

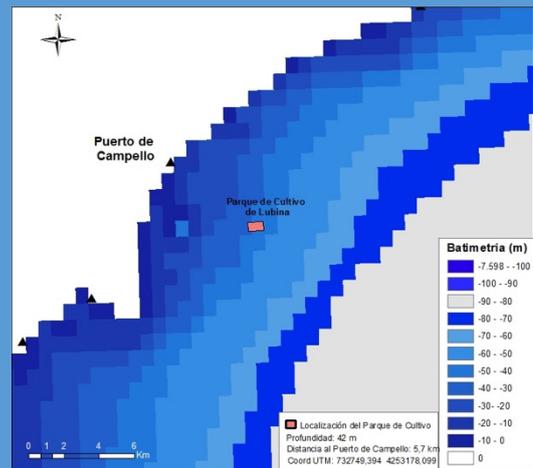
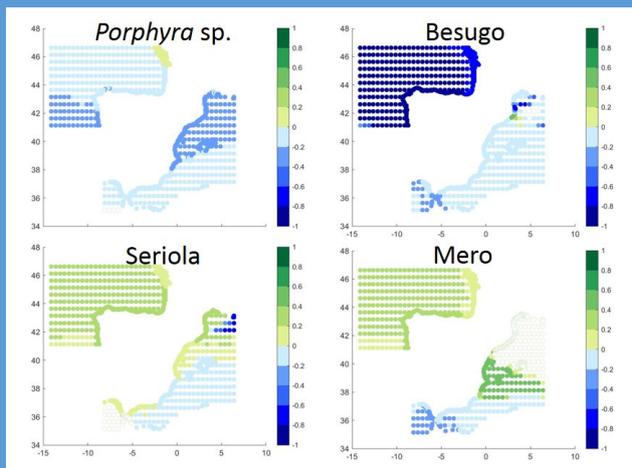
## Anexo 4

### ACTIVIDAD 3:

# ANÁLISIS A NIVEL LOCAL DEL ATLAS DE VIABILIDAD DE LA ACUICULTURA MARINA EN LAS COSTAS ESPAÑOLAS

### ACTIVIDAD 3.2:

## GUÍA SOBRE EL DESARROLLO DE LA ACUICULTURA OCEÁNICA EN ESPAÑA



*Este proyecto cuenta con el apoyo de la Vicepresidencia Cuarta y Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través de la Fundación Biodiversidad.*

**PROyección frente a escenarios de cambio climático y escalado a nivel local del ATLAS de viabilidad de la acuicultura marina en las costas españolas.**

*Este proyecto cuenta con el apoyo de la Vicepresidencia Cuarta y Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través de la Fundación Biodiversidad.*

Las opiniones y documentación aportadas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad del autor o autores de los mismos, y no reflejan necesariamente los puntos de vista de las entidades que apoyan económicamente el proyecto.



## ÍNDICE



## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	A4.1
2. DEFINICIÓN DE ACUICULTURA OCEÁNICA. ESTADO Y JUSTIFICACION .....	A4.1
2.1. Definición .....	A4.1
2.2. Justificación de la Acuicultura oceánica .....	A4.2
3. ASPECTOS TECNOLÓGICOS .....	A4.3
4. ASPECTOS BIOLÓGICOS Y DE CULTIVO .....	A4.7
4.1. Selección de especies en cultivos oceánicos. ....	A4.7
4.2. Manejo.....	A4.9
5. ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES.....	A4.9
5.1. Característica I. Emplazamiento lejano a la costa .....	A4.10
5.2. Característica II. Emplazamientos en zonas expuestas .....	A4.10
6. ASPECTOS NORMATIVOS.....	A4.11
7. ASPECTOS SOCIALES.....	A4.11
8. ANALISIS DE LA IDONEIDAD ECONOMICA .....	A4.12
8.1. Comparación coste de inversión / CAPEX.....	A4.12
8.2. Comparación costes de producción /OPEX .....	A4.14
9. LA ACUICULTURA OCEÁNICA Y OTRAS ACTIVIDADES MARINAS: CRECIMIENTO AZUL. ORDENACIÓN DEL ESPACIO MARÍTIMO .....	A4.16
10. REQUISITOS Y TIEMPOS PARA LA IMPLANTACION DE LA ACUICULTURA OCEÁNICA EN ESPAÑA (RIESGO TECNOLÓGICO) .....	A4.17
11. REFERENCIAS .....	A4.20

## **Anexo 4**

### **ACTIVIDAD 3.2: GUÍA SOBRE EL DESARROLLO DE LA ACUICULTURA OCEÁNICA EN ESPAÑA**

## 1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población mundial y el consiguiente incremento en la demanda de alimento, representa uno de los mayores desafíos para nuestra civilización en los próximos años. Este desafío se incrementa si además tenemos en cuenta que las fuentes tradicionales productivas de alimento están ya muy saturadas y los recursos naturales (pesca incluida), pasan por una fase de sobreexplotación elevada. Esta saturación ha originado una intensificación de los cultivos que influye muy negativamente en los ecosistemas terrestres con un más que probable impacto en toda la complejidad del cambio climático. Frente a esta problemática, la acuicultura se presenta, y es reconocida a nivel mundial, como una de las mejores alternativas y soluciones sostenibles para cubrir esta fuerte demanda de alimentos. De acuerdo con las previsiones de la FAO, se espera que la producción de pescado a través de la acuicultura superará los 60 millones de toneladas para el 2030. Este incremento deberá estar basado en un desarrollo tecnológico de la industria acuícola.

## 2. DEFINICIÓN DE ACUICULTURA OCEÁNICA. ESTADO Y JUSTIFICACION

### 2.1. Definición

El término de acuicultura oceánica recibe diferentes definiciones no siempre coincidentes. Según Drumm (2010) la acuicultura oceánica puede ser definida como el cultivo de especies marinas en zonas en mar abierto, altamente expuestas a las acciones del viento, olas y corrientes y cuyas operaciones se realizan frecuentemente bajo severas condiciones ambientales. FAO (2018) señala que las condiciones que se deben cumplir para una acuicultura oceánica:

- Granjas marinas localizadas, al menos, a 2 km de distancia de la costa.
- Aguas de más de 50 m de profundidad.
- Localizaciones expuestas (abiertas a 180º) con fuertes vientos y corrientes.
- Áreas con fuerte oleaje oceánico y altura de olas superior a 5 m.
- Operaciones productivas gestionadas, en su mayor parte, en remoto.

Para FAO estas características, intrínsecas de la acuicultura oceánica, marcan la diferencia respecto los otros modelos de acuicultura marina (Acuicultura Costera y Acuicultura Fuera de la Costa).

