentaria (< 0,5 %), grasas totales (20 %) y proteínas (21,5 %) (Tabla 13)

Tabla 13. Resultados obtenidos en el análisis proximal de la materia prima Miga de Atún Rojo (1kg). Cantidades por 100 g peso fresco de pescado.

Parámetros	Resultado	Unidades
Azúcares totales	1,6	g/100g PF
Fibra alimentaria	<0,50	g/100g PF
Grasas totales	20	g/100g PF
Humedad	57	g/100g PF
Proteínas	21,5	g/100g PF

Tras la validación positiva tanto desde el punto de vista microbiológico como organoléptico y tras establecer el proceso de recogida y almacenamiento en congelación para disposición de stock del producto a lo largo de las siguientes fases del proyecto y manteniendo de esta forma la cadena de frio continuada y controlada, se procedió a iniciar las pruebas de desarrollo de producto y aprovechamiento del subproducto en la Planta Piloto de I+D+i de CTAQUA.

4.2 Aprovechamiento de los descartes y subproductos seleccionados para el desarrollo de nuevos productos transformados

4.2.1 Vigilancia tecnológica

Siguiendo la línea para el aprovechamiento de un subproducto, una vez definido el mismo, controlada su generación, garantizado el stock y caracterizado desde el punto de vista de la seguridad alimentaria se procedió a desarrollar las pruebas de generación de concepto para la creación del nuevo producto en base a la tipología del subproducto generado, ahora una materia prima aprovechable.

Como se ha mencionado con anterioridad, para el diseño de un nuevo producto se han de identificar las necesidades que ha de cubrir el mismo para el consumidor (facilidad de cocinado, aumentar la variedad de productos, el formato de venta si es adecuado para un solo consumidor o varios como un formato familiar, si ha de presentar ingredientes funcionales, etc). Para tener éxito en la creación de un nuevo producto y su comercialización es necesario cubrir dichas necesidades o solventar problemas de los consumidores para asegurar la aceptación y éxito del mismo en la población objetivo de mismo producto.

Desde hace ya varios años, los consumidores se preocupan cada vez más por su alimentación. Se preocupan tanto por llevar una alimentación más sana como por la

elaboración de los alimentos. Según un estudio realizado por la IESE y Deloitte en diferentes ciudades (Barcelona, Berlín, Frankfurt, Londres, Madrid, Milán, Moscú y París) los consumidores muestran un interés creciente por los productos ecológicos, sostenibles y de conveniencia. Según el estudio desarrollado, las principales preocupaciones a la hora de comprar un determinado producto son la elaboración del mismo con ingredientes saludables (prioritario para un 61 % de los consumidores) y el posible uso de productos químicos en la fabricación (49 %).

Los consumidores confían más en productos de procedencia nacional que en aquellos importados. El consumidor es más exigente y consciente de sus decisiones sobre la cesta de la compra y los alimentos saludables y se fija en la aplicación de la innovación, de mejores tecnologías y en la producción de alimentos más sostenible puesto que cada vez el consumidor es más sensible al impacto nutricional y medioambiental de los alimentos que consume.

También demandan productos más adaptados a sus necesidades, debido al ritmo de vida que llevamos el cual implica dedicar gran parte de tu tiempo a los aspectos laborales y el tiempo restante a la familia y/o al ocio, se dedica menos tiempo a la compra y a la cocina por lo que demandan cada vez productos procesados saludables como alternativa a la comida rápida, ultra procesada o procesada de baja calidad. El alza de la oferta de productos o platos preparados listos para consumir saludables es cada vez mayor en los supermercados (IESE y Deloitte, 2018).

La tendencia “veggie” o alimentación vegana, vegetariana o flexitariana está de moda y 5,1 millones de españoles se consideran “veggies” en 2021, 2,1 millones más que en 2017, según un informe de la consultora Latern. Existen diferentes dietas o filosofías de vida que cada vez calan más en la población, aumentando el número de consumidores que se unen a estas tendencias y que solicitan productos adaptados a sus necesidades específicas. El veganismo implica no consumir ningún producto de origen animal o fruto de su explotación, siendo su dieta 100 % vegetal. El vegetarianismo en cambio, se define como un régimen alimenticio basado principalmente en el consumo de productos vegetales pero que admite el uso de productos de origen animal, tales como el queso, los huevos, la miel. Los flexitarianos siguen una nueva dieta en la que se combinan el término flexible y el vegetariano e implica basar su alimentación en una dieta vegetariana principalmente pero que de manera ocasional consumen algunos productos de origen animal como carne y pescado. La clave de la dieta no está tanto en lo que se come sino con qué frecuencia se come. Por otro lado, también existe la dieta pescateriana, quienes basan también su alimentación con una dieta completa en la única carne que se consume es la del pescado, no se consume carne de cerdo, ternera, aves (Revista Vegetus 2022).

Toda esta variedad de dietas con diferentes necesidades específicas así como el aumento de la preocupación por lo que se come y como se ha elaborado obliga a la industria transformadora de alimentos a adaptarse a las nuevas necesidades y a evolucionar, presentando nuevos productos alimentarios que den solución a las necesidades de los consumidores. Productos que se presentaban en un solo formato son adaptados para presentarse en diferentes formatos que cumplan con las necesidades de cada consumidor, individuales, en formatos de mayor tamaño, por paquetes para poder separarlos, etc. El pescado y la carne no solamente se vende ya como producto fresco para su cocinado, sino que se presentan platos preparados ya elaborados de recetas tradicionales que no todos los consumidores pueden elaborar en sus casas por falta de tiempo o experiencia. Estos platos son transformados habitualmente cárnicos hechos a base de cerdo, ternera o pollo que se modifican para poder elaborarlos también con materias primas de la pesca o de la acuicultura. Presentar variedad de materias primas en varias gamas de producto es

importante, como croquetas, albóndigas, hamburguesas que no solamente sean de carne, sino también se elaboren esos mismos productos a base de pescado.

Gracias a la aplicación de la innovación en el sector de la industria alimentaria se van creando nuevos productos dando solución al consumidor, no solamente más saludables y adaptados a sus necesidades, sino también sostenibles. El siguiente paso para la industria alimentaria es adaptarse para reducir el desperdicio alimentario y aprovechar materias primas que habitualmente se desechaban aun que presentasen calidades adecuadas para ser aprovechadas en la elaboración de un producto transformado, como son los subproductos que nos ocupan.

Para poder diseñar el producto lo más acorde a las necesidades del consumidor y que al mismo tiempo se pudiera elaborar con el formato de presentación de la materia prima mencionado, se llevó a cabo una vigilancia tecnológica en el mercado, En la mismase evaluaron los productos de atún rojo que se vendían actualmente en el mercado y los productos transformados hechos a partir de atún rojo en todas las posibles presentaciones que se encontrasen en los diferentes canales de distribución visitados (i.e. tiendas locales, supermercados, hipermercados, tiendas especializadas) El objetivo era identificar los productos favoritos de los consumidores y las características que a estos les faltaban por cubrir, necesidades que debíamos de intentar solucionar con la creación del nuevo producto.

Durante dicha evaluación en los diferentes canales de distribución se identificaron también productos de origen cárnico pero que pudieran elaborarse con pescado. Sobre todo, productos de aperitivo para consumir entre horas o con invitados, productos para preparar un “snack” rápido, untables o productos establecidos y tradicionalmente consumidos siempre elaborados con materia prima cárnica como los embutidos fueron identificados en la vigilancia y evaluada la posibilidad de crear productos similares hechos a base de pescado. Se observó que existía una gran variedad de patés (Tabla 14), encontrándonos multitud de especies diferentes al atún rojo.

Tabla 14. Productos de patés, mouse y cremas disponibles en el mercado actual respecto al análisis de mercado realizado

Producto	Marca	Peso (g)	Precio unitario (€)	Precio por Kg (€/kg)
Paté de Atún	Hacendado	240	1,9	7,92
	La piara	180	2,79	16,9
	Casa Tarradellas	125	0,94	7,52
	Alcampo	80	1,78	7,41
	Calvo	75	2,39	15,93
	La piara	75	2,88	19,20
	Iberitos	250	2,79	11,16
	Carrefour	80	1,99	8,29
Paté de Salmón	Hacendado	160	0,84	5,25
	Casa Tarradellas	125	0,94	7,52

	La Piara	77	2,99	19,41
	Alcampo	110	1,69	15,36
Paté de Salmón Ahumado	La piara	77	3,29	21,36
	Iberitos	140	1,79	12,79
Paté de Sardina	La Piara	150	3,25	21,67
	Iberitos	25	0,99	13,2
	Agromar	100	2,25	19,5
Paté de Anchoa	La piara	77	3,18	20,64
Mousse de Bogavante	Alta cocina	115	1,59	13,82
	Agromar	100	2,25	19,5
Crema de Bacalao	Royal	100	0,97	9,7
Mousse de Bacalao	Martiko	130	2,89	22,23
Crema de Merluza	La piara	75	3,65	24,33
Paté de Cabracho	Agromar	100	2,59	21,9
Paté de Centollo	Agromar	100	4,09	29,5
Paté de Oricios	Agromar	100	4,45	44,5
Paté de Bonito	Agromar	100	1,99	19,5
	Gourmet Cazorla	100	2,1	21
Paté de Vieira	Agromar	100	3,25	32,5
Paté de Mejillones	Iberitos	140	2,3	16,43
Untable de Cangrejo	Ensalandia	240	1,65	6,88

En la vigilancia tecnológica *in situ*, se escogieron los productos más novedosos y parecidos a la idea de desarrollo que queríamos realizar, para comparar ingredientes, texturas, sabores y olores. De todos los productos degustados (mousse de bogavante, paté de atún, crema de atún en escabeche, paté de sardina, paté de bonito del norte con pimientos, mousse de salmón ahumado, crema de bonito y anchoa y pate de bonito del norte a la brasa), el que mejor resultados ofreció fue el paté de atún de la marca “Casa Tarradellas”, debido a la elevada cantidad de atún (50 %) y la inclusión de aditivos sencillos y naturales (Garrido 2022).

Del mismo modo que en el caso del aprovechamiento de descartes de la Lonja de Sanlúcar, en la visita realizada a la Seafood Expo BCN 2022 se evaluaron también los productos presentados en la misma que pudieran resultar interesantes para el diseño del nuevo producto untable. Los productos más interesantes que se pudieron encontrar en la SEAFOOD EXPO de Barcelona se presentan en la Figura 9

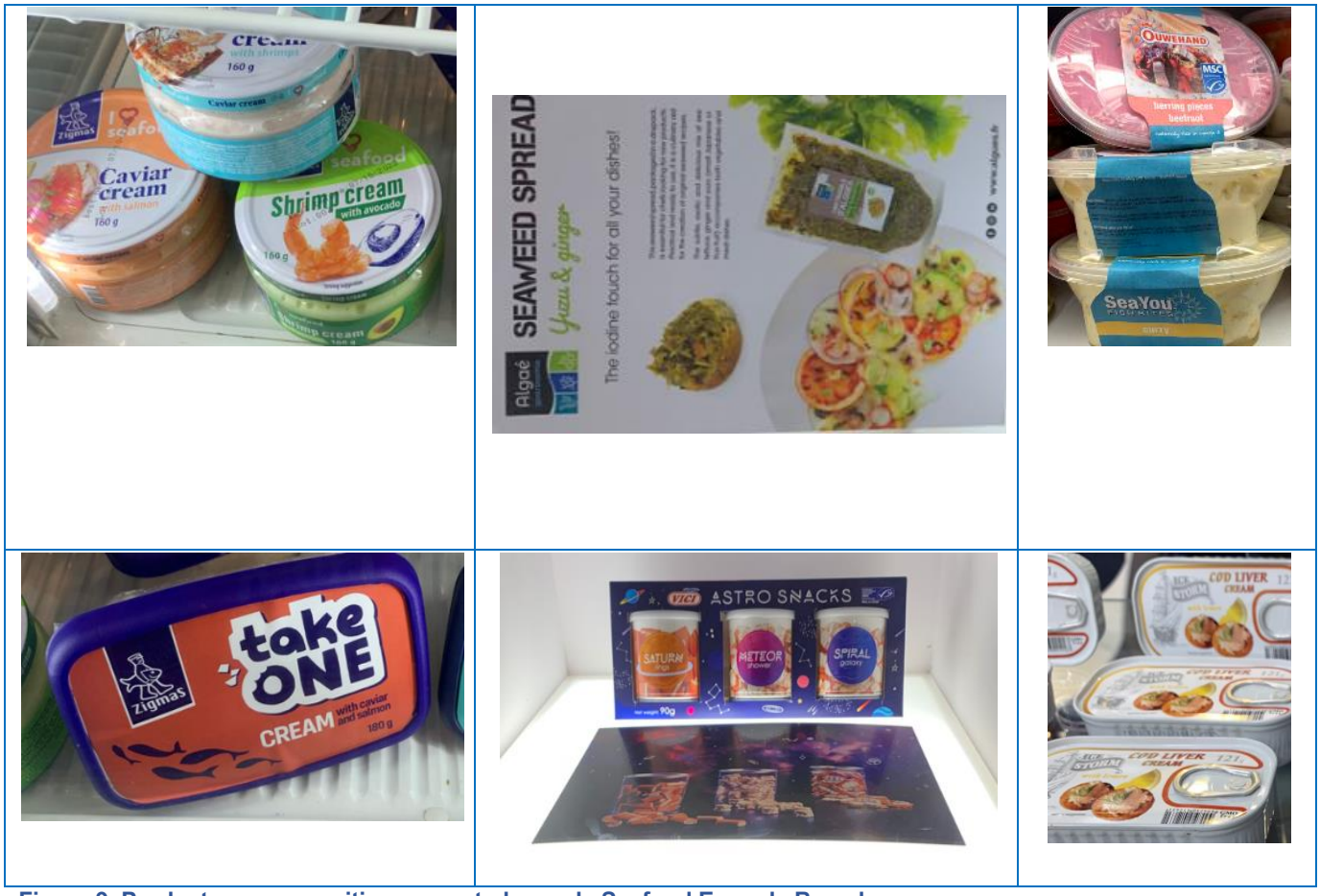


Figura 9. Productos para aperitivo presentados en la Seafood Expo de Barcelona.

La gran mayoría de los productos premiados en la SEAFOOD EXPO de 2023 fueron productos transformados del atún y como se observa tanto en la cantidad de productos identificados en los diferentes canales de distribución como en la exposición presentada en Barcelona, existe una gran cantidad de productos de aperitivo gourmet. Según el informe del consumo de alimentación en España de 2020, la nueva normalidad adquirida después del confinamiento afecta al consumidor aumentando productos como los patés en los momentos de picoteo (MAPA 2021), por lo que el desarrollo de un paté, que además tiene características dentro de la categoría de “gourmet”, tendría cabida en el mercado actual (Garrido 2022).

