

JACUMAR

JUNTA NACIONAL ASESORA DE CULTIVOS MARINOS

PLANES NACIONALES DE CULTIVOS MARINOS

INFORME FINAL

Título: Mejora de las Condiciones Técnicas de las Jaulas de Cultivo en España.

1.- DATOS ADMINISTRATIVOS

TITULO: Mejora de las condiciones técnicas de las jaulas de cultivo en España.

FECHAS DE REALIZACIÓN

- Inicio: 2004
- Finalización: 2007

PRESUPUESTO TOTAL EN EUROS:

605.172 € (seiscientos cinco mil ciento setenta y dos euros)

DATOS DEL COORDINADOR DEL PROYECTO

Nombre y Apellidos: Rosa M^a Villarias Molina

Organismo/ Centro: Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.

Centro: Dirección General de Pesca y Acuicultura. Consejería de Agricultura y Pesca.

Departamento: Servicio de Estructuras Pesqueras y Acuícolas.

Teléfono: 955 032 131

Fax: 955 032 507

Correo electrónico: rosam.villarías@juntadeandalucia.es

Dirección postal completa: Consejería de Agricultura y Pesca. Dirección General de Pesca y Acuicultura. C/ Tabladilla s/n. 41071. Sevilla.

PARTICIPANTES COMUNIDAD AUTÓNOMA ANDALUCÍA.

RESPONSABLE DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA.

Nombre y Apellidos: Rosa M^a Villarias Molina

Organismo/ Centro: Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.

Centro: Dirección General de Pesca y Acuicultura. Consejería de Agricultura y Pesca.

Departamento: Servicio de Estructuras Pesqueras y Acuícolas.

Teléfono: 955 032 131

Fax: 955 032 507

Correo electrónico: rosam.villarias@juntadeandalucia.es

Dirección postal completa: Consejería de Agricultura y Pesca. Dirección General de Pesca y Acuicultura. C/ Tabladilla s/n. 41071. Sevilla.

DATOS DE LOS INVESTIGADORES

Apellidos: Macías Rivero

Nombre: José Carlos

Organismo: Empresa Pública de Desarrollo Agrario y Pesquero.

Departamento: Subdirección Investigación y Servicios Pesqueras. Área de Estructuras Pesqueras y Acuícolas.

Teléfono: 670 944 070

Fax.: 955059603

Correo electrónico: jcmacias@dap.es

Dirección Postal: Avda. Reino Unido, Edif. ADYTEC. 4ª planta. 41012 Sevilla.

Apellidos: Martín Arjona

Nombre: Alejandro

Organismo: Empresa Pública de Desarrollo Agrario y Pesquero.

Departamento: Subdirección Investigación y Servicios Pesqueras. Área de Estructuras Pesqueras y Acuícolas.

Teléfono: 956 003617

Fax.: 956 003 600

Correo electrónico: amarjona@dap.es

Dirección Postal: Edif.. Nuevo Estadio Ramón de Carranza. Plaza Madrid s/n. Fondo Sur. Planta 1ª. Local 11. 11009. Cádiz.

Apellidos: Aguirre Urigoitia

Nombre: Enaitz.

Organismo: Empresa Pública de Desarrollo Agrario y Pesquero.

Departamento: Subdirección Investigación y Servicios Pesqueras. Área de Estructuras Pesqueras y Acuícolas.

Teléfono: 956 003 620

Fax.: 956 003 600

Correo electrónico: eaguirre@dap.es

Dirección Postal: Edif.. Nuevo Estadio Ramón de Carranza. Plaza Madrid s/n. Fondo Sur. Planta 1ª. Local 11. 11009. Cádiz.

Apellidos: Andrés Castro

Nombre: Jaime.

Organismo: Empresa Pública de Desarrollo Agrario y Pesquero.

Departamento: Subdirección Investigación y Servicios Pesqueras. Área de Estructuras Pesqueras y Acuícolas.

Teléfono: 956 003 616

Fax.: 956 003 600

Correo electrónico: jandres@dap.es

Dirección Postal: Edif.. Nuevo Estadio Ramón de Carranza. Plaza Madrid s/n. Fondo Sur. Planta 1ª. Local 11. 11009. Cádiz.

PARTICIPANTES CANARIAS.

RESPONSABLE DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA.

Nombre y Apellidos: Mª Nieves González Henríquez.