PARAMETROS	ACUICULTURA COSTERA	ACUICULTURA LITORAL	ACUICULTURA OCEANICA
Localización/ hidrografía	A menos de 500 m de la costa. Profundidad menor a 10 m.	Entre 500 a 3 km de la costa Profundidad de 10 a 50 m.	A más de 2 km de la costa Profundidad de más de 50 m
Oceanografía	Olas de altura inferior a 1m Periodos de viento escasos Con influencia de las mareas	Olas de altura entre 3 a 4 m. Afectadas por corrientes marinas Baja influencia del efecto de mareas.	Olas mayores a 5m. Vientos frecuentes.
Accesibilidad	Accesibilidad diaria del 100%	Accesibilidad diaria alta del 90%	Accesibilidad diaria limitada del 80%.
Manejo/ Operaciones	Posibilidad de manejo manual	Manejo en parte automatizado	Manejo en remoto y automatizado.
Exposición	Totalmente protegida	Parcialmente protegida más de 90º	Muy expuesta, protección inferior a 180º

Tabla 1. Características de la acuicultura costera, litoral y oceánica.

A modo de ejemplo, y como muestra de las distintas terminologías usadas en la definición de acuicultura oceánica, puede mencionarse la utilizada en los EEUU a nivel gubernamental. En EEUU, la definición de acuicultura oceánica se sitúa en el contexto legal/ regulatorio, definiéndose como la acuicultura que se desarrolla en aguas federales (entre 3 a 200 millas/ 4,8 a 332 km): "Todas las actividades, incluidas la operación de instalaciones de acuicultura en costa, involucradas en la cría o reproducción de especies marinas en la Zona Económica Exclusiva" (HR 2010: National Off-shore Aquaculture Act of 2007).

## 2.2. Justificación de la Acuicultura oceánica

En la introducción de este capítulo se ha señalado la importancia, y necesidad, de desarrollar la acuicultura como fuente de alimentos sostenibles y saludables que permita cubrir el fuerte incremento de alimentos esperado para las próximas décadas. Pero la realidad es que actualmente el desarrollo de la acuicultura marina y, en general, toda la acuicultura (agua dulce, salobre...) está limitada por la falta de espacio para instalar granjas de cultivo. Esta limitación se hace más patente en países más desarrollados, como los europeos. La limitación se basa principalmente en la competencia que el desarrollo de la acuicultura mantiene por el espacio y el uso de los recursos costeros, frente a otras actividades como el turismo, industria, minería...y también como consecuencia de las cada vez mayores restricciones medioambientales en las zonas litorales. Frente a estas limitaciones, la acuicultura oceánica se presenta como una alternativa tecnológica en el cultivo de especies marinas con un gran potencial de crecimiento y, a su vez, con un impacto ambiental muy bajo. Bajo las nuevas condiciones físico espaciales del cultivo oceánico se incrementa, al menos, un 30% la superficie disponible a nivel mundial. Este potencial hace que la acuicultura oceánica esté recibiendo una gran atención por parte de los Gobiernos, Instituciones de Investigación y sector empresarial, cuyo trabajo conjunto es y será necesario para abordar el gran desafío que su desarrollo conlleva. Desafío sobre todo tecnológico y en consecuencia económico.

La acuicultura oceánica puede ser una garantía en la producción sostenible de alimentos saludables marinos a medio y largo plazo, que en la actualidad requiere un fuerte impulso en las áreas de investigación, desarrollo tecnológico y regulación legal. Además, la acuicultura oceánica favorece el bienestar de las especies cultivadas como consecuencia de mayores espacios para su cultivo y en consecuencia menores densidades productivas y menor estrés. La acuicultura ofrece una oportunidad para expandir la acuicultura en regiones donde existe una alta competencia con otros usos por el espacio. Y exige y permite un dimensionamiento mayor en cuanto a niveles productivos por granja, que además es necesario para amortizar los altos niveles de inversión.

Los altos niveles de inversión requeridos hacen que en la actualidad haya dos grandes modelos de aproximación a la acuicultura oceánica, uno de ellos proveniente de grandes empresas/ grupos salmoneras y el otro con origen en empresas ajenas al sector acuícola, pero con un alto nivel de innovación e inversión.

### 3. ASPECTOS TECNOLÓGICOS

El componente tecnológico en el desarrollo de la acuicultura oceánica es un pilar básico y fundamental. Esta tecnología ha progresado considerablemente en los últimos años, aunque todavía queda un largo camino por recorrer. Dicho desarrollo tecnológico debe fundamentarse en una integración tecnológica de todas las operaciones propias de una granja acuícola de manera que estas se realicen de forma segura y rentable. Para ello, se requieren escalas de producción mayores a las actuales, que absorban los costes productivos.

Aunque los métodos de cultivo de peces, moluscos y macroalgas son diferentes, suele haber elementos y desarrollos comunes (sistemas de anclaje, moorings...) cuyo objetivo de diseño es la adaptación a las adversas condiciones meteorológicas, la automatización y control en remoto.

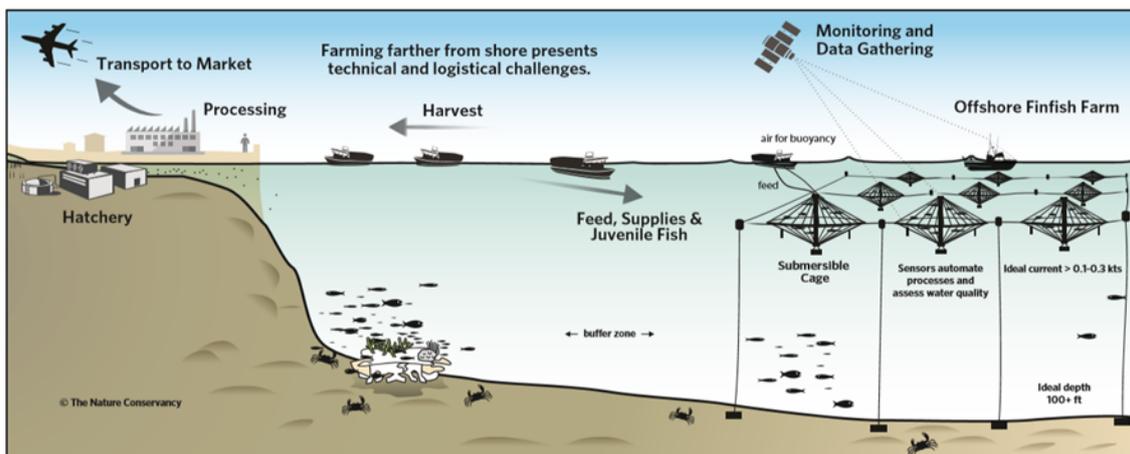


Figura 1. Esquema general de granja oceánica (Fuente: The Nature Conservancy, 2019).

Los principales aspectos a los que las granjas oceánicas deben dar respuesta tecnológica son los siguientes:

**a) Mayor distancia a la costa. Operativa de gestión adaptada a esa distancia.**

- Control remoto
- Digitalización de parámetros ambientales.
- Control de procesos productivos y automatización de operaciones diarias.
- Mantenimiento
- Alimentación y control del estado de los peces
- Siembra de alevines o semillas.
- Pesca
- Control de depredadores.
- Control de robos y vandalismo.
- Seguridad de personal.