En conjunto, tanto con los productos adquiridos en las tiendas locales, tiendas especializadas, supermercados, hipermercados…y con los productos identificados en la SEAFOOD EXPO de Barcelona, se consiguieron evaluar una gran cantidad de productos con los que fue posible llevar a cabo el diseño del nuevo producto a partir de una importante base de conocimiento de productos que actualmente se encuentran a la venta y que son los favoritos por parte de los consumidores.

El subproducto se presentaba como migas de atún rojo congeladas por lo que el **producto final a diseñar debía de poder elaborarse con la materia prima en este formato y la elaboración de un paté o un producto untable** como una crema era viable a través del aprovechamiento de esta materia prima presentada en un formato desmigado.

4.2.2 Pruebas de desarrollo – planta piloto de I+D+i

Una vez decidido el tipo de producto que se iba a elaborar, se iniciaron las pruebas de formulación y combinación de ingredientes. En la vigilancia tecnológica se observó que, en gran cantidad de productos transformados con carne o pescado, la cantidad de estos ingredientes suele ser bastante baja. Se encontró un solo paté que superase el 40 % de carne de pescado en su formulación y no se trataba de un producto gourmet. Se consideró prioritario que la formulación del producto presentase un porcentaje de carne superior al 50 % para diferenciarse de los otros patés que se pudieran encontrar en el mercado y de esta forma crear un producto más competitivo.

Se llevaron a cabo varias pruebas de formulación para poder alcanzar el sabor deseado final y, sobre todo, la textura y untabilidad adecuada del producto final. A todas las formulaciones se les aplicaba un tratamiento térmico a continuación para poder finalizar el proceso de elaboración del producto, evaluando diferentes procesos térmicos como la esterilización y la pasteurización y diferentes condiciones de trabajo en ambos casos. Los patés, al igual que las conservas, se tratan a través de tratamientos térmicos como la esterilización y la pasteurización para su conservación, ya sea a temperatura ambiente o en refrigeración según las necesidades finales de presentación del producto. Este tratamiento térmico afecta a las características organolépticas finales de los productos cambiando su sabor, su color, su olor, y sobre todo su textura por lo que es necesario llevar a cabo diferentes ensayos en los que se modifica la formulación previa al tratamiento y los parámetros del tratamiento térmico como la temperatura, presión y tiempo de aplicación del mismo.

Las pruebas se desarrollaron inicialmente a una escala de elaboración más tradicional, como las conservas caseras se hacen en el hogar con la ayuda de una olla exprés y una vez se consiguió una textura final adecuada se escalaron las pruebas en un autoclave semiindustrial en el cual aplica un proceso a los productos mucho más cercano a la realidad industrial. Se desarrollaron de nuevo varias pruebas y ajustes de la formulación y de los parámetros del tratamiento térmico. Una vez obtenida la formulación del producto más adecuada, se elaboraron dos formulaciones extra para poder valorar mayor variedad de sabores, como un paté de atún rojo con algas y un paté de atún ahumado.

Finalmente, el tratamiento térmico que mejor resultados ofreció, manteniendo las características organolépticas finales deseadas y ofreciendo la mejor textura y untabilidad al mismo tiempo que consiguiéndose la reducción de la carga microbiana a través de la aplicación del mismo fue la pasteurización. Esto implicaba que el producto fuera almacenado en refrigeración lo que resulta también interesante puesto que la mayoría de los productos untables gourmet que se encuentran en los supermercados o canales de distribución como el “foie” se encuentran almacenados en refrigeración. Finalmente, el proceso de elaboración definido se muestra a continuación en la Figura 10.

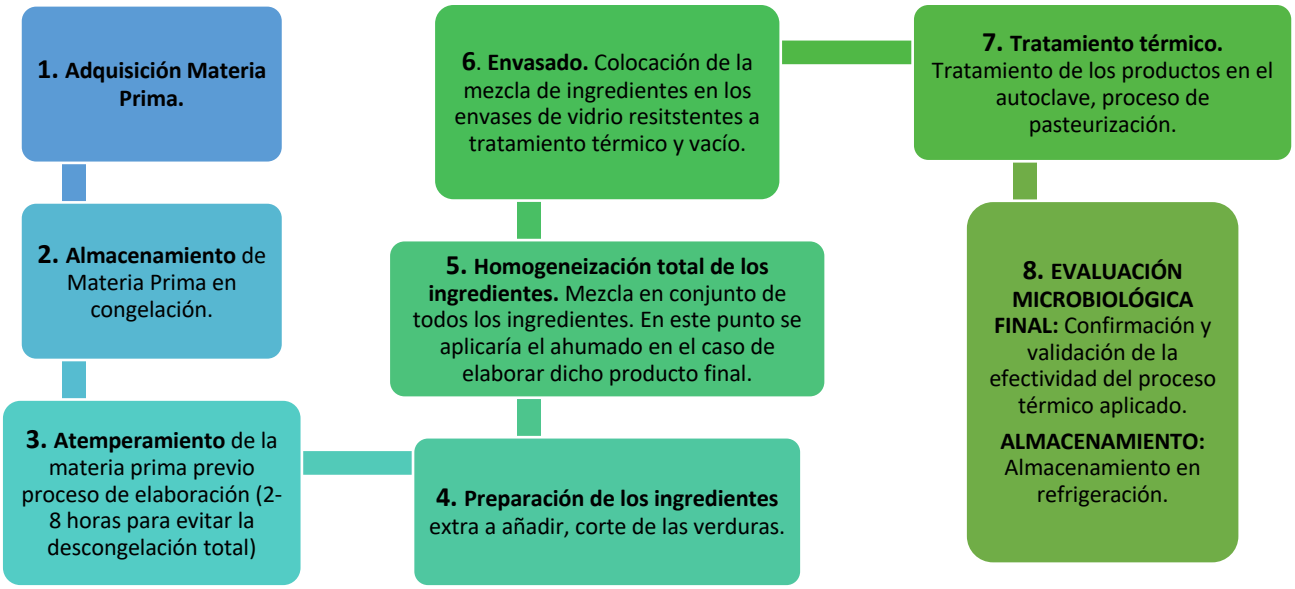


Figura 10. Diagrama de flujo para la elaboración de paté de atún rojo

Una vez definida la formulación del paté de atún rojo y la misma versión por un lado con algas y por otro lado ahumado se procedió a llevar a cabo la validación del producto y con ello su proceso de elaboración a través de análisis microbiológicos y organolépticos sometiendo al producto a diferentes pruebas en el laboratorio y al panel de catadores internos de CTAQUA.

4.3 Validación de producto y proceso de transformado.

Para validar los prototipos finales obtenidos se procedió a analizar el producto final tal y como se presentaría al consumidor, es decir, tras un proceso pasteurización especifico y envasado en tarro de cristal de 125 gramos.

De nuevo, al no indicarse microorganismos de control y valores límites en Reglamento (CE) Nº 2073/2005 de la comisión de 15 de noviembre de 2005 para el producto en cuestión que se está evaluando, producto elaborado de pescado congelado sometido a un proceso térmico aplicable a conservas, y para determinar los límites de control que nos ayudaran a validar la calidad del producto y/o establecer la vida útil del producto final, los análisis microbiológicos y sensoriales desarrollados a lo largo del estudio de vida útil ejecutado sobre el producto basan sus parámetros analíticos según la “Recopilación de normas microbiológicas de los alimentos y otros parámetros físico-químicos de interés sanitario” presentado en enero de 2021 para determinar los limites internos microbiológicos para controlar el producto desarrollado. Generalmente los límites se establecen de forma interna por las empresas para asegurar la calidad, seguridad e higiene alimentaria de sus productos y proteger al consumidor además de para controlar la producción diaria de sus productos. Se llevaron a cabo análisis microbiológicos externos de recuento de microorganismos aerobios, enterobacterias, *E. coli* y presencia/ausencia de *L. monocytogenes* y *Salmonella* spp. para verificar la seguridad alimentaria del producto y proceder a la validación organoléptica.

Para conseguir la producción real final de este producto y comercializarlo, la industria productora deberá realizar un estudio de vida útil acelerado como indica la recomendación y

mantener un control interno con los límites establecidos por parte de la misma y analizar la seguridad del lote a través de un control microbiológico de la toxina botulínica.

En la Tabla 15 se presentan los resultados obtenidos los cuales fueron adecuados y permitieron validar el producto final y su proceso de elaboración.

Tabla 15. Resultados microbiológicos obtenidos del Paté de Atún Rojo, prototipo final. Recuento y presencia/ausencia de la carga microbiana de la muestra.

Materia prima	Parámetros	Resultados (UFC)	Límites
Miga de atún rojo	Aerobios	$1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^6$
	Enterobacterias	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^3$
	E. coli	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^3$
	Listeria monocytogenes	Ausencia	Ausencia
	Salmonella spp.	Ausencia	Ausencia

Una vez obtenidos los resultados válidos y dentro de los límites establecidos se llevó a cabo el análisis organoléptico final y la evaluación de la aceptación del producto por parte de los consumidores a través de una cata con el panel de catadores interno de CTAQUA. Tras una selección interna del departamento de transformados de CTAQUA se consideró interesante presentar el paté de atún rojo, el paté de atún rojo con algas, el paté de atún rojo ahumado y un pate de atún ahumado que actualmente se encuentra comercializado en diferentes canales de distribución para evaluar la aceptación final y comparar los productos con los que actualmente se encuentran a la venta. Los resultados obtenidos en la cata interna se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Resultados obtenidos en la cata interna de prototipos.

	PATÉ 1: Paté de atún rojo		PATÉ 2: Paté de atún rojo con algas	
Evaluación aspecto general	CATADORES	MEDIA	CATADORES	MEDIA
	Color	3,70	Color	3,50
	Olor	4,20	Olor	3,60
	Aspecto general	3,80	Aspecto general	3,60
Evaluación en boca	Salado	3,90	Salado	3,30
	Dulce	4,00	Dulce	3,20
	Sabor a pescado	4,00	Sabor a pescado	3,20
	Sabor a marisco	3,50	Sabor a marisco	3,10

	Sabor a humo	2,90		Sabor a humo	2,80
	ESCALA HEDÓNICA	**7,20**		**ESCALA HEDÓNICA**	**6,00**
	PATÉ 3: Paté de atún rojo ahumado			**PATÉ 4: Paté de atún rojo en mercado actual**	
Evaluación aspecto general	**CATADORES**	**MEDIA**		**CATADORES**	**MEDIA**
	Color	4,30		Color	3,70
	Olor	4,60		Olor	3,80
	Aspecto general	4,20		Aspecto general	3,90
Evaluación en boca	Salado	4,00		Salado	3,40
	Dulce	3,40		Dulce	3,20
	Sabor a pescado	3,90		Sabor a pescado	3,40
	Sabor a marisco	3,80		Sabor a marisco	3,40
	Sabor a humo	4,50		Sabor a humo	3,10
	ESCALA HEDÓNICA	**7,90**		**ESCALA HEDÓNICA**	**6,40**

El producto más aceptado por el panel y mejor valorado fue el paté de atún rojo ahumado, seguido del paté de atún rojo y en ambos casos superando en cuanto a puntuación final al paté de atún actualmente a la venta (Figura 11). Finalmente se analizó nutricionalmente el producto de paté de atún rojo (Tabla 17) para conocer el etiquetado obligatorio que debería presentar el producto.

Tabla 17. Etiquetado nutricional del paté de atún rojo. Paté de atún rojo de Petaca Chico. Ingredientes: Pescado, atún rojo (*Thunnus thynnus*), agua, leche entera, aceite de oliva virgen extra, sal, pimienta y limón.

Valores nutricionales	Por 100 g
Valor energético	1332/322 (kJ/kcal)
Grasas	30,4 g
Grasas saturadas	7,6 g
Grasas poliinsaturadas	7,3 g
Grasas monoinsaturadas	15,5 g
Carbohidratos	1,8 g

Azúcares	<0,5 g
Proteínas	10,4 g
Sal	1,55 g

Figura 11. Prototipo final: Paté de Atún Rojo hecho a partir del aprovechamiento de subproducto de calidad de Petaca Chico S.L.

5. Innovación de nuevos productos del mar basados en algas

Las investigaciones sobre macroalgas en la bahía de Cádiz y Portugal han puesto de manifiesto el potencial uso de algunas especies en ficogastronomía. Los conocimientos de la flora en esta zona son relativamente limitados (Hernández *et al.* 2010; Pérez-Lloréns *et al.* 2012) y continúan ampliándose en la actualidad (Hernández *et al.* 2023). Sin embargo, gracias al proyecto 1FD97-1425 sobre acuicultura integrada desarrollado en las instalaciones de la antigua empresa Acuinova (San Fernando) en los albores del presente siglo (Hernández 2003), al proyecto de excelencia Ealga RNM1235 desarrollado entre 2014 y 2019, al proyecto INNOVALGA y ATLAZUL se ha mejorado mucho el conocimiento del potencial de las macroalgas de la bahía gaditana para su cultivo y desarrollo de productos gastronómicos. Es de destacar el seminario desarrollado en 2017 "Las macroalgas: ¿una opción de futuro en el entorno de la bahía de Cádiz?" celebrado en las instalaciones del Centro Tecnológico de la Acuicultura de Andalucía (Figura 12) en el que se debatió por primera vez la potencialidad de este sector.

Figura 12. Cartel anunciador del Seminario celebrado en 2017 en el marco del proyecto Ealga

La innovación gastronómica con algas debe constituir como una realidad con un futuro muy prometedora para la actividad empresarial en el entorno del Parque Natural Bahía de Cádiz

5.1. Macroalgas de la Bahía de Cádiz y Portugal con potencial gastronómico. Características nutricionales

Hasta el momento, se han identificado una decena de géneros o especies con potencial gastronómico en la Bahía de Cádiz. Para cada una de ellas se expondrán algunas características generales o particulares de interés.

Dentro del phylum Chlorophyta se destacan fundamentalmente dos géneros: ***Ulva* y *Codium*.** *Ulva* (Figura 13**)** presenta fundamentalmente dos morfologías: una laminar (conocida comercialmente como lechuga de mar), con especies como *U. ohnoi* (considerada como exótica invasora), *U. rigida* o *U. rotundata* y otra linear (aonori) como *U. intestinalis*, *U. flexuosa* o *U. linza*. Este género presenta un ciclo

Figura 13. Ejemplares de *Ulva rigida* en el intermareal rocoso

de vida digenético isomórfico por lo que tanto el gametofito como el esporifito pueden ser comercializados. El género es bastante cosmopolita ya que se pueden encontrar especies tanto en fondos rocosos como arenosos o limosos. Varias especies de *Ulva* se asocian a condiciones eutróficas del medio marino. Se considera un género con alto contenido en vitaminas, minerales, fibras y proteínas (Pérez-Lloréns *et al.* 2018).

Figura 14. Ejemplares de *Codium taylorii* recogido en la bahía de Cádiz

La lechuga de mar se utiliza esencialmente en la alimentación humana, tanto para su consumo directo o como ingrediente alimentario. Se ha consumido desde la antigüedad en países orientales como Tailandia o Japón, pero también se consume en países como Hawái, Irlanda, y más recientemente en Francia o España (Pérez-Lloréns *et al.* 2018). Dentro del género *Codium* (Figura 14), existen especies con morfología ramificada (conocidas como ramallo de mar o percebe de pobre), como *C. tomentosum*, *C. vermilara*, *C. taylorii* o *C. fragile*, ésta última considerada como exótica invasora. El género presenta un ciclo monogenético diploide, en el que el gametofito es la biomasa comercializable. El género se caracteriza por su alto contenido en vitamina A, hierro y proteínas y por su bajo contenido en grasas (Pérez-Lloréns *et al.* 2018). El género *Codium* cada vez se emplea más por prestigiosos chefs debido a su sorprendente sabor y textura original. Tiene consistencia esponjosa, elástica y con una textura muy carnosa, la cual aporta una gran diversidad de posibilidades en gastronomía.

Los valores nutricionales en ambos géneros son muy variables, tanto estacionalmente como en distintas zonas de muestreo. La Tabla 18 muestra valores obtenidos de distintas fuentes, incluyendo ejemplares recolectados en la bahía de Cádiz (Sánchez-García 2011; Pérez-Lloréns *et al.* 2018; Sánchez-García 2020).

Tabla 18. Valores medios o rango de valores energéticos (Kcal/100 g peso seco), de carbohidratos, fibra, proteínas y grasas (% de peso seco) en especies del género *Ulva* y *Codium* ramificado.

Género	Calorías	Carbohidratos	Fibra	Proteínas	Grasas
Ulva	106-264	11,7,7-53,6	9,5-31	7,2-25,5	1,3-6,7
Codium	161-261	8,8-53	1,4-5	10-15,6	1,0-7,1

Para ambos géneros se dispone también de contenido en vitaminas (Tabla 19) a partir de los valores medios recogidos en Pérez-Lloréns et al. (2018).

Tabla 19. Contenido medio en vitaminas (mg/100 g de peso seco) en especies de los géneros *Ulva* y *Codium* ramificado.

Género	Liposolubles		Hidrosolubles				
	A	E	B1	B2	B3	B12	C
Ulva	0,2	0,6	0,5	0,2	8,3	4,6	51
Codium	1	5,4	0,2	0,8	2,9	0,7	23

Con respecto a los minerales, las **Tablas 18** y **19** muestran valores obtenidos tanto de macrominerales como de microminerales para ejemplares de la Bahía de Cádiz o en general (Sánchez-García 2011; Pérez-Lloréns *et al.* 2018; Sánchez-García 2020). Los valores de la razón Na/K en *Ulva* suelen ser inferior a la unidad, lo que reforzaría su carácter saludable. En cuanto a los metales potencialmente tóxicos para la salud humana, las concentraciones están por debajo de los límites legales que se manejan en la Unión Europea (CEN 2021).

Tabla 20. Valores medios o rango de concentración de macrominerales (mg/100 g de peso seco) en especies de los géneros *Ulva* y *Codium* ramificado.

Género	Ca	K	Mg	Na	P	Total
Ulva	536-1342	806-3800	995-3345	632-5225	177-1150	3146-14862
Codium	800	4500	400	3900	545	-

Tabla 21. Valores medios o rango de concentración de microminerales (mg/100 g de peso seco) en especies de los géneros *Ulva* y *Codium* ramificado.

Género	Fe	Zn	Cu	As	Cd, Hg	Co	Cr	I	Ni	Pb	Sn	Total
Ulva	36-268	<6,2	<1,4	<0,4	<0,01	<0,6	<0,4	<10,3	<0,8	<0,5	<0,08	56-273
Codium	45,1	<0,8	<0,45	-	-	-	-	19,3	-	-	-	-

Otro género de algas verdes que se está evaluando actualmente es *Chaetomorpha* (*Chaetomorpha linum*, *Chaetomorpha ligústica*), conocidas como alga cabello, muy abundante en esteros de la bahía gaditana y de propiedades similares a *Ulva*.

Con respecto al Phylum Ochrophyta, actualmente no hay especies en la bahía que se estén consumiendo. Como género potencialmente consumible se está valorizando *Cladosiphon* sp. cuya especie es aún un enigma (Figura 15). Este género se consume en Japón bajo el nombre de Mozuku. Esta especie presenta un ciclo de vida digenético heteromórfico, con esporofitos macroscópicos que se observan de febrero a junio. Los talos crecen epífitos sobre hojas de la angiosperma marina *Cymodocea nodosa* y se sueltan durante el mes de mayo, a partir del que formar acúmulos flotantes hasta que se produce la esporulación.

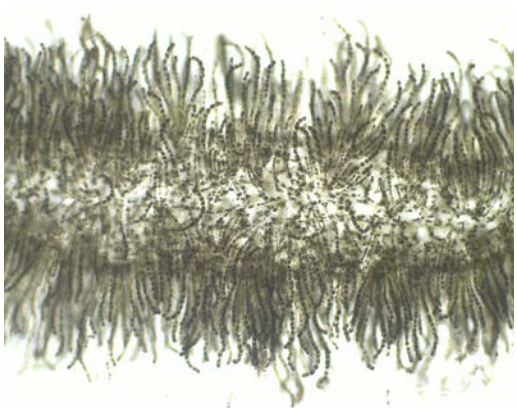


Figura 15. Imagen a microscopía óptica de un talo de *Cladosiphon* sp. recogido en la bahía de Cádiz.

Por último, dentro del phylum Rhodophyta hay que destacar tres géneros: *Gracilaria*,

Gracilariopsis y *Chondracanthus*. Del género *Gracilaria* destacan las especies *G. gracilis, G. bursa-pastoris* y *G. vermiculophylla* (esta última una especie exótica), todas presentes en la bahía. Las otras dos especies presentes son *Gracilariopsis longissima*) y *Chondracanthus teedei* (Figura 16). Todas ellas muestran un ciclo trigenético dimorfo, con el gametofito y el esporofito similares (isomórficos).

Figura 16. Imagen a *Gracilaria gracilis* recogida en la Bahía de Cádiz (Izquierda), *Gracilariopsis longissima* de la bahía de Cádiz mostrando abundantes cistocarpos (carposporofito diploide sobre un gametofito femenino haploide) (Centro) y *Chondracanthus teedei* recolectado en esteros de San Fernando, en la Bahía de Cádiz (Derecha).

Los ejemplares de *Gracilaria* y *Gracilariopsis longissima* de la bahía son muy similares, siendo a veces muy difícil su diferenciación. Las especies con el talo cilíndrico de estos géneros se conocen con el nombre de ogonori. Suelen ser ricas en sodio, potasio, hierro y zinc. Presentan además un alto contenido en fibra y ácidos grasos poliinsaturados (Pérez-Lloréns *et al.* 2018). Las gracilariales se han utilizado principalmente para la extracción de agar; sin embargo, se utilizan también en la elaboración de platos y como ingrediente en el diseño de nuevos productos alimentarios. *C. teedei* se consume de manera tradicional en Sicilia por su sabor fresco a mar y su textura tierna. También se consume en Asia, donde se comercializa bajo el nombre de shinkin-nori (Pérez-Lloréns et al. 2018). Como ocurre en otros géneros, los valores nutricionales son muy variables, tanto estacionalmente como en distintas zonas de muestreo.

La Tabla 22 muestra valores obtenidos de distintas fuentes, incluyendo ejemplares recolectados en la Bahía de Cádiz (Pérez-Lloréns et al. 2018; Sánchez-García 2020). Para *Gracilaria* se dispone asimismo de contenido medio en algunas vitaminas a partir de los valores recogidos en Pérez-Lloréns et al. (2018).

Tabla 22. Valores medios o rango de carbohidratos, fibra, proteínas, grasas (% de peso seco) y vitaminas E, B1 y C (mg/100 g de peso seco) en especies del género en especies del género Gracilaria spp.

Género	Carbohidratos	Fibra	Proteínas	Grasas	E	B1	C
G. longissima			12,3-16,8	1,1-2,3	1	0,7	33
Gracilaria spp.	66	25	11	2,3			

Finalmente, con respecto a los minerales, las Tabla 23 y Tabla 24 muestran valores obtenidos tanto de macrominerales como de microminerales para ejemplares de la bahía de Cádiz o en general (Pérez-Lloréns *et al.* 2018; Bermejo *et al.* 2020b; Sánchez-García 2020).

Habitualmente, los valores de la razón Na/K en estos géneros suelen ser inferior a la unidad, lo que de nuevo refuerza su carácter saludable. En cuanto a los metales potencialmente tóxicos, los valores están por debajo de los límites legales que se recomiendan en la legislación de los países de la Unión Europea (CEN 2021). Es importante destacar que tanto los macro como los microminerales en estas especies están muy condicionados por las condiciones ambientales, tal como han demostrado experimentos de laboratorio (Bermejo *et al.* 2020b).

Tabla 23. Valores medios o rango de concentración de macrominerales (mg/100 g de peso seco) en especies de los géneros *Gracilaria*, *Gracilariopsis* y *Chondracanthus*.

Género	Ca	K	Mg	Na	P	Total
G. longissima	61-308	251-16100	314-490	2456-3252	120-270	3202-4481
Gracilaria	527		453	5379	120	-
C. teedei	-	-	-	-	150-322	-

Tabla 24. Valores medios o rango de concentración de microminerales (mg/100 g de peso seco) en especies de los géneros *Gracilaria*, *Gracilariopsis* y *Chondracanthus*.

Género	Fe	Zn	Cu	As	Cd, Hg	Co	Cr	I	Ni	Pb	Sn
G. longissima	10,9-53	<10,7	<1,1	<1,5	<0,01	<0,4	<1,8	-	<1,0	<1,2	<0,72
Gracilaria spp.	53,5	8,9	-	-	-	-	-	193	-	-	-
C. teedei		<3,1		<0,4	<0,01	<0,6	<0,4		<0,8	<0,5	<0,08

Al igual que la Bahía de Cádiz, la **costa portuguesa** presenta una gran diversidad de macroalgas (Pereira 2004). Tradicionalmente, las macroalgas se han utilizado en algunas regiones de Portugal como fertilizantes, aunque también se han utilizado para extraer agar en algunos lugares (Freitas *et al.* 2022). Según estos autores, solo en las Azores existen registros de macroalgas utilizadas como alimento, aunque en Portugal continental los autores sugieren que durante períodos de escasez (como en tiempos de guerra) también podrían haber sido incluidas en la alimentación.

El hecho de que no se haya utilizado tradicionalmente macroalgas en la cocina portuguesa y la falta de información sobre los beneficios para la salud humana asociados al consumo de este alimento pueden haber contribuido a un bajo uso de las macroalgas en la cocina portuguesa. En los últimos años, esta situación ha ido cambiando con un intenso trabajo de varios actores, como centros de investigación, universidades y el sector de la restauración, que han buscado caracterizar y valorar las características nutricionales y funcionales de las macroalgas, así como explorar el potencial gastronómico de estos productos naturales en diversas recetas. La administración ha apoyado estas iniciativas a través de diversos programas de financiamiento. Además, es importante informar al consumidor sobre los beneficios asociados al consumo de macroalgas, tanto para la promoción de la salud humana como para un planeta más verde.

5.2. Posibilidades de cultivo y sus necesidades en la Bahía de Cádiz

Todas las especies antes mencionadas que están presentes en la bahía de Cádiz se pueden cultivar, para lo que se han llevado a cabo experiencias con mayor o menor éxito. Esto supone que existe un enorme potencial para el desarrollo de cultivos en esteros y caños de la bahía (Hernández *et al.* 2016). El cultivo de *Ulva* en campo, por la abundancia de la biomasa, se realiza de manera vegetativa, bien en cestas (Figura 17) o en cuerdas (ej. (Castelar *et al.* 2014), aunque por el momento los resultados no han sido muy prometedores en la bahía. La forma de cultivo con más éxito es el cultivo en tanques bien alimentados por efluentes inorgánicos (Hernández *et al.* 2005), que es como se realiza actualmente en el Centro de Tecnología de la Acuicultura (Ctaqua; www.ctaqua.es).

Figura 17. Cestas flotantes para el cultivo de Ulva en esteros de la bahía de Cádiz.

Esta capacidad de crecimiento en tanques permite a *Ulva* ser una candidata muy preferida para el desarrollo de proyectos de acuicultura integrada. La abundancia de biomasa en el medio natural, sin embargo, hace que, de cara a su comercialización en nuestra provincia, las especies del género se recolecten de manera manual, tal como lleva a cabo la empresa gaditana Suralgas (www.suralgas.com).

El cultivo de *Codium* se puede realizar de manera vegetativa utilizando ejemplares de campo, bien a partir de la regeneración de utrículos y filamentos medulares tras batir los talos y embeber cuerdas en la pasta resultante (Hwang *et al.* 2008), bien cultivando pequeños fragmentos de ramitas terminales en placas de Petri (Yang *et al.* 1997). Gracias al primer método, en el que se mantienen primeramente durante varios meses pequeñas cuerdas impregnadas en la pasta de algas suspendidas en acuarios, se han podido regenerar posteriormente nuevos individuos y obtener talos bien desarrollados de *C. fragile* en cuerdas cultivadas en el saco interno de la bahía de Cádiz (Figura 18).

Figura 18. Izquierda, Detalle del cultivo en acuarios de cuerdas con utrículos de *Codium fragile* previo al cultivo en mar abierto en la bahía de Cádiz; Derecha, plántulas de *Codium fragile* obtenidas en cuerdas cultivadas en la bahía de Cádiz a partir de un batido de ejemplares.

Es importante señalar que no todas las cuerdas responden de la misma manera, sino que se deben realizar ensayos con distintos materiales (nylon, algodón, cáñamo, poliéster…) para ver cuál ofrece los mejores resultados.

El segundo método se basa en el cultivo de pequeñas porciones de pocos milímetros en medio de cultivo adecuado. Las porciones incluyen utrículos y filamentos medulares colocados en multipocillos dispuestos en el interior de una pequeña cámara de cultivo con temperatura e irradiancia controladas (Figura 19). Actualmente se está experimentando con *C. taylorii* y la intención es ir escalando los cultivos en matraces cada vez mayores una vez que se vaya logrando el crecimiento de los individuos cultivados.

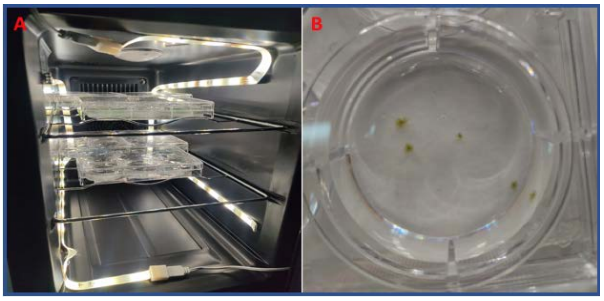


Figura 19. A) Cámara de cultivo de multipocillos con pequeñas porciones de *Codium taylorii*; B) imagen de un pocillo con el alga tras 4 días de cultivo mostrando crecimiento.