Estas exigencias técnicas y operativas requieren personal muy especializado y sistemas de vigilancia mediante sensores y cámaras que midan el estado de las instalaciones, el control interno y externo de la granja, la observación de los peces diaria y el control de las condiciones del mar (p.ej. Velocidad de corrientes y oleaje, luz, temperatura, salinidad y oxígeno). También requieren la transmisión de los datos obtenidos a tierra y la automatización de la mayor parte de las operaciones habituales en una granja marina (p.ej. alimentación diaria de los peces, mantenimiento general, controles periódicos del estado de la granja, control de la biomasa de cada vivero tallas/crecimiento/mortalidad). Asimismo, se requieren programas de Programa gestión de la producción, del mantenimiento y programas integrados de gestión general de la granja.

**b) Necesidad de espacio, infraestructuras en puertos y logística dimensionadas conforme a grandes volúmenes productivos.**

Se considera que para maximizar la relación coste-eficiencia la distancia máxima a puerto debe ser de 25 millas náuticas (46,3 km). Esta necesidad de mayor espacio afecta a los siguientes elementos de trabajo de la granja que deben ser dimensionados con base en los mayores volúmenes productivos.

- Operativa y logística en el transporte del material de granja (redes...).
- Suministro de alevines.
- Transporte de alimento, alevines y pescas.
- Dimensionamiento de barcos y plataformas de apoyo.

**c) Diseño y dimensionamiento de las granjas para condiciones extremas.**

Los elementos que más deben tenerse en cuenta para este diseño son profundidades de más de 50 m y condiciones atmosféricas adversas (Corrientes y Oleaje).

### Selección de emplazamientos:

Las condiciones extremas, y menos favorables, características de las granjas oceánicas obligan a un análisis previo de detalle en la selección de emplazamientos que debe comprender los siguientes elementos de análisis:

- Análisis espacial de la zona, de manera que la actividad de la granja acuícola sea compatible con el resto de usos marítimos.
- Búsqueda de emplazamientos adecuados que minimicen los riesgos ambientales. Para lo cual será obligado disponer de datos actualizados y fiables de las condiciones marinas: calidad del agua, datos hidrográficos, datos geológicos, datos fisicoquímicos del agua, datos de calidad del agua (bacteriológicos), datos de fitoplancton (para cultivo de moluscos), datos meteorológicos y datos ambientales de las zonas (evaluación Impacto ambiental, etc).
- Estudio económico que garantice costes operativos equilibrados.
- Infraestructuras en tierra suficientes que soporten la logística y favorezcan la rentabilidad de las operaciones.

### Diseño de Granjas:

El camino de la adaptación de los diseños de las granjas marinas a zonas más expuestas pasa en la actualidad por dos líneas de trabajo:

La primera es la evolución de los modelos ya existentes en el sector, pero con construcciones y diseños más resistentes y robustos acompañados de infraestructuras complementarias que permiten su control por remoto y con el máximo nivel de automatización. Esta evolución puede presentar modelos semi sumergibles o sumergibles, bien temporal o de manera permanente, para reducir el estrés de las instalaciones y de los animales en cultivo. Estos modelos se realizan con volúmenes de cultivo mayores (diámetros mínimos de vivero de más de 100 m) y se acompañan por infraestructuras y vehículos (p.ej. barcasas de alimentación, barcos, etc) dimensionados acorde a los mayores volúmenes productivos de las granjas (> de 15.000 tm/ por granja).

La segunda línea de innovación es el diseño de superestructuras de cultivo que podrían denominarse "large scale". Es decir, son macroviveros a modo de plataformas únicas que en su composición incluyen uno o varios viveros de gran volumen, llevan incorporado otras infraestructuras complementarias y pueden ser sumergibles o no. Esta segunda línea está siendo liderada por grandes empresas productoras de salmón (p.ej. SALMAR), pero también hay modelos en pruebas en el golfo de Méjico con especies como la cobia. A continuación, se muestran varios ejemplos de modelos de superestructuras de cultivos oceánicos, extraídos de la bibliografía.

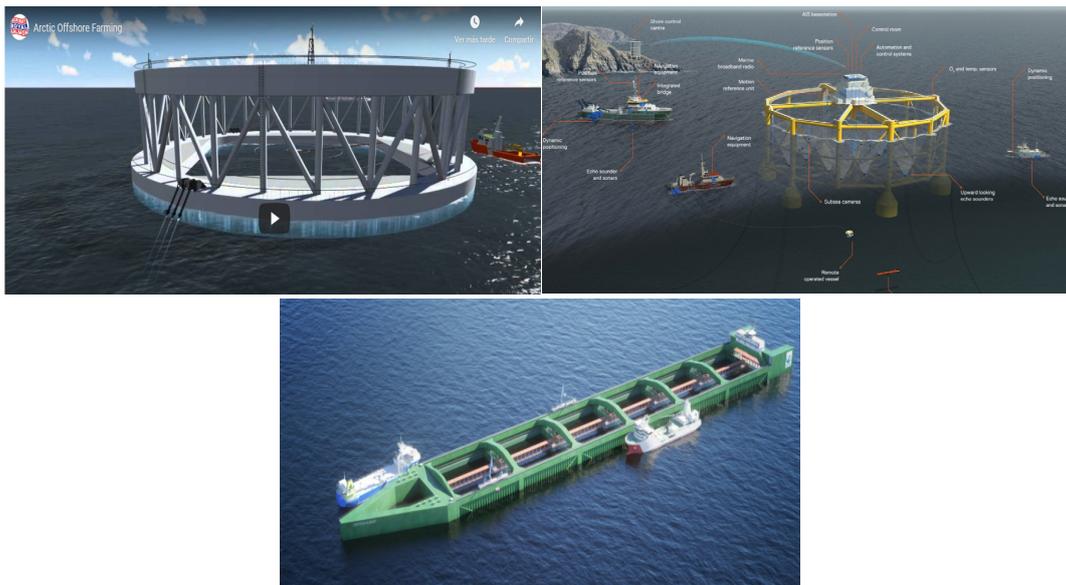


Figura 2. Distintos modelos de plataformas de cultivo oceánico.

**d) Producciones mayores de 15.000 tm por unidad de granja.**

Las granjas oceánicas están diseñadas para producciones superiores a 15.000 tm/año por granja. Este mayor volumen se justifica en la necesidad de alcanzar volúmenes de escala que garanticen la rentabilidad de las inversiones y operaciones.

**e) Sinergias con infraestructuras de otros usos marinos: energía eólica.**

Una de las características de las granjas oceánicas es la posibilidad de crear sinergias con otros usos marinos. El caso más claro, *a priori*, es su compatibilidad con las explotaciones eólicas marinas. En este caso, las sinergias incluyen desde compartir elementos de fijación al fondo marino (p.ej. anclas, entramado), hasta compartir servicios comunes de logística, infraestructura y todo lo referente a sonorización y trabajo en remoto.