Las especies de algas rojas con interés en la bahía de Cádiz se han cultivado en distintos sistemas que involucran el trenzado de fragmentos en cuerdas para obtener una mayor biomasa gracias al crecimiento vegetativo de los talos (Hernández *et al.* 2006; Bermejo *et al.* 2020a). Estos sistemas con cuerdas se han probado en balsas semiflotantes (Figura 17) y en cuerdas colocadas perpendicularmente a la dirección de la corriente (Figura 20). El cultivo de macroalgas en balsas semiflotantes se llevó a cabo en el saco interno de la bahía de Cádiz, anclando cuatro muertos de fondeo y manteniendo la estructura rectangular con cuerdas en flotación gracias a cuatro boyas.

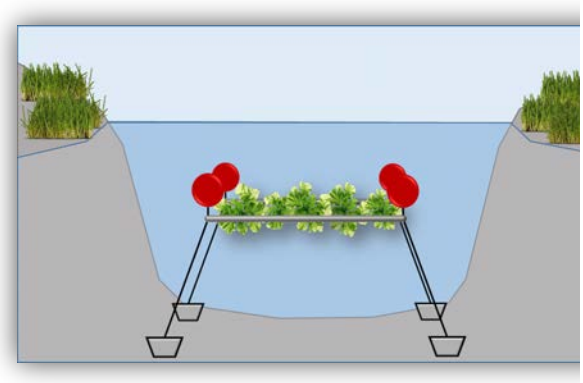


Figura 20. Esquema de una jaula semiflotante para el cultivo de macroalgas. Las boyas permiten mantener los cultivos a la misma profundidad frente a la subida y bajada de la marea.

Las tasas de crecimiento obtenidas en los cultivos de *G. longissima*, *G. bursa-pastoris* y *C. teedei* varían estacionalmente, llegan a alcanzar valores del 4 % diario y pueden llegar a ser negativas en meses desfavorables (Bermejo *et al.* 2020a). El crecimiento está controlado por variables medioambientales como la salinidad, la temperatura, los nutrientes disueltos (nitrógeno y fósforo), el contenido interno de estos elementos y la interacción entre dichos factores. Esta multiplicidad de factores e interacciones muestran la complejidad de elementos a tener en cuenta para el conocimiento del crecimiento.

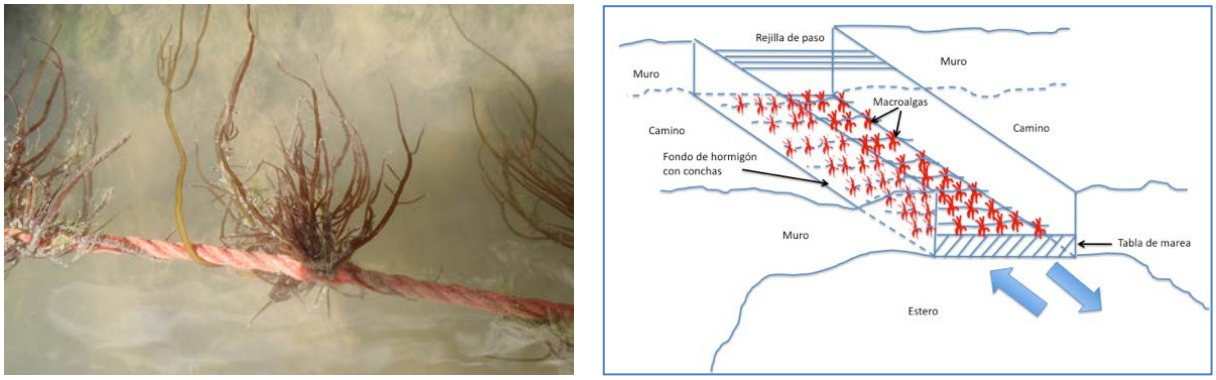


Figura 21. Izquierda, *Gracilariopsis longissima* cultivada en cuerdas en compuertas de la salina de La Esperanza; Derecha, Diseño para el cultivo de macroalgas en la compuerta de un estero, incrementando el número de cuerdas transversales y dejando la parte superior abierta. Si se consigue este diseño en varios esteros en paralelo se puede multiplicar la producción obtenida. Tomado de Hernández et al. 2016

Los cultivos en cuerdas dispuestas de manera perpendicular a la corriente, aprovechan el flujo mareal y obtienen mejores resultados cuanto mayor es el flujo y la velocidad de la corriente (Bermejo *et al.* 2019). Los experimentos que han ofrecido mejores resultados se han llevado a cabo en la salina de La Esperanza (Puerto Real). En este caso, las cuerdas se anclan con ayuda de cáncamos a las paredes de la compuerta y aprovechan en el peor de los casos, los periodos en los que éstas se mantienen abiertas en explotaciones salineras (generalmente de octubre a abril), aunque idealmente, los cultivos se pueden mantener durante todo el año en compuertas permanentemente abiertas (Figura 21).

El sistema se ha probado con éxito tanto para *G. longissima*, *G. gracilis* y *C. teedei*, obteniéndose tasas de crecimiento en torno al 4 % diario en los meses más favorables (primavera), con periodos negativos de crecimiento en condiciones desfavorables, las cuales dependen de cada especie (Bermejo *et al.* 2019; López-Campos *et al.* 2022). Si los esteros se preparan convenientemente para el cultivo de macroalgas, se pueden alcanzar producciones importantes (Figura 21), aunque falta hacer un análisis económico riguroso que tenga en cuenta los costes de explotación y los precios de la biomasa en el mercado alimentario. Estos diseños en cuerdas se han probado en granjas de acuicultura, en los esteros que recogen las aguas de vertido de los cultivos de peces.

Gracias al incremento de nutrientes, se han llegado a obtener producciones espectaculares (Figura 22), lo cual sugiere que es totalmente viable el diseño de proyectos de acuicultura multitrófica integrada, de manera que se pueda complementar la producción de algas y de peces para incrementar el beneficio de la explotación.

Figura 22. Producción de *G. longissima* en cuerdas flotantes dispuestas en una granja de acuicultura de doradas

Estos cultivos además de producir biomasa de interés comercial, ayudan a la biodepuración de nutrientes dada la capacidad de las macroalgas de incorporar y almacenar N y P para el crecimiento y tal y como se demostró para poblaciones naturales de *Ulva rotundata* en una granja acuícola (Hernández *et al.* 2008). En este sentido, se han estimado tasas cercanas a los 80 mg N por metro de cuerda y mes en el caso de *G. bursa-pastoris* cultivada en el saco interno de la bahía

(Bermejo *et al.* 2020a) mientras que los cultivos de *G. longissima* en cuerdas desarrollados en una granja acuícola biofiltraron bastante más: hasta 528 mg N por metro de cuerda y mes y 75 mg P por metro de cuerda y mes (Hernández *et al.* 2006), dada la alta concentración de nutrientes en los esteros. El escalar las producciones supondría por tanto la mejora de la calidad del agua, al disminuir la concentración de nutrientes en aguas moderadamente eutróficas o receptoras de vertidos inorgánicos.

Cuestiones importantes para el éxito de los cultivos de macroalgas en la Bahía

- Recordar que **todas las especies cultivables se prestan a estos tipos de cultivos**. Lo primero que hay que constatar es que la especie a cultivar sea autóctona de la bahía, y en este caso, que sea cultivable de forma vegetativa. Hay especies de interés comercial dentro de géneros como *Porphyra* o *Laminaria* que requieren el cultivo de gametofitos o esporas en el laboratorio. En general, el cultivo de las especies suele implicar en mayor o menor medida algún trabajo de laboratorio.
- Es posible obtener **varias cosechas a lo largo del año**, aunque en algunas especies se ceban las cuerdas de nuevo cada cierto tiempo.
- El cultivo vegetativo **es un sistema relativamente sencillo y barato**, siendo muy apropiado para explotaciones locales (ej. para suministrar biomasa a restaurantes locales).
- El **método incrementa la biomasa** obtenida a partir de pocos ejemplares recolectados en campo, lo que favorece la sostenibilidad de la actividad.
- Es extremadamente importante **conocer muy bien todas las variables implicadas** para obtener la mayor tasa de crecimiento: especie cultivada y su biología, tipo de cuerda, lugar de cultivo, estacionalidad, luz y temperatura, relación coste-beneficio, etc.

Cuando estas nuevas plántulas (esporofitos diploides) alcancen un tamaño suficiente se pueden trenzar en pequeñas cuerdas y continuar el crecimiento en el laboratorio antes de llevarlas al campo (**Figura 23**). De esta manera, a partir de un solo ejemplar se pueden obtener numerosos ejemplares maduros. Incluso es posible obtener nuevos individuos gametofíticos a partir de los talos cultivados en el laboratorio (López-Campos *et al.* 2022).

Figura 23. Esporofitos de *G. gracilis* obtenidos tras 140 días de cultivo en condiciones controladas de laboratorio Ejemplares listos para su traslado a cultivos al aire libre.

El paso más avanzado en el cultivo de algas rojas supone el obtener nuevos ejemplares en el laboratorio a partir de esporas liberadas por especímenes recolectados del medio natural. Esto se ha logrado gracias al cultivo de carposporas obtenidas de *G. gracilis* y *C. teedei* (López-Campos et al. 2022). A partir de ejemplares fértiles que muestren el carposporofito maduro (**Figura 24**) se puede inducir la esporulación. Las esporas liberadas se cultivan en un medio salino adecuado bajo condiciones controladas de temperatura, luz y fotoperiodo para que empiecen a germinar y a crecer (**Figura 24**).

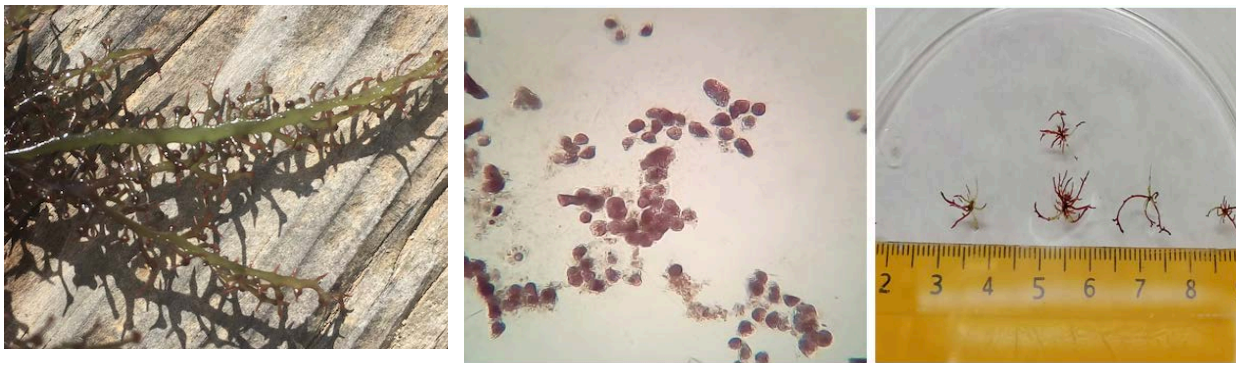


Figura 24. Izquierda, ejemplar de *C. teedei* mostrando cistocarpos: Centro y derecha, Carposporas de *G. longissima* tras su liberación y nuevos individuos tras varias semanas de crecimiento en medio de cultivo salino.

Cuestiones importantes para el éxito de estos cultivos bajo condiciones de laboratorio

- El método es posible si hemos domesticado la especie. Hay varias especies de algas pardas (ej. *Laminaria*) y rojas (ej. *Gracilaria gracilis*, *Porphyra leucosticta*) de interés comercial cuyo ciclo vital se puede reproducir en el laboratorio de manera completa. Sin embargo, en la mayoría de las especies de macroalgas hay muchas carencias aún para conseguir este éxito.
- En algunas especies es posible cualquiera de las 2 modalidades de cultivo, tal como hemos visto para el género *Gracilaria* o *Chondracanthus*.
- Estos métodos de cultivo en laboratorio son muy utilizados para algas con un ciclo vital controlado por el fotoperiodo y la temperatura, factores fundamentales en la regulación de las fases gametofíticas y esporofíticas de las especies.
- Es un método caro por la tecnología necesaria y necesita mano de obra cualificada para los trabajos de laboratorio.
- Como gran ventaja, el método independiza la obtención de biomasa de las poblaciones naturales. De hecho, muchos cultivos se basan en la esporulación de ejemplares mantenidos en laboratorio durante tiempo indefinido.
- Como ocurría en los métodos basados en cultivos vegetativos, es fundamental conocer muy bien todas las variables implicadas en todo el proceso: biología de la especie, condiciones para la germinación de esporas o gametos, medios de cultivo, tipo de cuerda, lugar de cultivo, relación coste-beneficio, etc.

Una de las ventajas adicionales de los cultivos en el laboratorio es que se pueden manipular variables que afectan tanto al crecimiento como a las características de las especies. En experimentos llevados a cabo con *G. longissima* ha sido posible obtener morfotipos de diferentes colores (rojo oscuro, rojo marronáceo, rojo claro, y verde-amarillento jugando con 3 variables: intensidad de luz, salinidad y concentración de nitrógeno (Bermejo *et al.* 2020b). Estos cuatro morfotipos (Figura 25) presentan características diferentes en cuanto a su composición lipídica (concentración y relación omega 6: omega 3) y proteínas por lo que es una forma de proveer al mercado algas con diferentes características nutricionales.

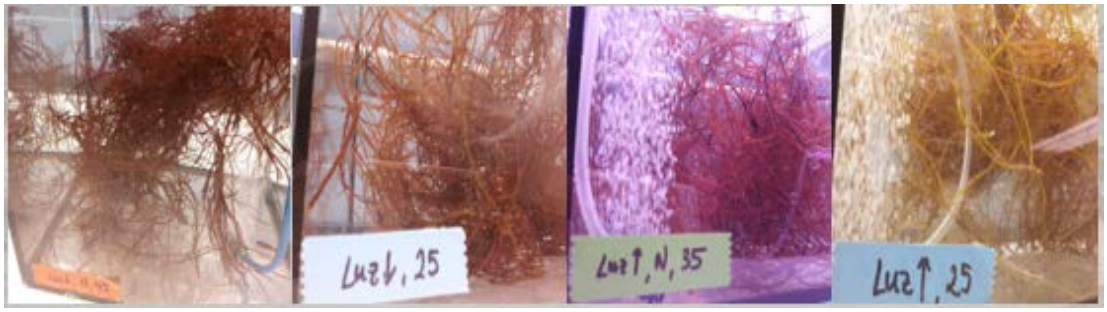


Figura 25. Morfotipos de *G. longissima* obtenidos mediante manipulación de variables en el laboratorio: rojo oscuro (baja irradiancia, 45 salinidad y con adición de nutrientes), rojo marronáceo (baja irradiancia, 25 salinidad y sin adición de nutrientes), rojo claro (alta irradiancia, 35 salinidad y adición de nutrientes), amarillo verdoso (alta irradiancia, 25 salinidad y sin adición de nutrientes).

5.4. Cultivo de algas en sistemas ecosostenibles IMRAS

La macroalga Ulva es una de las especies más representadas en los estuarios (Kraft *et al.* 2010). Tiene una distribución cosmopolita y se encuentra en diferentes condiciones de salinidad y tipos de sustrato, lo que la convierte en una especie con un alto potencial para el cultivo (Silva *et al.* 2013). Entre los principales criterios para el cultivo se consideran la tasa de crecimiento y rendimiento de biomasa, bajo consumo de energía y requerimientos de nutrientes, facilidad de manipulación y propiedades intrínsecas como el contenido de humedad (Bruhn *et al.* 2011). Varios autores señalan que es una de las algas con mayor potencial para ser utilizada como biofiltro biológico en zonas eutrofizadas, como los efluentes de piscicultura (Ben-Ari *et al.* 2014). Presentan una alta capacidad de absorción de nitrógeno disuelto suministrado de forma continua en los efluentes, lo que, junto con las altas tasas de fotosíntesis, resulta en una alta producción de biomasa (Aníbal *et al.* 2014; Ben-Ari *et al.* 2014). Las ulváceas se pueden utilizar en varios sectores, como alimentación, biotecnología, farmacéutica, agroalimentaria, entre otros, por lo que tienen un alto valor comercial.

Las algas verdes del género Ulva (Phylum Chlorophyta, Clase Ulvophyceae, Orden Ulvales, Familia Ulvaceae) presentan una morfología muy diversa que dificulta la identificación taxonómica de este grupo (Wolf *et al.* 2012). Los análisis genéticos han demostrado ejemplares con morfologías diferentes, como lámina en forma de abanico (por ejemplo, lechuga de mar) o lámina tubular (alga patinha), pertenecían al mismo género, lo que requirió redefinir las características taxonómicas de este grupo. La gran plasticidad y la falta de características patognomónicas contribuyen a que la identificación taxonómica sea un desafío considerable (Wolf *et al.* 2012), siendo necesario recurrir a herramientas moleculares para identificar a nivel de especie (Favot *et al.* 2019). La morfología parece estar fuertemente influenciada por las condiciones ambientales (temperatura, salinidad, luminosidad, nutrientes, hidrodinamismo, etc.), la edad del talo y la ubicación (Wolf *et al.* 2012).

La composición nutricional de las macroalgas del género Ulva, al igual que otros géneros, está fuertemente influenciada por la ubicación geográfica, además de la época del año, el estado reproductivo y la disponibilidad de nutrientes (Ripol *et al.* 2018; Campos *et al.* 2022). La composición nutricional de las macroalgas del género Ulva, así como de otros géneros, está fuertemente influenciada por la ubicación geográfica, además de la época del año, el estado reproductivo y la disponibilidad de nutrientes (Ripol *et al.* 2018; Campos *et al.* 2022).Estos estudios analizaron tres especies de ulváceas obtenidas en la región ibérica, una en un sistema de cultivo IMTA (Ripol *et al.* 2018) y otra como producto comercializado

(Campos *et al.* 2022). A pesar de la potencial variabilidad observada, las ulváceas siempre presentan dos nutrientes en mayor cantidad, especialmente proteínas y carbohidratos. Otros autores destacan el alto valor biológico de las proteínas de *Ulva rigida*, que se asemejan en calidad a las proteínas de la carne y los huevos, siendo superiores a algunas proteínas de plantas terrestres debido a que contienen solo algunos de los aminoácidos esenciales para la alimentación humana (Machado *et al.* 2020).

5.3. Elaboración de productos gastronómicos

El desarrollo de nuevos productos a base de algas ha sido parte de la investigación durante todo este tiempo, brindando una buena oportunidad para promover el consumo de macroalgas de la bahía de Cádiz y Portugal, cuya población no está familiarizada con el sabor especial de dichas algas marinas. Esta iniciativa persigue potenciar el uso de estas algas tanto para el consumo de las mismas como para el impulso socioeconómico que conllevaría en la zona. Se han desarrollado diferentes productos a base de algas en el Área de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Cádiz, dos de ellos registrados mediante patente de invención: mousse de algas frescas (P201200405) y aderezo de vinagre de Jerez aromatizado con algas (P201700193), además de otros productos como pesto marino, hamburguesa vegana de algas, galletas con algas, chocolate negro con *Codium*, snack con algas, etc. Dichos productos se han presentado en diferentes catas o degustaciones durante distintas iniciativas de divulgación científica. La **Figura 26** muestra una composición de imágenes con una selección de algunos de los productos mencionados.

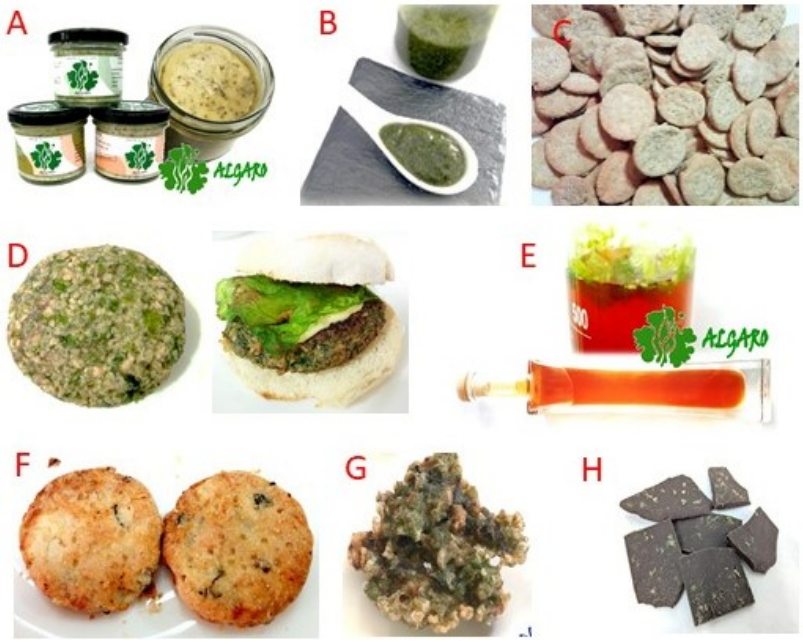


Figura 26. Imágenes de diferentes productos elaborados con algas: A) mousse de algas frescas; B) pesto marino con algas; C) saladitos con algas; D) hamburguesa vegana realizada con *Ulva sp.*, *C. teedei* y *G. longissima*; E) vinagre de jerez aromatizado con algas; F) galletas con algas; G), tortillita con algas (*Himanthalia elongata* y *Ulva sp.*) elaborada por J. L. Pérez-Lloréns; H) Chocolate con algas (*Codium taylorii*).

La innovación de nuevos productos del mar basados en algas en la bahía de Cádiz ha de venir soportado no solamente por la investigación, sino por una importante labor de divulgación de los resultados (**Figura 27**). Para ello, en todos los proyectos pasados y presentes, las algas han estado presentes en actividades divulgativas tanto para la comunidad educativa (en niveles desde primaria a universitaria) como para la sociedad en general.

Figura 27. Presentación y degustación de productos elaborados con algas en diferentes actividades divulgativas científicas.

Para ello se han montado seminarios, jornadas, talleres etc. en los que se explican fundamentos de biología, métodos de cultivo y se desarrollan catas demostrativas en las numerosas oportunidades habidas para ello (escuelas de verano, la noche de los investigadores, ferias del mar, sesiones como café con ciencia, etc). Solo de esta forma se contribuirá a que las algas y sus usos estén presentes de manera cotidiana en esta comarca de la provincia gaditana.

Actualmente, **en Portugal,** la limitación en el uso de macroalgas en la alimentación parece estar relacionada con una legislación que solo permite la comercialización de 22 especies, a pesar de que existen más del triple de macroalgas comestibles (Freitas *et al.* 2022). Uno de los factores que limita una mayor adopción del consumo de algas en la alimentación de los portugueses está relacionado con la legislación europea, que restringe su consumo a unas pocas especies, mientras que en el ámbito mundial se consumen muchas otras especies no autorizadas por esta ley. Esta elección tan limitada no se debe a cuestiones de seguridad alimentaria, sino a los registros de consumo de los pueblos europeos. Por el momento, la comercialización de algas como alimento en Portugal aún ocupa solo un nicho de mercado y no se venden a gran escala, excepto en grandes superficies o tiendas especializadas.

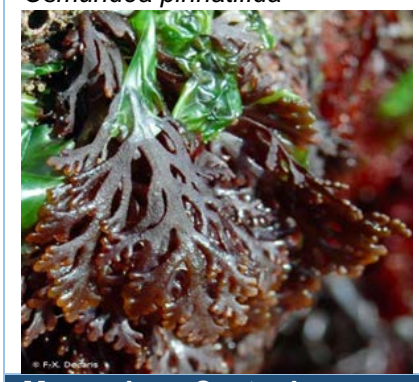
A pesar del potencial aporte nutricional proporcionado por las macroalgas, es importante evaluar cuál es la biodisponibilidad real de los nutrientes después de ser ingeridos. De hecho, las macroalgas tienen una pared celular rica en celulosa, para la cual el sistema digestivo humano no está preparado. Por lo tanto, no se puede asegurar que la cantidad descrita para un determinado compuesto de la macroalga sea absorbida a nivel del tracto digestivo. Es importante determinar la biodisponibilidad de los nutrientes para poder validar la eficacia de un determinado compuesto como nutracéutico y/o farmacológico. Aunque es necesario optimizar el método de digestión in vitro utilizado en el estudio de la biodisponibilidad, los primeros resultados indican una baja disponibilidad de los compuestos presentes en las ulváceas (Ripol *et al.* 2018)

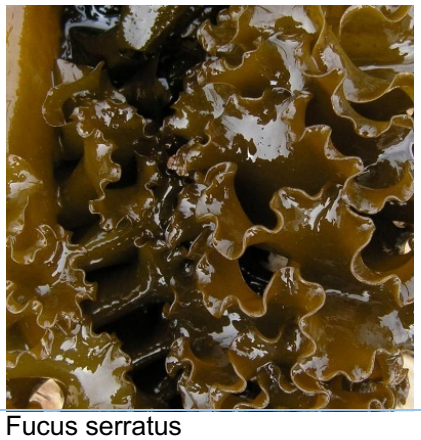
Algunas de los usos culinarios de macroalgas se indican en la Tabla 25.

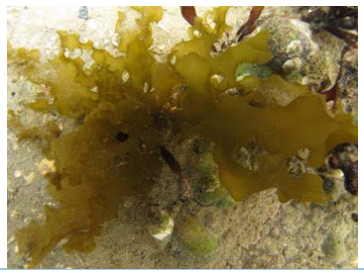
Tabla 25. Información relativa al uso de como usar las macroalgas en la preparación de recetas gastronómicas (adaptado de Associção Portuguesa de Nutrição, 2019, Freitas e tal. 2022)

Macroalgas verdes (Chlorophyceae)	Información para el uso gastronómic	Referências
Chorão do mar *Codium tomentosa* 	É crocante e tem um verdadeiro sabor a mar que faz lembrar os percebes. Pode ser incorporada crua em saladas, consumida com molho de soja e vinagre. Quando seco pode ser utilizado na preparação de caldos de cozinha, mas também para dar sabor a arrozes ou papas. Pode ser frito em alho e azeite para juntar a massas, salteada com verduras por exemplo bróculos, tofu pode ser servido com bulgur ou milho miúdo.	(htt15) (Marta V. Freitas) (htt126) (htt9)
Erva-patinha, erva-do-calhau ou erva-patinha-verde *Ulva intestinalis* 	Pode ser usada em tortas com ovos, cebolinho massa de pimentão e alhos picado, e caldo verde *gourmet*. São utilizadas na alimentação em regiões costeiras pontuais de diversos países da Ásia: na Índia é utilizada como vegetal, e incorpora saladas e geleias; na Coreia é utilizada juntamente com óleo de sésamo e vinagre, como tempero; na Indonésia, incorpora sopas e saladas.	(htt16) (Marta V. Freitas) (htt17)
Alface do mar *Ulva Spp* 	De sabor fresco e elevado conteúdo nutricional de textura sedosa Tradicionalmente consumida crua em saladas, cozida em sopas, ou utilizada na confeção do sushi. Utilizada nos Açores na preparação de sopas e tortas. Em algumas regiões do Mediterrâneo, é utilizada fresca ou fervida, para ser marinada com sal, limão, e vinagre. Em França pode ser usada na confeção de temperos e massas. Na China é incorporada na confeção de chá frio, enquanto que no Japão e Coreia é utilizada juntamente com molho de soja como tempero.	(htt130) (Marta V. Freitas) macoi
Alface do mar *Ulva Spp*	Alto teor de nutrientes e de sabor fresco Pronunciado aroma fresco a maresia com algum amargor, que lembra ervas silvestres como a azeda, e revela notas subtis a marisco ou moluscos. Ótima servida em saladas (fresca ou hidratada). Como guarnição de pratos de peixe, marisco ou carnes brancas. Como complemento em sopas (fresca ou seca) ligeiramente cozinhada e como condimento (em pó). Tem notas de chá verde, ideal para usar em	(htt103) (htt133) (htt135)

	sobremesas. Igualmente para embrulhar comida	
Macroalgas vermelhas (Rhodophyceae)		
Cabelo de velha *Gracilária sp.* 	Possui odor marinho e terroso que lembra levemente a cogumelos desidratados. Pode ser usada em saladas ou vinagretes, como guarnição em pratos de peixe, marisco ou sashimi, em caldos de peixe e marisco. A farinha pode ser empregada numa série de produtos de panificação, embora quando seca desenvolva um aroma muito pouco agradável	(htt72) (htt74)
Falso musgo irlandes *Mastocarpus stellatus,* 	Consumida em alguns paísses da europa (ex: Espanha, Islândia, Irlanda). Na irlanda é consumida seca para utilizar na confecção de sopas, geleias e uma bebida fortificante para o tratamento de infecções respiratórias.	(htt17) (Marta V. Freitas)
Erva-patinha-castanha ou “nori do Altlântico *Porphyra spp.*, 	De sabor intenso e textura suave. Pode ser confeccionada em diversos pratos, entre os quais o sushi. É usada nos Açores em omoletes, frita e incorporada em sopas. Pode ser usada como complemento em massas de pão e como condimento (tostada e triturada). Pode acompanhar guisados de peixe pratos de arroz. Pode ser usada como snack ou condimento e é óptima em tempura.	(htt19) (htt62) (Marta V. Freitas)