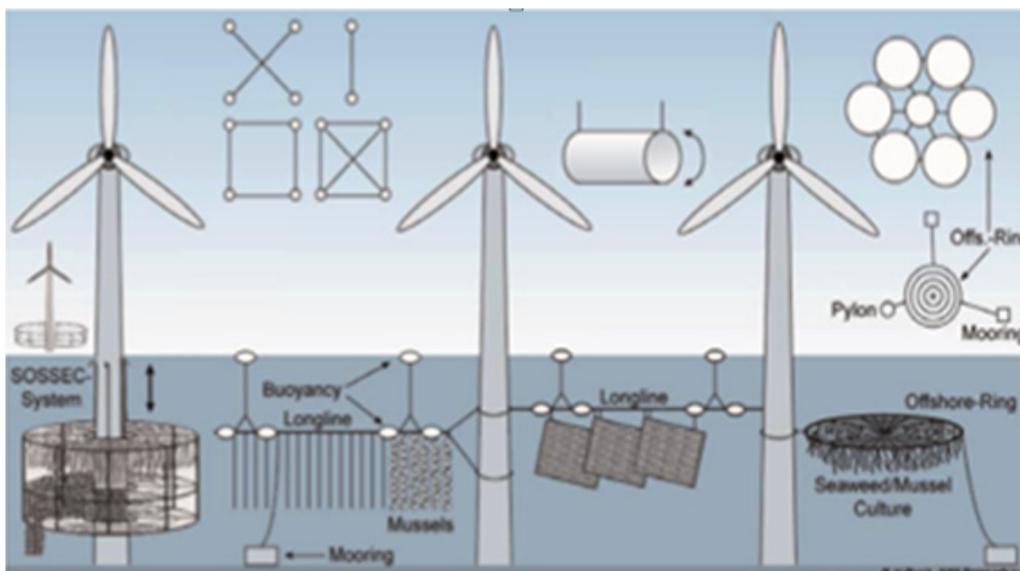


Figura 3. Cuadro donde se muestra un esquema de usos compartido de plantas eólicas y granjas marinas (Fuente: FAO, 2013).

#### **f) Fuentes alternativas de energía para uso de la actividad de la granja oceánica.**

La lejanía respecto a la línea de costa y de puertos base de apoyo a las operaciones, favorece la aplicación de fuentes alternativas de energía para el normal funcionamiento de las granjas oceánicas, como la fotovoltaica, eólica o mareomotriz.

### **4. ASPECTOS BIOLÓGICOS Y DE CULTIVO**

#### **4.1. Selección de especies en cultivos oceánicos.**

Para el cultivo de especies piscícolas en las granjas oceánicas, es obligado que su ciclo productivo permita llegar a tallas grandes (mayores a 1kg) de manera eficaz y rentable y que, a su vez, su precio de venta al consumidor se situé a en la parte media alta del mercado (>7 €/kg). Esto es como consecuencia de, al menos, tres aspectos básicos:

- I. Tallas grandes finales reducen el nº de alevines a sembrar en las jaulas, con el consiguiente ahorro del coste logístico.
- II. Este menor nº de peces desde inicio del cultivo permite también un mejor control de los stocks y su manejo.
- III. Tallas grandes finales, permite el procesado del pescado y la obtención de productos elaborados con mayor valor añadido y mayor capacidad de regulación en los mercados.

Actualmente el desarrollo de las granjas oceánicas se basa principalmente en especies como el salmón (*Salmo salar*) para aguas frías y la cobia (*Rachycentron canadum*) y la seriola (*Seriola spp*) en zonas cálidas. Esta selección de especies coincide lógicamente con las áreas de promoción del desarrollo de los cultivos oceánicos a nivel mundial, como son Noruega, México y EEUU, China y Japón.

En España las especies piscícolas marinas más idóneas para las granjas oceánicas, en base a su estado actual de cultivo y grado de conocimiento productivo son:

- Salmón (*Salmo salar*) Atlántico. Zona del Atlántico norte.



- Lubina (*Dycentrarchus labrax*): Atlántico sur y Mediterráneo.



- Corvina (*Argyrosomus regius*) : Mediterráneo.



- Seriola (*Seriola dumerili*): Mediterráneo y Atlántico Sur



No obstante, futuros desarrollos en genética y en la obtención de híbridos, o de maduración retardada, pueden abrir la puerta al cultivo oceánico de la dorada (*Sparus aurata*) en el Mediterráneo y Atlántico sur.

Como ya se ha comentado, también existe un desarrollo tecnológico de cultivo oceánico para los sistemas longline para moluscos y macroalgas. En España este cultivo se podría aplicar a especies como el mejillón (*Mytilus edulis*), tanto en áreas del Atlántico como del Mediterráneo. En este caso y de cara a la selección de emplazamientos habría que incluir los niveles de clorofila *a* como elemento clave para su selección.

Respecto a las macroalgas, existe poca tradición del cultivo de este grupo de especies en nuestro país. No obstante, técnicamente sería posible y habría que seleccionar las especies con un mayor valor en el mercado (p.ej. *Saccharina latissima*, *Porphyra sp*, *Himanthalia elongata*, *Codium tomentosum*, *Chondrus crispus*).

La aplicación de sistemas multitróficos integrados (IMTA) también es una posibilidad en los diseños de granjas oceánicas. Aunque el manejo combinado de varias especies puede complicar sin duda la operativa de las granjas.

Dada sus actuales características de cultivo, de momento se descarta el cultivo de crustáceos en las granjas oceánicas.

## 4.2. Manejo

Las operaciones productivas en las granjas oceánicas vienen condicionadas totalmente por las dos características señaladas al inicio de este apartado: la mayor distancia a puerto de los emplazamientos y los mayores volúmenes de producción por unidad de vivero y de granja, que en las granjas actuales. La distancia a puerto obliga al control remoto de la instalación, así como la máxima automatización posible en todas las operaciones productivas. Por ello es necesario simplificar y reducir al máximo estas operaciones (p.ej. cambio de redes, procedimientos de siembra y pesca, etc.). El uso de cámaras y de sensores que en todo momento nos indiquen el estado del medio acuático, así como el estado de las especies en cultivo es fundamental. La aplicación de protocolos de prevención y rigurosos procedimientos de trabajo se hace obligado. Asimismo, los grandes volúmenes de cultivo, con gran cantidad de peces, u otras especies en cultivo, refuerza esta rigurosa aplicación.

Los cultivos oceánicos se emplazan como ya hemos visto en zonas de mar abierto con amplia renovación del agua, lo cual garantiza la calidad del medio de cultivo y la estabilidad de la mayoría de parámetros físico químicos (temperatura, salinidad, etc.) lo cual favorece el bienestar general de los peces, disminuyendo los riesgos de posibles patologías (disminución de tratamientos sanitarios), y deberá redundar en la consecución de mejores resultados productivos en crecimiento y del factor de conversión del alimento.