Musgo irlandes Chondrus crispus 	Usada na confecção de salgados (tortas, omeletes) e outras preparações culinárias, com destaque para o arroz guisados de peixe. Usado tipicamente para acompanhar pratos de peixe tem particular destaque na gastronomia açoriana, quando frita	(htt18)
Botelho – comprido *Palmaria palmata* 	Leve sabor de nozes, ou ligeiramente doce, iodado e a crustáceos Longa tradição na culinária de muitas culturas do norte da Europa. Utilizada em condimentos (substituto do sal , gomásio), sopas, chutneys e aperitivos. Usada em saladas, com peixe ou carne, arroz, empanadas ect. As partes mais jovens das folhas são consideradas as mais tenras e comestíveis. Quando frita, ganha notas de torresmo e se posteriormente for fumada, ganha notas de bacon.	(htt138)
Erva-Malagueta, Sargacinha das lapas, *Osmundea pinnatifida* 	Sabor unami, picante e aromática entre trufa, lagosta e marisco. Textura carnuda. É sobretudo utilizada como condimento quando seca e triturada, em vários países. Pode ser conservada em azeite ou manteiga, para preservar os aromas.	(htt3) (htt8) (htt68) marta
Macroalgas Castanhas (Phaeophyceae)		
Kombu ***Saccharina latíssima***	Sabor suave a mar, intenso umami e algo doce. Intensifica o sabor dos cozinhados. Pode subtituir o tempero do sal. Usado em sopas (“miso”) e caldos. Excelente para cozinhar com cereais e legumes, por faciltar a cozedura por tornar as fibras mais macias e digeríveis. Pode ainda ser frita, marinada, em picles, estufada ou salteada (cortada em juliana).	(htt61) (htt60) (htt94) (htt99)

Kelp, Kombu *Laminaria ochroleuca* 	Consumida fresca ou seca. Tem consistência carnosa, e entra em pratos culinários para dar sabor. Pode ser usada na forma de farinha, em pães e hamburgueres vegetais.	(htt129) Macoi marta
Wakame ***Undaria pinnatifida*** 	Textura suave e escorregadia e sabor agradável. Ligeiramente doce e suave sabor a maresia e ostras. É utilizada na sopa miso. Pode ser consumida desidratada, salgada ou fresca. Demolhada (10 minutos), regada com limão é servida crua (em saladas) Pode ser usada como guarnição de peixe carne e marisco, misturada com vegetais, e leguminosas. Pode ainda ser torrada no forno e posteriormente triturada para ser adicionada como condimentos em pratos de arroz.	(htt13) (htt57) (htt14
Fucus serratus 	Utilizada para infusões bebíveis, sopas ou guisados. Pode ser congelada ou armazenada seca Para além de alimento, é usada na produção de cosméticos, bem como fertilizante.	(htt37) (htt55)(htt28)
Fava do mar *Fucus spiralis*	Sabor agradável a mar e ligeiramente iodado. Consumida fresca em saladas (hidratada).	(htt51) (htt53)

	É ainda utilizada em sopas, ensopados de carne ou com leguminosas, dado que ao cozinhar liberta um composto gelatinoso que ajuda a espessar cozinhados.	
Cavalinho do mar *Fucus vesículosus* 	Utilizada na alimentação, para conferir sabor aos pratos. Pode ser incorporada seca, na forma de pó ou flocos, em sopas e guisados e em infusões.	(Marta V. Freitas) (htt115)
Esparguete do mar Himanthalia elongata 	Consistência carnuda e paladar suave. Sabor remete cefalópodes. Alternativa ao tradicional esparguete de sêmola, entra na composição de pães, empadas, massas, pizzas, paté, e misturas de vegetais marinhos etc. Consumida fresca em França e na Irlanda é sobretudo comercializada seca ou em pickle.	(Marta V. Freitas) macoi
Erva-lagosta *Petalonia binghamiae* 	Levemente umami e com notas de lagosta. Ótima servida em saladas (fresca ou hidratada). Com pratos de peixe ou marisco e como condimento (tostada e triturada). Esta alga é cortada em pedaços com porco e utilizada como enchimento para pasteis Chineses (“xian”) servido igualmente com vegetais cozidos .	(htt39) (htt42)
Petalonia fascia 	De sabor agradável, é uma espécie consumida directamente como alimento no Japão e Coreia, tanto crua como cozinhada. É uma alga rica em açúcar e amido	(htt158)

En el consumo de algas es importante tener en consideración los **aspectos de seguridad alimentaria.** El consumo excesivo de macroalgas o de áreas no seguras puede inducir

riesgos para la salud humana que deben ser prevenidos (APN 2019). Por ejemplo, las macroalgas pueden acumular minerales importantes para la salud humana que, por encima de ciertos niveles, pueden ser tóxicos, como es el caso del yodo. También pueden ocurrir situaciones de acumulación de metales pesados, los cuales deben ser tenidos en cuenta, sabiendo que esta concentración varía según la especie, ubicación y otros factores (APN 2019). Para algunas especies, como wakame, se recomienda un consumo máximo de 4 a 5 gramos de alga seca por día y aproximadamente 25 a 30 gramos de alga fresca para un adulto europeo. Se necesita más investigación para comprender y evaluar los posibles efectos adversos del consumo humano de algas, considerando las diferentes variables (por ejemplo, especies, estacionalidad, ubicación geográfica, procesamiento, toxicidad de las formas químicas de los elementos). Por lo tanto, es fundamental promover un consumo moderado y la adquisición de algas que sean seguras desde el punto de vista alimentario (APN 2019).

La calidad de las algas para consumo humano debe cumplir con las normas de salud pública. La calidad de las macroalgas dependerá de la calidad de la zona de recolección, la cual sigue la clasificación sanitaria de las Zonas de Producción de Bivalvos (A, B y C) de acuerdo con la legislación portuguesa. Cuando se producen en acuicultura, se aplica la clasificación de la zona natural adjunta a la instalación.

6. Innovación mediante el maridaje gastronómico de nuevos productos de la acuicultura en modelos sostenibles IMRAS

6.1. Salicornia, un nuevo producto diferenciado para gastronomía de los sistemas IMRAS

Las plantas halófilas son cultivos vegetales que pueden tolerar concentraciones variables de salinidad proporcionando nuevos nichos de innovación por el bajo desarrollo de sus cultivos convencionales y por su uso en la acuaponía marina e IMRAS (Marques *et al.* 2017). Estas plantas son ricas en antioxidantes, minerales, fibra dietéticas así como ácidos grasos poliinsaturados omega-3- Estas propiedades, junto con su sabor salado cuando se consumen frescas (por ejemplo, en ensaladas), han generado un creciente interés en el uso de estos nuevos ingredientes en la cocina gourmet y la creación de nuevos mercados para la comercialización de estas **"verduras marinas"** (Ekanayake *et al.* 2023). Además, se ha demostrado que plantas halófitas cultivadas en IMTA marina tienden a acumular productos más valor añadido al no tener limitaciones de nutrientes con mayor potencial de aumentar el valor comercial de estas especies de halófitos (Maciel *et al.* 2020).

El creciente interés por productos sostenibles saludables ha abierto un nuevo mercado para las halófitas ya que poseen diferentes compuestos bioactivos que ayudan a funciones específicas del cuerpo además de ser nutritivas (Maciel *et al.* 2020). Entre las diversas halófitas destaca la **salicornia o esparrago marino** (Figura 28), el cual ha ganado un lugar único en el mercado mundial de alimentos funcionales debido al reconocimiento de su rico perfil fitoquímico bioactivo. Existen hasta 64 especies de Salicornia, las especies ampliamente conocidas son S. *europaea*, *S. herbacea*, *S. bigelvolii*, *S. brachiata*, *S. arabica*, *S. fruticosa* L. y *S. ramosissima* (Cárdenas-Pérez *et al.* 2021). Las salicornias han mostrado poseer lípidos de alto valor funcionals con efectos beneficiosos para la salud y aplicaciones potenciales en las industrias de los nutracéuticos y farmacéuticos como los lípidos polares y glucosilados (GL). Además, a estas plantas se les han atribuido propiedades bioactivas como antiinflamatorias, antimicrobianas, antiproliferativas y antioxidantes (Lopes *et al.* 2014; Da Costa *et al.* 2017).

Figura 28. Ejemplares de *S. ramossisima*.

En la gastronomía, la Salicornia se utiliza principalmente como ingrediente en ensaladas, platos de mariscos y como guarnición. Tiene un sabor salado y crujiente, y se puede comer cruda o cocida. Además, se puede conservar en vinagre para ser consumida como un encurtido. Es importante tener en cuenta que, si bien la Salicornia puede proporcionar ciertos beneficios para la salud, es recomendable consumirla como parte de una dieta variada y equilibrada, y consultar a un profesional de la salud antes de realizar cambios significativos en la dieta o incorporar nuevos alimentos en casos específicos. La innovación con sistemas IMRAS proporcionan un nuevo producto con beneficios ambientales y

socioeconómicos pero que debe diferenciarse y valorizarse por la cadena de valor, la economía circular y la economía azul.

6.2. Diseño y desarrollo de sesión de maridaje

El maridaje es el arte de combinar alimentos y bebidas para realzar los sabores y disfrutar de una experiencia gastronómica completa. En ATLAZUL nos planteamos la posibilidad de maridar vinos del marco de Jerez y de las salicornias producidas en IMRAS con el fin de promover la economía circular y la integración de territorial en Cádiz.

Se aprovecharon las capacidades y experiencia de IFAPA en el ámbito agrícola y acuícola y sus centros especializados

Cuando se trata de maridar vinos con Salicornia, es importante tener en cuenta las características de ambos para lograr una armonía en los sabores. Hay que tener en cuenta que la Salicornia es un ingrediente salado, con un sabor suave y una textura crujiente. **Su perfil de sabor salado y vegetal le permite combinar bien con vinos blancos ligeros y frescos, como los vinos blancos secos con notas cítricas y herbales**. En última instancia, la elección del vino para maridar con Salicornia dependerá de las preferencias personales y de las características específicas del plato en el que se utilice la Salicornia. Experimentar con diferentes vinos y sabores es parte de la diversión del maridaje, por lo que se recomienda probar diferentes combinaciones para descubrir qué funciona mejor según los gustos individuales.

Para desarrollar la sesión de maridaje se seleccionaron tres tipos de salicornia (Figura 29):

A) **Salicornia cultivada en tierra**. Esta salicornia la proporcionó la empresa MarshFoods de Isla Cristina (Huelva). La Salicornia cultivada en tierra se caracteriza por tener un sabor intenso por su exposición ambiental y salado.

B) **Salicornia cultivada en IMTA a salinidad de 20 ppt**. Esta salicornia la proporcionó la empresa CUPIMAR de San Fernando (Cádiz).

C) **Salicornia cultivada en IMTA a salinidad de 40 ppt**. Esta salicornia la proporcionó la IFAPA (El Puerto de Santa María, Cádiz).

Las salicornias se ofrecieron crudas y con 2 min de cocción para reducir el amargor natural.

Entre los vinos se seleccionaron 5 vinos del marco de jerez

- **Vino joven Palomino Fino,** de esta variedad de uva blanca con aromas y sabores delicados.
- **Vino joven Vijiriega,** de esta variedad de uva blanca que tiene un carácter fresco y una acidez equilibrada a los vinos.
- **Fino** elaborado a partir de uvas Palomino Fino y se caracteriza por ser un vino muy seco, ligero y pálido.
- **Amontillado** elaborado a partir de uvas Palomino Fino y pasa por un proceso de crianza similar al fino, pero con una ligera oxidación. Esto da lugar a un vino de color

ámbar más oscuro, con aromas más intensos, notas de frutos secos y un sabor más suave y complejo que el fino.

- **Oloroso** producido a partir de uvas Palomino Fino, pero a diferencia del fino y el amontillado, no se cría bajo flor. Esto permite que el vino se oxide completamente, desarrollando aromas y sabores más intensos.

Figura 29. Salicornias usadas en maridaje. Arriba, Salicornia cultivada en tierra. Abajo izquierda, salicornia cultivada en IMTA a salinidad de 20 ppt. Abajo derecha, salicornia cultivada en IMTA a salinidad de 40 ppt.

Una vez establecido los productos se organizó una jornada (Figura 30) a la que e invitó a actores de la cuádruple hélice: Investigadores, técnicos, profesionales de la hostelería, usuarios finales y productores.

Figura 30. Programa de la jornada de maridaje

El desarrollo de la jornada fue el siguiente (Figura 31):

1) Presentación de la jornada y el proyecto ATLAZUL.

2) Presentación por parte de IFAPA de los aspectos generales de producción de salicornia, sus modelos productivos y los aspectos de innovación gastronómica. Ventas e inconvenientes. A modo de demostración se mostró un modelo en forma de acuario con nuevos productos ya disponibles en el mercado.

3) Presentación por parte de IFAPA de los aspectos de maridajes y organización. Se introduje la sistemática de trabajo y la forma de evaluar los vinos y las salicornias.

Figura 31. Sesión de maridaje. Introducción y presentación.

Se prepararon unas plantillas en la que se evaluaba los siguientes aspectos (Figura 32):

Apariencia: La Salicornia suele tener un aspecto verde brillante y textura crujiente.

Color: El color de la Salicornia es generalmente verde, aunque puede tener una gama de colores presentes en el plato.

Aroma: La Salicornia tiene un aroma suave y vegetal. Es esencial seleccionar un vino cuyo aroma no compita ni supere el aroma sutil de la Salicornia. Vinos con notas herbales, cítricas o frutales sutiles pueden ser una buena elección.

Salinidad: La Salicornia es naturalmente salada aunque puede cambiar según su hábitat en ambientes salinos.

	NO ME GUSTA NADA	NO ME GUSTA MUCHO	NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA	ME GUSTA BASTANTE	ME GUSTA MUCHO
APARIENCIA					
COLOR					
AROMA					
SALINIDAD					
TEXTURA					
SUCULENCIA					
SABOR					
SENSACION GLOBAL					

Figura 32. Plantilla de evaluación de maridaje.

Textura: La Salicornia tiene una textura crujiente y delicada.

Suculencia: La Salicornia tiene una jugosidad natural.

Sabor: La Salicornia tiene un sabor suave y vegetal, con un toque salado.

Sensación global: Al final del maridaje, es importante considerar la sensación general en boca. El vino debe complementar y realzar la experiencia de degustación de la Salicornia, creando un equilibrio y armonía en el paladar.

6.3 Resultados obtenidos del maridaje

En la Figura 33 se muestra la disposición de la sala para maridaje y los participantes

Figura 33. Sesión de maridaje. Muestras de salicornia y de vinos de Jerez.

En cada uno de los puestos (12), cada persona disponía de 3 tipos de salicornia tanto fresca como cocida, así como los 5 tipos de vinos. A todos ellos se les proporcionó una plantilla para la evaluación y se le asistió en la evaluación y rellenado de información organoléptica.

Todos los usuarios rellanaron las plantillas y posteriormente se procesaron en conjunto para determinar las opiniones sobre la calidad de los productos evaluados.

Las principales diferencias organolépticas en salicornia fresca estuvieron en el color, salinidad, y sabor (Tabla 26). Las muestras de salicornia criadas en tierra tuvieron las

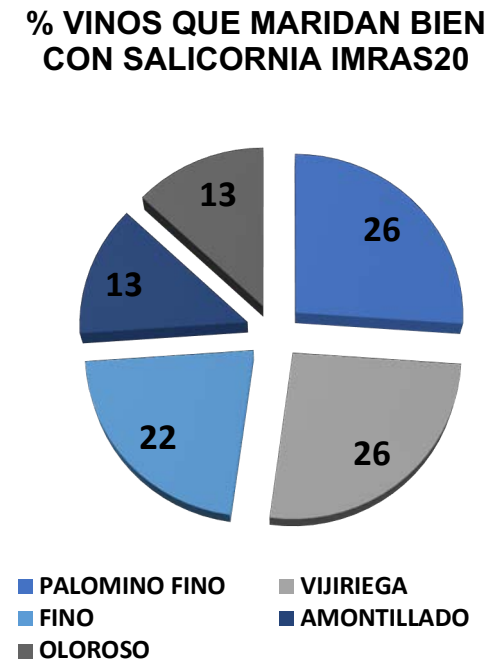
menores puntuaciones. Las puntuaciones de salicornia del IMRAS tuvieron las mejores puntuaciones sin diferencias significativas según salinidad

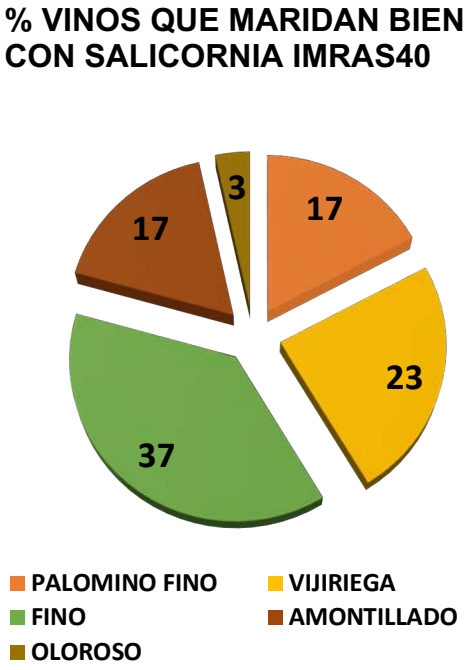
Para la salicornia cocida, los resultados fueron similares con menores puntuaciones para la salicornia criada en tierra pero sin diferencias significativas entre ellos.

Tabla 26. Resultados de evaluación organoléptica de la salicornias frescas y cocidas. Los parámetros se evaluaron de 1 (no me gusta nada) a 5 (me gusta mucho). Se indican la media y la significación estadística (ns, no significativo; *, P<0,05; **, P<0,01; ***, P<0,001). Las letras indican grupos significativamente diferentes.

Parámetros	Fresca				Cocida			
	IMRAS 20	IMRAS 40	Tierra		IMRAS 20	IMRAS 40	Tierra	
APARIENCIA	4,33	4,30	3,58		4,17	4,27	4,45	n.s.
COLOR	4,45 [a]	4,27 [ab]	3,50 [b]		4,64 [a]	4,45 [a]	4,25 [ab]	*
AROMA	3,11	3,00	3,10		3,25	3,22	2,92	n.s.
SALINIDAD	3,73 [a]	3,36 [a]	2,40 [b]		4,09 [a]	3,82 [a]	3,83 [a]	***
TEXTURA	4,27	4,20	3.36		4,00	3,73	3,82	n.s.
SUCULENCIA	3,75	3,91	3.20		3,89	4,10	3,64	n.s.
SABOR	4,00 [a]	3,92 [a]	2,36 [b]		3,91 [a]	4,18 [a]	3,67 [a]	***
SENSACION GLOBAL	3,78 [a]	3,75 [ab]	2,83 [b]		4,00 [a]	4,09 [a]	3,67 [a]	*

Respecto al maridaje con los vinos, los resultados fueron diferentes. Para la salicornia fresca de IMRAS a 20 ppt la mayor puntuación fue con el vino palomino fino y vijiriega. En cambio, las salicornias más saladas, IMRAS a 40 ppt y de tierra, las mejores puntuaciones fueron con el vino fino (Figura 34).





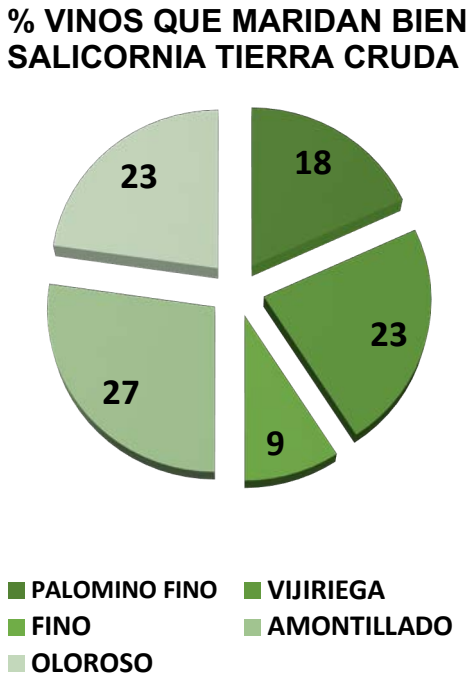


Figura 34. Resultados de satisfacción del maridaje de salicornia cruda con 5 vinos de Jerez. Se indican los % de preferencia y satisfacción

Respecto a la salicornia cocida, los resultados fueron consistentes. La salicornia procedente de IMRAS a 20 ppt tuvo la mayor puntuación fue con el vino palomino fino y vijiriega. En cambio, las salicornias más saladas, IMRAS a 40 ppt y de tierra, las mejores puntuaciones fueron con el vino fino (Figura 35).

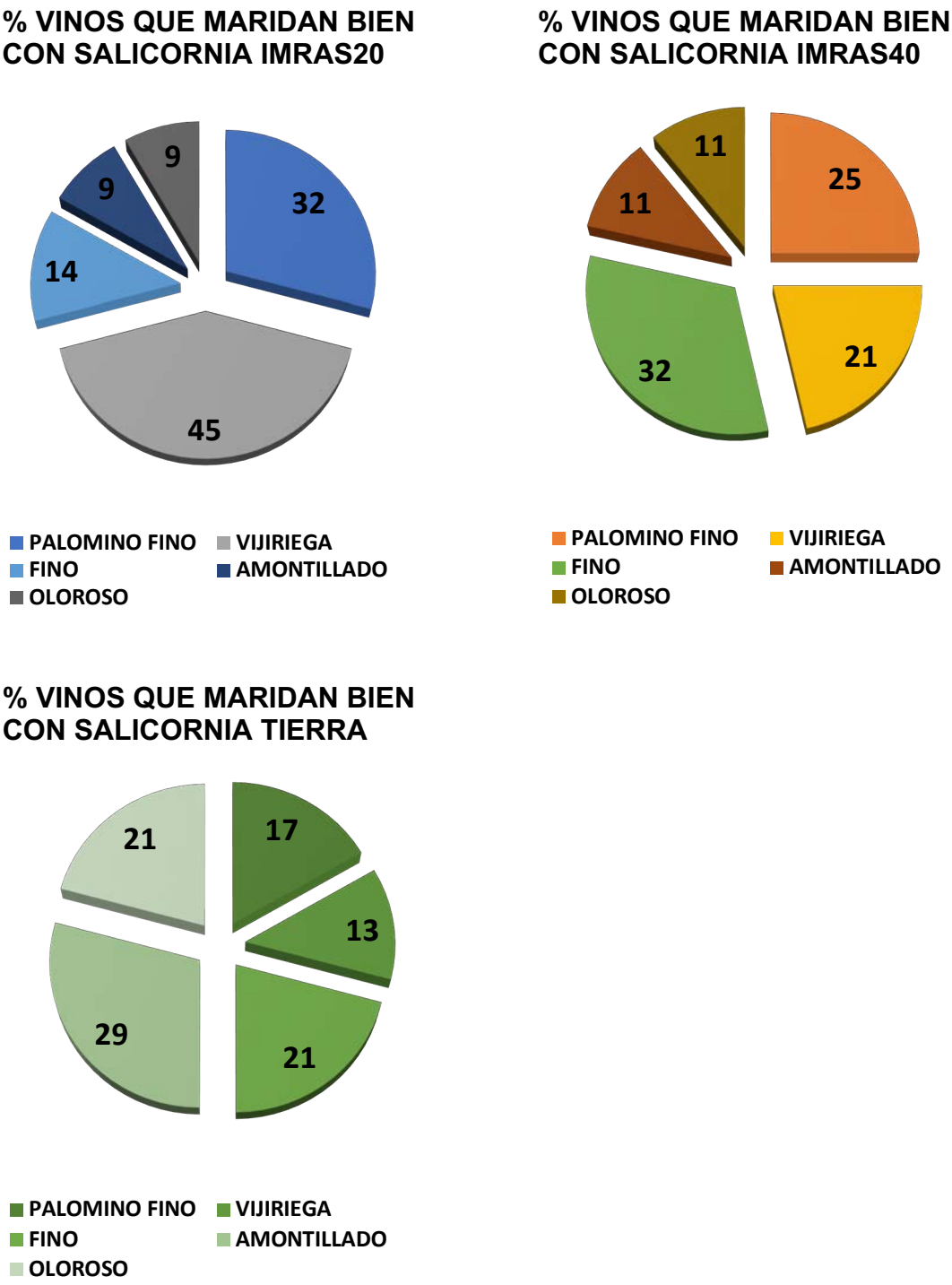


Figura 35. Resultados de satisfacción del maridaje de salicornia cocida con 5 vinos de Jerez. Se indican los % de preferencia y satisfacción

7. Conclusiones

La innovación gastronómica es campo importante para impulsar la economía azul. Las principales conclusiones de este entregable han sido:

- Existe una amplia gama de productos de origen marino cuyo aprovechamiento para gastronomía es importante para **fomentar la economía azul.** Esto incluye especies de bajo valor comercial, subproductos de la industria transformadora, algas y especias cultivas en IMRAS. Esta estrategia **contribuirá a las políticas de residuo cero**, reducción de los desperdicios alimentarios y el desarrollo de la **economía circular** mediante el aprovechamiento materias primas válidas y adecuadas para la creación de nuevos productos alimentarios, siendo viable técnicamente.
- Se ha conseguido desarrollar un **nuevo producto alimentario aplicando la innovación a través del uso de un subproducto d**e alta calidad generado en la industria alimentaria el cual era desechado. Gracias a esta nueva aplicación y a las medidas pertinentes aplicadas en cuanto a higiene y seguridad alimentaria en la producción podrá ser aprovechado en un futuro, teniendo cabida en el mercado actual.
- Se ha **conseguido valorizar una especie de bajo valor comercial considerada como descarte.** La transformación de la corvina americana en gyozas abre la posibilidad a la explotación de nuevo producto de alto valor añadido.
- Se han identificado **las principales especies de alga y se ha establecido su potencial para el mercado** de la gastronomía.

- Se ha evaluado **nuevos productos gastronómicos producidos de forma sostenible a través de IMRAS.** Se ha evaluado su aceptación por los consumidores y proveedores de servicios y se establecido un nuevo modelo de uso y consumo mediante la concienciación, educación y el maridaje con otros productos tradicionales.

7. Conclusões

A inovação gastronómica é um campo importante para impulsionar a economia azul. As principais conclusões deste documento são:

- Existe uma ampla variedade de produtos de origem marinha cujo aproveitamento gastronómico é importante **para promover a economia azul.** Isso inclui espécies de baixo valor comercial, subprodutos da indústria transformadora, algas e especiarias cultivadas em IMRAS. **Esta estratégia contribuirá para políticas de desperdício zero, redução de resíduos alimentares e desenvolvimento da economia circular**, por meio do aproveitamento de matérias-primas válidas e adequadas para a criação de novos produtos alimentícios, sendo tecnicamente viável.
- Foi possível desenvolver um **novo produto alimentício aplicando a inovação por meio do uso de um subproduto** de alta qualidade gerado na indústria alimentar, que era anteriormente descartado. Graças a essa nova aplicação e a medidas adequadas de higíene e segurança alimentar na produção, o produto poderá ser aproveitado no futuro, encontrando espaço no mercado atual.
- **Foi possível valorizar uma espécie de baixo valor comercial considerada como descarte**. A transformação da corvina americana em *gyozas* abre a possibilidade de explorar um novo produto de alto valor agregado.
- As principais **espécies de algas foram identificadas e seu potencial para o mercado gastronómico** foi

estabelecido.

- Foram **avaliados novos produtos gastronómicos produzidos de forma sustentável por meio de IMRAS**. A sua aceitação pelos consumidores e fornecedores de serviços foi avaliada, e um novo modelo de uso e consumo foi estabelecido por meio da conscientização, educação e combinação com outros produtos tradicionais.

8. Bibliografía

Aníbal J., Madeira H.T., Carvalho L.F., Esteves E., Veiga-Pires C. & Rocha C. (2014) Macroalgae mitigation potential for fish aquaculture effluents: an approach coupling nitrogen uptake and metabolic pathways using Ulva rigida and Enteromorpha clathrata. Environmental Science and Pollution Research 21, 13324-13334.

APN (2019) Algas a gosto: considerações nutricionais e de saúde. E-book n.º 51. Porto: Associação Portuguesa de Nutrição. citado em 2023-05-10 https://www.apn.org.pt/documentos/ebooks/E-book-Algas_a_gosto.pdf.

Arvanitoyannis I.S. & Varzakas T.H. (2008) Vegetable Waste Treatment: Comparison and Critical Presentation of Methodologies. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 48, 205-247.

Bañón R., Arias A., Arana D. & Cuesta J.A.I. (2017) Identification of a non-native Cynoscion species (Perciformes: Sciaenidae) from the Gulf of Cádiz (Southwestern Spain) and data on its current status. Scientia Marina 81, 19-26.

Ben-Ari T., Neori A., Ben-Ezra D., Shauli L., Odintsov V. & Shpigel M. (2014) Management of Ulva lactuca as a biofilter of mariculture effluents in IMTA system. Aquaculture 434, 493-498.

Bermejo R., Macías M., Cara C.L., Sánchez-García J. & Hernández I. (2019) Culture of Chondracanthus teedei and Gracilariopsis longissima in a traditional salina from southern Spain. Journal of Applied Phycology 31, 561-573.

Bermejo R., Cara C.L., Macías M., Sánchez-García J. & Hernández I. (2020a) Growth rates of Gracilariopsis longissima, Gracilaria bursa-pastoris and Chondracanthus teedei (Rhodophyta) cultured in ropes: implication for N biomitigation in Cadiz Bay (Southern Spain). Journal of Applied Phycology 32, 1879-1891.

Bermejo R., Macías M., Sánchez-García F., Love R., Varela-Álvarez E. & Hernández I. (2020b) Influence of irradiance, dissolved nutrients and salinity on the colour and nutritional characteristics of Gracilariopsis longissima (Rhodophyta). Algal Research 52, 102121.

Bremmer A. (1985) A convenient easy to use System for Estimating the Quality of Chilled Seafood. In: *Fish Processing Conference* (eds. by D.N. Scott & C. Summers), pp. 59-70, (Nelson, New Zealand).

Bruhn A., Dahl J., Nielsen H.B., Nikolaisen L., Rasmussen M.B., Markager S., Olesen B., Arias C. & Jensen P.D. (2011) Bioenergy potential of Ulva lactuca: Biomass yield, methane production and combustion. Bioresource Technology 102, 2595-2604.