Asimismo, las densidades de cultivo en granjas oceánicas deberían ser inferiores a las habituales en las granjas actuales, no superando de una manera general los 10 a 15 kg/m<sup>3</sup> finales. Estas densidades, más bajas, actuarán también como prevención frente a los riesgos sanitarios y, en definitiva, favorecerán el bienestar de las especies de cultivo y sus rendimientos productivos.

## 5. ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES

De momento hay muy pocos datos y se debe profundizar en todo lo relacionado con los sistemas de medidas del impacto de las granjas oceánicas. Los existentes se basan en extrapolaciones de los modelos y sistemas productivos acuícolas actuales.

De todas las características que definen una granja oceánica, las que más afectan al grado de impacto medioambiental que toda actividad acuícola genera son las siguientes:

- I. Las granjas oceánicas se sitúan en zonas alejadas de la costa y en áreas de mar abierto y profundidades superiores a 50 metros.
- II. Los emplazamientos oceánicos están expuestos y sometidos a condiciones atmosféricas y marinas adversas (p.ej. oleaje, corrientes).

## 5.1. Característica I. Emplazamiento lejano a la costa

Según estudios actuales, el impacto de los cultivos marinos oceánicos enmarcados en esta primera característica es menor respecto los cultivos tradicionales. Esto es consecuencia de las áreas marina abiertas donde se emplazan, ya que como consecuencia de ello existe una mayor dilución de la contaminación que la actividad acuícola genera en su día a día, especialmente desechos orgánicos e inorgánicos, como consecuencia de las heces de los peces y del pienso no consumido, que afectaría a los ecosistemas tanto pelágicos como bentónicos.

Por otra parte, la mejora en el bienestar de los peces por criarse en volúmenes más grandes y densidades más bajas, favorece mejores rendimientos en el uso del pienso y en consecuencia menos desechos. Y también el menor impacto de patologías reduce o anula los tratamientos con fármacos.

La combinación de cultivos multitróficos integrados (IMTA) puede ayudar a minimizar los impactos ambientales en las granjas oceánicas, en cuanto a mitigación de los desechos y mejora de la calidad del agua.

Incluir el menor número de desplazamiento generará menos volumen de ruidos y emisión de CO<sub>2</sub>. Debido a las mayores distancias, los barcos de apoyo deberán ser adquiridos o actualizados para poder dar más seguridad y autonomía. Se podrán incorporar barcos eléctricos o híbridos.

## 5.2. Característica II. Emplazamientos en zonas expuestas

Los escapes son tal vez el principal factor de riesgo medioambiental de las granjas oceánicas al estar emplazadas en zonas marinas expuestas y existir mayores posibilidades de rotura de instalaciones. Estos escapes y su interacción con las poblaciones naturales es un riesgo de impacto a considerar (p.ej. transmisión de enfermedades, contaminación genética, competencia por el espacio y el nivel trófico, con las especies nativas). Por ello, es preciso asegurar diseños, mantenimiento, manejo productivo y control de stocks apropiados y específicos para las granjas oceánicas, así como la aplicación estricta de procedimientos y buenas prácticas en la operativa.

Sin llegar a pérdidas en los stocks, las granjas oceánicas también pueden generar una interacción con las poblaciones salvajes de peces en sus desplazamientos y migraciones, provocando un efecto de agregación.

En general podemos concluir que el menor impacto originado por los cultivos oceánicos favorece la imagen de la acuicultura en la sociedad, reduciendo su vulnerabilidad. De todas formas, es preciso profundizar en las modelizaciones que ayuden a medir y cuantificar realmente el impacto ambiental de las granjas oceánicas y de sus riesgos de implantación frente a los ecosistemas pelágicos y bénticos marinos.

## 6. ASPECTOS NORMATIVOS

La principal problemática en cuanto a temas de regulación y legislación de la acuicultura oceánica es la falta actual de una normativa específica para la obtención de licencias de ocupación para su instalación. Como paso previo al avance de este tipo de acuicultura es fundamental que se establezca una regulación por parte de los gobiernos que permita la ocupación del espacio marítimo más allá de las áreas actuales de cultivo.

El hecho de que las granjas oceánicas puedan ubicarse a partir de las 12 millas de distancia de la costa, lo cual entraría en las denominadas Zonas Económicas Exclusivas obliga a establecer criterios y jurisdicción sobre su implantación a nivel estatal e interestatal, requiriendo a futuro un desarrollo de tratados internacionales que lo regulen.

En España, los permisos de ubicación y actividad de la acuicultura marina corresponden a las Comunidades Autónomas, previo permiso de la Dirección General de Costas (autorización de ocupación del dominio público). Esta autoridad se circunscribe siempre a lo que se denomina las aguas interiores, siendo responsabilidad del Estado las denominadas aguas territoriales. Por lo que en el caso del futuro desarrollo de la acuicultura oceánica que se ubica en las "aguas exteriores", será necesario una normativa que lo regule.

Actualmente, aunque escasos, ya existen tratados internacionales que pueden afectar al desarrollo de la acuicultura oceánica, como por ejemplo el OSPAR Convention for the Protection of the Marine Environment in the North-East Atlantic (1992), que recoge iniciativas para minimizar el impacto de la acuicultura marina.

## 7. ASPECTOS SOCIALES

Como el resto de la acuicultura marina, la implantación de granjas oceánicas en las regiones costeras crea riqueza y genera nuevos puestos de trabajo, como consecuencia de su actividad económica. Los puestos de trabajo pueden ser directos, e incluyen todos los relacionados con la gestión de las granjas (puestos altamente especializados) o con la comercialización del pescado, u otras especies cultivadas. Y también indirectos, a través de las actividades de servicios externos para esas granjas (p.ej. logística, materiales, insumos básicos...).

El mayor volumen productivo de estas granjas oceánicas origina en consecuencia un mayor nivel de empleo que las granjas tradicionales en sus áreas de implantación. Además, al no interferir con otras actividades del litoral cercano (p.ej. turismo, pesca artesanal) no limita su existencia ni desarrollo, ni la creación de empleo propia de estas actividades.

Como ya se ha indicado la acuicultura oceánica permite incrementar las zonas de cultivo actuales a nivel mundial en más de un 30%, lo que permitirá una mayor distribución de la riqueza generada por esta actividad a numerosas áreas costeras a nivel mundial. Por ejemplo, la Irish Sea Fisheries Board (2018) ha estimado que una granja oceánica de salmón puede generar 350 empleos directos + 150 indirectos.

## 8. ANALISIS DE LA IDONEIDAD ECONOMICA

En este apartado se comparan económicamente las granjas marinas actuales y las granjas oceánicas, sobre la base de dos líneas de análisis, la de la inversión (CAPEX) y la de costes productivos/operativos (OPEX). Apenas existen datos sobre coste reales, tanto de inversión como operativos, en los nuevos desarrollos oceánicos. Además, los ya existentes en las granjas actuales varían considerablemente entre el cultivo de unas especies u otras (p.ej. salmón, dorada, lubina y corvina), por lo que la comparación se realizará sobre costes relativos y su esperada evolución desde las granjas existentes a las oceánicas.