Campos B.M., Ramalho E., Marmelo I., Noronha J.P., Malfeito-Ferreira M., Mata P. & Diniz M.S. (2022) Proximate Composition, Physicochemical and Microbiological Characterization of Edible Seaweeds Available in the Portuguese Market. FBE 14.

Cárdenas-Pérez S., Piernik A., Chanona-Pérez J.J., Grigore M.N. & Perea-Flores M.J. (2021) An overview of the emerging trends of the Salicornia L. genus as a sustainable crop. Environmental and Experimental Botany 191, 104606.

Castelar B., Reis R.P. & dos Santos Calheiros A.C. (2014) Ulva lactuca and U. flexuosa (Chlorophyta, Ulvophyceae) cultivation in Brazilian tropical waters: recruitment, growth, and ulvan yield. Journal of Applied Phycology 26, 1989-1999.

CBI (2022) European market potential for seaweed. Acesso 2023, Maio 3, https://www.cbi.eu/market-information/fish-seafood/seaweed/market-potential.

CEN (2021) Algae and algae products. Food and feed applications: General overview of limits, procedures and analytical methods. Documento técnico CEN/TR 17559.

Cerveira I., Dias E., Baptista V., Teodósio M.A. & Morais P. (2021) Invasive fish keeps native feeding strategy despite high niche overlap with a congener species. Regional Studies in Marine Science 47, 101969.

Cerveira I., Baptista V., Teodósio M.A. & Morais P. (2022) What's for dinner? Assessing the value of an edible invasive species and outreach actions to promote its consumption. Biological Invasions 24, 815-829.

Cornish M.L., Critchley A.T. & Mouritsen O.G. (2017) Consumption of seaweeds and the human brain. Journal of Applied Phycology 29, 2377-2398.

Da Costa E., Melo T., Moreira A.S.P., Bernardo C., Helguero L., Ferreira I., Cruz M.T., Rego A.M., Domingues P., Calado R., Abreu M.H. & Domingues M.R. (2017) Valorization of Lipids from Gracilaria sp. through Lipidomics and Decoding of Antiproliferative and Anti-Inflammatory Activity. Marine Drugs 15, 62.

Duarte A.M., Silva F., Mendes S., Pinto F.R., Barroso S., Silva E., Neves A., Sequeira V., Magalhães Maria F., Rebelo R., Assis C., Vieira A.R., Gordo L.S. & Gil M.M. (2022) Seasonal study of the nutritional composition of unexploited and low commercial value fish species from the Portuguese coast. Food Science & Nutrition 10, 3368-3379.

Eat J. (2022) Gastrómetro de Just Eat 2022. Informe sobre las tendencias de comida a domicilio. Novedades gastronómicas, hábitos de consumo y otros datos relacionados con la comida a domicilio en España del 2022. .

Ekanayake S., Egodawatta C., Attanayake R.N. & Perera D. (2023) From salt pan to saucepan: Salicornia, a halophytic vegetable with an array of potential health benefits. Food Frontiers n/a.

Eliasen S.Q., Papadopoulou N., Vassilopoulou V. & Berner L. (2012) Case studies of trawl fisheries in Denmark, Greece and England and an evaluation of incentive framework. Report in the Badminton project work package 4: Socio-economic and institutional incentives for discarding. 12pp.
EUMOFA (2022) Caso práctico: La corvina en la UE. Estructura de los precios en la cadena de suministro. El caso de España, Grecia e Italia. .
European Commission D.-G.f.R.a.I. (2021) European Green Deal: research & innovation call, Publications Office of the European Union. Recuperado el 14 de abril de 2023 de https://data.europa.eu/doi/10.2777/33415.
FAO (2020) *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción*, Roma.
FAO (2022) The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO.
Favot G., Cunha M., Quental-Ferreira H. & Álvares Serrão M. (2019) Production of Ulva sp. in Multitrophic Aquaculture in Earth Ponds. Aquac Fish Stud 1, 1–8.
Fernández-Gines J.M., Tudela M., Caballero B., Moreno M. & Madera E. (2008) Generación de subproductos en la industria agroalimentaria. Situación y alternativas para su aprovechamiento y revalorización. Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos 1, 39-42.
Freitas M.V., Pereira L., Afonso C. & Mouga T. (2022) *Sabores do Mar – Algas edíveis do Centro de Portugal. Instituto Politécnico* https://doi.org/10.25766/GGG5-NX8.
Garrido M. (2022) Aprovechamiento de descartes y subproductos de la pesca y la acuicultura para el desarrollo de nuevos productos transformados. . Trabajo Final de Máster. Máster universitario en acuicultura y pesca.
Harnedy P.A. & FitzGerald R.J. (2011) BIOACTIVE PROTEINS, PEPTIDES, AND AMINO ACIDS FROM MACROALGAE1. Journal of Phycology 47, 218-232.
Hernández I. (2003) Proyecto piloto de acuicultura integrada: disminución del impacto ambiental por la contaminación por nutrientes de una explotación de acuicultura mediante el cultivo de macroalgas marinas autóctonas destinadas al consumo humano. . Boletín IGBP España 6, 7-10.
Hernández I., Fernández-Engo M.A., Pérez-Lloréns J.L. & Vergara J.J. (2005) Integrated outdoor culture of two estuarine macroalgae as biofilters for dissolved nutrients from Sparus auratus waste waters. Journal of Applied Phycology 17, 557-567.
Hernández I., Pérez-Pastor A., Vergara J.J., Martínez-Aragón J.F., Fernández-Engo M.Á. & Pérez-Lloréns J.L. (2006) Studies on the biofiltration capacity of Gracilariopsis longissima: From microscale to macroscale. Aquaculture 252, 43-53.
Hernández I., Pérez-Pastor A., Mateo J.J., Megina C. & Vergara J.J. (2008) GROWTH DYNAMICS OF ULVA ROTUNDATA (CHLOROPHYTA) IN A FISH FARM: IMPLICATIONS FOR BIOMITIGATION AT A LARGE SCALE1. Journal of Phycology 44, 1080-1089.
Hernández I., Bermejo R., Pérez-Llorens J. & Vergara J. (2010) Contribución al conocimiento de los macrófitos marinos del saco interno y caños adyacentes de la bahía de Cádiz. Algas 43, 11-16.
Hernández I., Cara C., Sánchez-García J., Macías M., Love R. & Bermejo R. (2016) Cultivos de macroalgas en el litoral gaditano: estado actual y perspectivas para su desarrollo. Algas 52, 5-10.
Hernández I., Gerich R. & Bermejo R. (2023) Contribución al conocimiento de las macroalgas de los esteros y salinas de la bahía de Cádiz: el caso de la salina de La Esperanza. . Algas (en prensa).
Hu C.M. & Hou X.L. (2010) Relationship of major nutrient components with low temperature tolerance in non-heading Chinese cabbage. Journal of Nanjing Agricultural University 33, 37-41.
Hwang E.K., Baek J.M. & Park C.S. (2008) Cultivation of the green alga, Codium fragile (Suringar) Hariot, by artificial seed production in Korea. Journal of Applied Phycology 20, 469-475.
INE (2019) *statíticas da Pesca 2018*.
INE (2020) *Estatíticas da Pesca 2019*.
INE (2021) Estatíticas da Pesca 2020. 151.
INE (2022) *Estatíticas da Pesca 2021*.
Jiménez-Colmenero F., Cofrades S., López-López I., Ruiz-Capillas C., Pintado T. & Solas M.T. (2010) Technological and sensory characteristics of reduced/low-fat, low-salt frankfurters as affected by the addition of konjac and seaweed. Meat Science 84, 356-363.
Kelleher K. (2005) Discards in the world's marine fisheries. An update. FAO Fisheries Technical Paper 470.
Kendel M., Wielgosz-Collin G., Bertrand S., Roussakis C., Bourgougnon N. & Bedoux G. (2015) Lipid Composition, Fatty Acids and Sterols in the Seaweeds Ulva armoricana, and Solieria chordalis from Brittany (France): An Analysis from Nutritional, Chemotaxonomic, and Antiproliferative Activity Perspectives. Marine Drugs 13, 5606-5628.
Khairy H.M. & El-Sheikh M.A. (2015) Antioxidant activity and mineral composition of three Mediterranean common seaweeds from Abu-Qir Bay, Egypt. Saudi Journal of Biological Sciences 22, 623-630.
Kraft L.G.K., Kraft G.T. & Waller R.F. (2010) INVESTIGATIONS INTO SOUTHERN AUSTRALIAN ULVA (ULVOPHYCEAE, CHLOROPHYTA) TAXONOMY AND MOLECULAR PHYLOGENY INDICATE BOTH COSMOPOLITANISM AND ENDEMIC CRYPTIC SPECIES1. Journal of Phycology 46, 1257-1277.
Kumar M., Gupta V., Kumari P., Reddy C.R.K. & Jha B. (2011) Assessment of nutrient composition and antioxidant potential of Caulerpaceae seaweeds. Journal of Food Composition and Analysis 24, 270-278.

Kumar S., Sahoo D. & Levine I. (2015) Assessment of nutritional value in a brown seaweed Sargassum wightii and their seasonal variations. Algal Research 9, 117-125.
Lopes G., Daletos G., Proksch P., Andrade P.B. & Valentão P. (2014) Anti-Inflammatory Potential of Monogalactosyl Diacylglycerols and a Monoacylglycerol from the Edible Brown Seaweed Fucus spiralis Linnaeus. Marine Drugs 12, 1406-1418.
López-Campos M., Pérez-Lloréns J.L., Barrena F., Pérez-González C.M. & Hernández I. (2022) Culture of Gracilaria gracilis and Chondracanthus teedei from Vegetative Fragments in the Field and Carpospores in Laboratory. Journal of Marine Science and Engineering 10, 1041.
Machado M., Machado S., Pimentel F.B., Freitas V., Alves R.C. & Oliveira M.B.P.P. (2020) Amino Acid Profile and Protein Quality Assessment of Macroalgae Produced in an Integrated Multi-Trophic Aquaculture System. Foods 9, 1382.
Maciel E., Domingues P., Domingues M.R.M., Calado R. & Lillebø A. (2020) Halophyte plants from sustainable marine aquaponics are a valuable source of omega-3 polar lipids. Food Chemistry 320, 126560.
MAPA (2021) Informe del consumo de alimentación anual en España. https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-tendencias/informe-consumo-alimentario-2021-baja-res_tcm30-624017.pdf.
MAPA (2023) Estadísticas pesqueras: Estadísticas de Capturas y Desembarcos de Pesca Marítima Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion, 2023. (Base de datos de capturas. Periodo 1992-2021).
Marques B., Calado R. & Lillebø A.I. (2017) New species for the biomitigation of a super-intensive marine fish farm effluent: Combined use of polychaete-assisted sand filters and halophyte aquaponics. Science of The Total Environment 599-600, 1922-1928.
Matanjun P., Mohamed S., Mustapha N.M. & Muhammad K. (2009) Nutrient content of tropical edible seaweeds, Eucheuma cottonii, Caulerpa lentillifera and Sargassum polycystum. Journal of Applied Phycology 21, 75-80.
Morais P. & Teodósio M. (2016) The transatlantic introduction of weakfish Cynoscion regalis (Bloch & schneider, 1801)(Sciaenidae, Pisces) into Europe. BioInvasions Records 5, 259-265.
Morais P., Cerveira I. & Teodósio M. (2017) An update on the invasion of weakfish *Cynoscion regalis* (Bloch & Schneider, 1801)(Actinopterygii: Sciaenidae) into Europe. Diversity 9, 47.
Mouritsen O.G., Dawczynski C., Duelund L., Jahreis G., Vetter W. & Schröder M. (2013) On the human consumption of the red seaweed dulse (Palmaria palmata (L.) Weber & Mohr). Journal of Applied Phycology 25, 1777-1791.
Pereira L. (2004) Estudos em Macroalgas Carragenófitas (Gigartinales, Rhodophyceae) da Costa Portuguesa - Aspectos Ecológicos, Bioquímicos e Citológicos. . Tese de Doutoramento. Universidade de Coimbra.
Pereira L. (2007) As Algas Marinhas e Respectivas Utilidades. Palestra “Contam as Plantas”. Departamento de Botânica, Universidade de Coimbra.
Pérez-Lloréns J., Hernández I., Bermejo R., Peralta G., Brun F. & Vergara J. (2012) Flora marina del litoral gaditano: Biología, ecología, usos y guía de identificación. . Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz. Monografía. Ciencias de la Naturaleza.
Pérez-Lloréns J., Hernández I., Vergara J., Brun F. & León A. (2018) *Those curious and delicious seaweeds. A fascinating voyage from Biology to Gastronomy*. UCA Press.
Pérez-Lloréns J.L., Hernández I., Vergara J.J., Brun F.G. & León A. (2016) *¿Las algas se comen? Un periplo por la biología, la historia, las curiosidades y la gastronomía*. Servicio de Publicaciones, Universidad de Cádiz.
Pérez-Roda M.A., Gilman E., Huntington T., Kennelly S.J., Suuronen P., Chaloupka M. & P. M. (2019) Third Assessment of Global Marine Fisheries Discards. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No 633. 1-78.
Revista Vegetus (2022) Revista de la Unión Vegetariana Española. Nº 42 1º trimestre, enero marzo. .
Ripol A., Cardoso C., Afonso C., Varela J., Quental-Ferreira H., Pousão-Ferreira P. & Bandarra N.M. (2018) Composition, Anti-inflammatory Activity, and Bioaccessibility of Green Seaweeds from Fish Pond Aquaculture. Natural Product Communications 13, 1934578X1801300521.
Rochet M.-J. & Trenkel V.M. (2005) Factors for the variability of discards: assumptions and field evidence. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 62, 224–235.
Sánchez-García F. (2011) Composición química y valor calórico de cuatro especies de macroalgas de las costas gaditanas. In: *Tesis de máster*, p. 60. Universidad de Cádiz.
Sánchez-García F. (2020) Estudio y evaluación del potencial alimentario del alga verde Ulva ssp. de los esteros gaditanos. p. 306. Universidad de Cádiz.
Silva M., Vieira L., Almeida A.P. & Kijjoa A. (2013) The Marine Macroalgae of the Genus Ulva: Chemistry, Biological Activities and Potential Applications. Journal of Oceanography and Marine Research 1.
Thahira Banu A. & Uma Mageswari S. (2015) Nutritional status and effect of seaweed chocolate on anemic adolescent girls. Food Science and Human Wellness 4, 28-34.
Wolf M.A., Sciuto K., Andreoli C. & Moro I. (2012) Ulva (Chlorophyta, Ulvales) Biodiversity in the North Adriatic Sea (Mediterranean, Italy): Cryptic Species and New Introductions. Journal of Phycology 48, 1510-1521.
Yang M.H., Blunden G., Huang F.L. & Fletcher R.L. (1997) Growth of a dissociated, filamentous stage of Codium species in laboratory culture. Journal of Applied Phycology 9, 1-3.

Zeller D., Cashion T., Palomares M. & Pauly D. (2017) Global marine fisheries discards: A synthesis of reconstructed data. Fish and Fisheries, 1-10.