### 8.1. Comparación coste de inversión / CAPEX

La inversión total en una granja oceánica siempre será considerablemente mayor a la de una granja actual como consecuencia de los dimensionamientos del volumen productivo de estas últimas. Como ya se ha indicado, las granjas oceánicas se diseñan para producciones mínimas de 15.000 toneladas, lo que requiere altas inversiones.

Este mayor tamaño también se reflejará lógicamente en las dimensiones de todas las unidades de apoyo (p.ej. barcos), así como unas infraestructuras mayores en los puertos base, lo que permite concluir que la inversión total de una granja oceánica requerirá inversiones muy por encima de las actuales.

En cuanto al índice de la inversión necesaria por tonelada producida, las granjas oceánicas también tendrán un mayor coste por tonelada como consecuencia fundamentalmente de:

1. El diseño y construcción de la granja ya que debe soportar condiciones oceánicas más adversas y, en consecuencia, necesitará un refuerzo mayor en todos los elementos de seguridad y sujeción que la componen (mayor tamaño de anclas, anillos flotantes y entramado...).
2. Mayor complejidad en las estructuras de cultivo (Jaulas/ plataformas sumergibles).
3. La necesidad de un elevado grado de automatización y digitalización de las operaciones, que conllevará maquinaria suplementaria y más sofisticada.
4. Un mayor número de unidades complementarios auxiliares (barcaza de alimentación, barcos especializados en transporte de peces).



Figura 4. Ejemplos de unidades auxiliares en los cultivos oceánicos. (Fuente: SINTEF, 2014).

Algunos estudios preliminares indican que el coste de inversión extra para una granja oceánica de cultivo de peces puede situarse entre un 20 a un 35% sobre las granjas actuales. Lógicamente este mayor coste de inversión se verá reflejado en unos costes de amortización superiores.

## 8.2. Comparación costes de producción /OPEX

Los principales costes operativos (€/Kg) y su porcentaje (este puede variar en función de las especies cultivadas), sobre el total de una granja marina de viveros flotantes son los siguientes:

- Alimentación: +/- 35 a 40%
- Alevines: +/- 10 a 20%
- Personal de granja: +/- 5 a 10%
- Mantenimiento: +/- 3 a 5%
- Logística operacional granja: 3-5 %
- Control veterinario: 1%
- Amortización: +/- 3 a 5%
- Seguros: 1%

No se consideran los costes de elaboración y comercialización del pescado producido, así como los del personal de administración y gestión de la. empresas. (Procesado de pescado: 6-10%, Administración: 5-9% Otros). De este conjunto de costes, los que más peso tienen sobre el total son la alimentación, los alevines y el personal, que asciende al 60%. En una menor medida está el resto de costes como el mantenimiento y la logística que suman en torno al 15%.

COSTE	EVOLUCION HACIA OCEÁNICA	CAUSAS
Alimentación	POSITIVA. Disminución del coste	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Posible mejor rendimiento del pienso (mayor bienestar de los peces, menores densidades).</li> <li>○ Menor precio kg, por volumen de compra mayores (grandes producciones).</li> <li>○ Mayor supervivencia esperada.</li> </ul>
Alevines	POSITIVA. Disminución de coste.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Cultivo de talla grandes (menos unidades de alevín por kg)</li> <li>○ Mayor supervivencia esperada.</li> </ul>
Personal Granja	NEUTRA.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Favorece la automatización con disminución de personal directo de granja.</li> <li>○ Encarece la mayor especialización /mayor coste de los operarios.</li> </ul>
Mantenimiento	NEGATIVA. Mayor coste	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Granjas con mayor tecnología y automatización.</li> <li>○ Situadas en zonas expuestas.</li> </ul>
Logística granja	NEGATIVA. Mayor coste	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mayores distancias a puerto con la consecuente mayor demanda de energía.</li> <li>*Se considera según los estudios existentes sobre potencial económico en cultivos oceánicos de salmón que 25 millas náuticas (46,3 km) es la distancia máxima de cost effective (Jin 2008)</li> </ul>
Control veterinario	POSITIVA. Menor coste	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Menor empleo de tratamientos por mayor bienestar de los peces. (mayores volúmenes por vivero, menores densidades y buena calidad agua marina).</li> </ul>
Seguros	NEGATIVA. Mayor coste	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Incremento del coste de pólizas y mayor exigencia de controles por mayor riesgo de las granjas (mayor exposición).</li> </ul>
Otros	NEUTRA.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ El coste energético para mantenimiento de las unidades auxiliares y automatización debería ser mayor, aunque se pueden apoyar en energías renovables propias de las granjas (solar...).</li> </ul>

Tabla 2. Comparación entre las granjas actuales y las granjas oceánicas.

En cuanto al grado de rotación de los stocks (tiempo del ciclo productivo), la acuicultura oceánica debería presentar una mayor rotación, como consecuencia de un mejor crecimiento de los peces (mayor bienestar animal, y el cultivo de especies con elevado crecimiento como la *Seriola*, corvina). Lo cual incide directamente en rebajar los costes fijos por kg producido (p.ej. amortización, personal, alquileres).

En resumen, la acuicultura oceánica requiere mayor capital de inversión y de circulante lo que implica una fuente financiera sólida y estable para su desarrollo. El volumen de escala y las mayores producciones por granja podrán amortizar a futuro el elevado capital necesario para la inversión y podrá reducir los costes operativos. También el desarrollo tecnológico y de innovación incidirá en el descenso de costes operativos y de inversión. Y acercará los costes de las granjas oceánicas a los costes de las tradicionales.

Además, y como consecuencia de estos mayores costos de inversión y operativos, la acuicultura oceánica debe plantearse desde su inicio para especies o productos derivados de estas, con un alto valor en los mercados y como y es obligado la adecuación previa de las producciones a los mercados objetivo de manera que se garantice el mantenimiento sostenido de los precios de venta.

A continuación, se muestra un diagrama sobre el posicionamiento de los diferentes tipos de producciones acuícolas en cuanto a sistemas y especies frente a los niveles de Riesgo operativo e Intensidad del capital necesario para su desarrollo (The Nature Conservancy, 2019). En dicho diagrama se ve claramente que la acuicultura oceánica presenta actualmente los mayores niveles de riesgo y de necesidad de inversión.

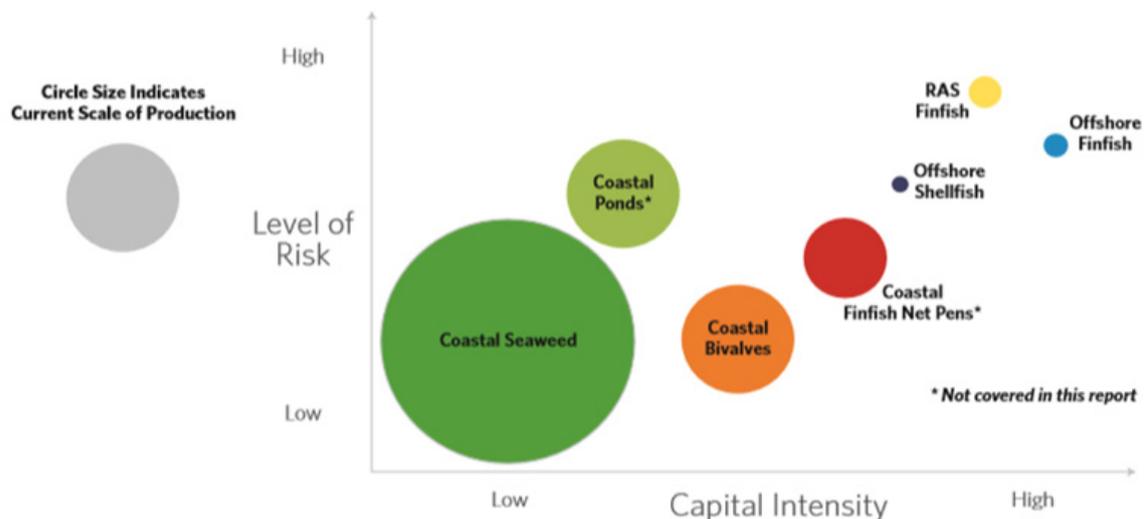


Figura 5. Posicionamiento de los diferentes tipos de producciones acuícolas en cuanto a sistemas y especies frente a los niveles de Riesgo operativo e Intensidad (Fuente: The Nature Conservancy, 2019).

## **9. LA ACUICULTURA OCEÁNICA Y OTRAS ACTIVIDADES MARINAS: CRECIMIENTO AZUL. ORDENACIÓN DEL ESPACIO MARÍTIMO**

La planificación espacial es fundamental para el desarrollo de la acuicultura oceánica y debe ser considerada como un elemento clave en dicha planificación, tanto a nivel regional, como nacional, e internacional. De esta manera, se reducen posibles conflictos de uso del medio marino, lo cual favorece a los operadores y se eliminan riesgos políticos, generando grandes extensiones para la acuicultura necesaria en el desarrollo oceánico.

El Crecimiento Azul es una estrategia a largo plazo cuyo principal objetivo es apoyar un crecimiento sostenible en el conjunto de los sectores marino y marítimo. Esta estrategia incide sobre todos aquellos aspectos que son capaces de generar una actividad económica y social sostenible y vigorosa en el entorno marítimo costero. Esta estrategia supone un importante esfuerzo de integración de actividades, hasta el momento dispersas, con el fin de lograr, al reunir las bajo un mismo concepto, una mejor comprensión del impacto que, sobre un espacio marino determinado, pueden producir al confluír en el mismo. Esta estrategia parte del refuerzo y relanzamiento de los sectores tradicionales, entre los que está incluida la acuicultura y muy especialmente la oceánica, buscando nuevas iniciativas que puedan impulsar todo el conjunto de la economía marina de manera que se potencie un crecimiento innovador y sostenible en el tiempo.

Dentro del crecimiento azul, quedan englobadas todas las actividades económicas que tienen lugar en el entorno marino o que utilizan los recursos del mar, bien directamente mediante su extracción (minería, pesca, etc), o indirectamente como prestaciones de servicios (turismo...). Las actividades consideradas dentro del entorno del Crecimiento azul y señaladas directamente por la UE, con potencial de crecimiento económico son:

- Acuicultura y Pesca
- Biotecnología Azul
- Explotación de recursos minerales
- Transporte marítimo y actividad portuaria
- Turismo
- Energías renovables

La estrategia de Crecimiento Azul pone en valor la acuicultura como una fuente de empleo sostenible a través del desarrollo de la I+D+i. Como ya se ha indicado, la actividad acuícola oceánica, presenta una serie de sinergias positivas con algunas áreas estratégicas del crecimiento azul, especialmente con las áreas de biotecnología y energías renovables que pueden potenciar su crecimiento. La utilización compartida del espacio marítimo puede aportar sinergias positivas con otras actividades en términos logísticos, uso común de infraestructuras, equipos remotos comunes, operaciones de mantenimiento comunes, uso común de barcos y personal, balizamiento y entramados y anclajes.

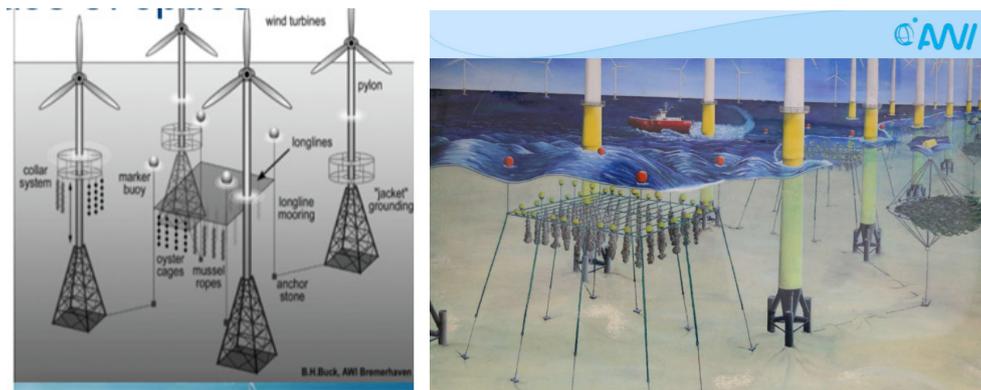


Figura 6. Ejemplo de uso compartido del espacio por granjas de acuicultura y parques eólicos ( fuente SINTEF, 2014).

## 10. REQUISITOS Y TIEMPOS PARA LA IMPLANTACION DE LA ACUICULTURA OCEÁNICA EN ESPAÑA (RIESGO TECNOLÓGICO)

Ante los desafíos de la acuicultura actual y la problemática que esta tiene para su expansión como consecuencia de la competencia por el uso de espacios marítimos costeros, la acuicultura oceánica se erige como una alternativa productiva que no limita el desarrollo acuícola marino para el futuro. No obstante, hay todavía una falta de conocimiento e información sobre el potencial real de acuicultura oceánica para contribuir al incremento de la demanda de alimentos que el fuerte crecimiento de la población mundial va a generar en las próximas décadas.

En la actualidad existen muy pocas experiencias de producción acuícola oceánica, lo que de momento impide tener datos extrapolables. La dificultad de prever como debe ser la transición de las granjas actuales a las granjas oceánicas, limita una transición a corto plazo. A corto y medio plazo será necesario ir adaptando y desarrollando tecnologías que permitan la instalación de estas nuevas granjas, al tiempo que se estudiarán sus posibles impactos ambientales. A medida que se pongan en práctica las primeras experiencias se afianzarán sus modelos productivos y se confirmará su rentabilidad.

Asimismo, la ausencia de una legislación específica que regule la implantación de esta actividad, limita su viabilidad.

La alta necesidad de capex, los riesgos que implica, y el desarrollo de nuevas especies y mercados, condiciona los tiempos de su desarrollo.

La implicación de grandes empresas salmoneras de noruega está acelerando la implantación de este nuevo modelo productivo y la tecnología que estas granjas conllevan. Noruega y China son los países con mayor desarrollo en la acuicultura oceánica (de 1,5 a 2 billones de dólares invertidos en los últimos 4 años). A menor escala existen también experiencias en países como México, Panamá y Sureste asiático y se espera que otros países vayan incorporándose en los próximos años.

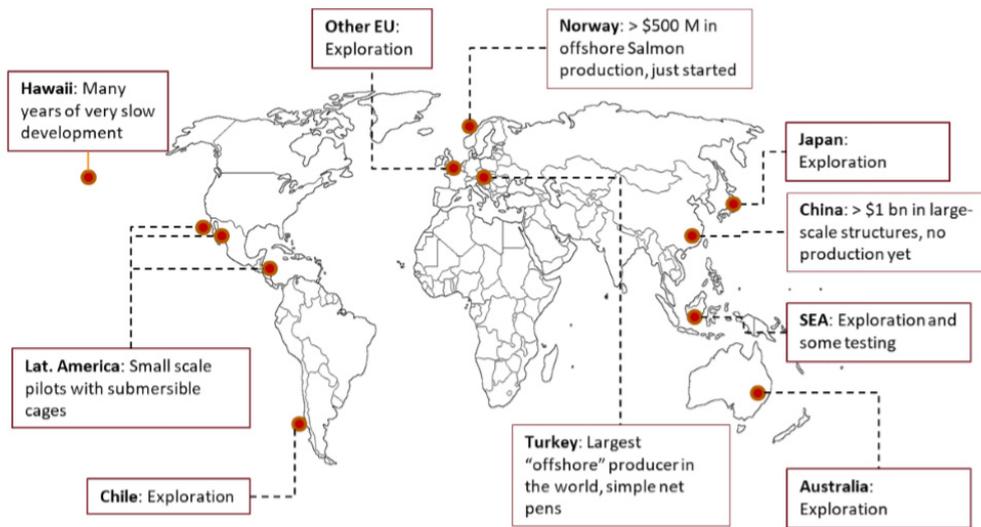


Figure 3: Geographic extent of offshore finfish aquaculture (not comprehensive). "Exploration" refers to current private sector and/or public sector scoping of offshore developments.

Figura 7. Mapa de países con proyectos en acuicultura oceánica (Fuente: CALIFORNIAN ENVIRONMENTAL ASSOCIATES, 2018).

La implantación en un futuro cercano de la acuicultura oceánica en España se debe basar en, al menos, estos puntos:

- Existencia de normativa sobre la ocupación del espacio libre marítimo, que regule la obtención de licencias oceánica. Para ello, es obligado la implicación de las administraciones públicas, apoyando su desarrollo. Con estas Administraciones (Central y Autonómicas) se deben establecer reuniones que clarifiquen la normativa relacionada con estas licencias.
- Desarrollo y aplicación de la tecnología apropiada y ya experimentada en los cultivos oceánicos de salmón u otras especies. Este desarrollo probablemente debería converger en dos o tres modelos estándares de jaulas y sistemas de cultivo. Para avanzar en esta línea se deberá trabajar en la puesta en marcha de proyectos pilotos de granjas oceánicas donde se pueda adaptar y testar los nuevos prototipos de granjas y toda la tecnología adicional que estas conllevan.
- Mayor experiencia en las operaciones productivas y de mantenimiento. Será conveniente la realización de manuales de producción y de buenas prácticas que engloben todos los desafíos productivos y de sostenibilidad ambiental relacionados con las granjas oceánicas. Especialmente en cuanto al máximo control en la seguridad de los stocks y posibles escapes.
- Asimismo, es necesario avanzar en la implantación de sistemas de control productivo en remoto y acuicultura 4.0.

- Es fundamental también la especialización de todos los profesionales frente a este nuevo reto, para lo cual es necesario la realización de seminarios y cursos formativos en todas las áreas que abarca la gestión y producción acuícola oceánica.
- Será necesario la selección previa de especies adecuadas comercialmente a través de estudios de mercado orientados a asegurar un correcto posicionamiento de los pescados y productos obtenidos en los cultivos oceánicos.
- Podemos asegurar que todavía no existe un mercado (nacional, ni europeo) capaz de absorber los mayores volúmenes de "nuevas especies" (corvina, seriola...) previstos en las granjas oceánicas, por lo que es obligado un trabajo previo de estudio y desarrollo de mercados.
- La sinergia con otras actividades y usos del espacio marítimo, en aplicación de la política de Crecimiento Azul facilitará sin duda la puesta en marcha de proyectos de acuicultura oceánica.
- Y por último se deberán realizar campañas de comunicación a la sociedad sobre los beneficios que esta nueva modalidad de acuicultura aporta a la población.

En resumen, para la puesta en marcha de las granjas oceánicas, tiene que haber una evolución técnico productiva que justifique los mayores niveles de riesgo e inversión. La combinación de inversión privada, a largo plazo, con la incorporación de grandes empresas acuícolas internacionales puede acelerar el proceso de implantación. Así como una implicación de las Administraciones que agilicen la normativa para la consecución de licencias y un trabajo conjunto en innovación de todos los actores implicados en el sector acuícola, con la creación de clusters que favorezcan la innovación y el intercambio de experiencias. Serán necesarias fuertes medidas y políticas nacionales e internacionales para apoyar esta nueva industria, así como incentivos financieros. Por último, entendemos que las fuertes inversiones que se están ejecutando a nivel mundial en el desarrollo de la acuicultura oceánica, comenzarán a dar sus resultados probablemente en los próximos 10 años.

## 11. REFERENCIAS

APROMAR, 2019. La Acuicultura en España.

AWI bela H Buck 2017. Aquaculture in offshore Winds farms. Multiuse Concepts to reduce Spatial Conflicts in the Marine Realm.

EUMOFA. 2018. Blue Economy. Situation report and perspective.

European Commsission. 2020. DG Mare. Impact Assessment on Marine Knowledge.

FAO. 2010. Technical Workshop Expanding mariculture farther oceanica. 22-25 mayo Orbetello Italia.

FAO. 2013. A Global assessment of oceanica mariculture potential from a spatial perspective.

FAO. 2018. The State of the World Fisheries and Aquaculture.

The David & Lucile PACKARD FOUNDATION. 2018. Oceánica Finfish Aquaculture. Californian Environmental Associates (CEA). Global Review and US Prospects.

SINTEF 2018 The view of the oceánica aquaculture sector. Dr Arne Fredheim

The Nature Conservancy. 2019. Towards a Blue Revolution: ENCOURAGE CAPITAL.