Organismo/ Centro: Dirección General de Universidades e Investigación.

Centro: Instituto Canario de Ciencias Marinas.

Departamento: Medio Litoral.

Teléfono: 928 132 908, extensión 211.

Fax: 928 132 908.

Correo electrónico: ngonzalez@iccm.rcanaria.es

Dirección postal completa: Apdo. 56 35200 Telde Gran Canaria

DATOS DE LOS INVESTIGADORES

Apellidos: González Henríquez.

Nombre: Mª Nieves

Organismo: Dirección General de Universidades e Investigación. Instituto Canario de Ciencias Marinas.

Departamento: Medio Litoral.

Teléfono: 928 132 908, extensión 211.

Fax.: 928 132 908.

Correo electrónico: ngonzalez@iccm.rcanaria.es

Dirección Postal: Apdo. 56 35200 Telde. Gran Canaria.

PARTICIPANTES CATALUÑA

RESPONSABLE DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA.

Nombre y Apellidos: Ramón Jordana i de Simon

Organismo/ Centro: Generalitat de Catalunya.

Centro: Direcció General de Pesca i Afers Marítims

Departamento: Departament Agricultura, Ramaderia y Pesca.

Teléfono: 93 304 67 00.

Fax: 93 304 67 05.

Correo electrónico: arjorsi@gencat.net

Dirección postal completa: Gran Vía de les Corts Catalanes 612-614. 08007, Barcelona.

DATOS DE LOS INVESTIGADORES

Apellidos: Sánchez-Arcilla Conejo

Nombre: Agustín

Organismo: Centro Internacional de Recursos Costeros (CIIRC)

Teléfono: 93 2806400

Fax.: 932806019

Correo electrónico: ciirc@upc.es

Dirección Postal: c/ Jordi Girona 1-3. Campus Nord-UPC. Mòdul D-1, 08034. Barcelona.

Apellidos: Sierra Pedrico

Nombre: Jon Pau.

Organismo: Centro Internacional de Recursos Costeros (CIIRC)

Teléfono: 93 2806400

Fax.: 932806019

Correo electrónico: ciirc@upc.es

Dirección Postal: c/ Jordi Girona 1-3. Campus Nord-UPC. Mòdul D-1, 08034. Barcelona.

Apellidos: Gironella i Cobos

Nombre: Xavier.

Organismo: Centro Internacional de Recursos Costeros (CIIRC)

Teléfono: 93 2806400

Fax.: 932806019

Correo electrónico: ciirc@upc.es

Dirección Postal: c/ Jordi Girona 1-3. Campus Nord-UPC. Mòdul D-1, 08034. Barcelona.

Apellidos: Sospedra

Nombre: Joaquín.

Organismo: Centro Internacional de Recursos Costeros (CIIRC)

Teléfono: 93 2806400

Fax.: 932806019

Correo electrónico: ciirc@upc.es

Dirección Postal: c/ Jordi Girona 1-3. Campus Nord-UPC. Mòdul D-1, 08034. Barcelona.

PARTICIPANTES GALICIA

RESPONSABLE DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA.

Nombre y Apellidos: José Luis Rodríguez Villanueva.

Organismo/ Centro: Consellería de Pesca y Asuntos Marítimos.

Centro: Instituto Galego de Formación en Acuicultura (IGAFa).

Departamento: Cultivos marinos.

Teléfono: 986 527 101

Fax: 986 527 161.

Correo electrónico: xose.luis.rodriguezvillanueva@xunta.es

Dirección postal completa: Niño do Corvo s/n. 36626 Illa de Arousa (Pontevedra).

DATOS DE LOS INVESTIGADORES

Apellidos: Rodríguez Villanueva

Nombre: José Luís

Organismo: Consellería de Pesca y Asuntos Marítimos.

Centro: Instituto Galego de Formación en Acuicultura (IGAFa).

Departamento: Cultivos Marinos.

Teléfono: 986 527 101

Fax.: 986 527 161

Correo electrónico: xose.luis.rodriguezvillanueva@xunta.es

Dirección Postal: Niño do Corvo s/n. 36626. Illa de Arousa (Pontevedra).

Apellidos: Fernández Souto

Nombre: Bernardo.

Organismo: Consellería de Pesca y Asuntos Marítimos.

Centro: Instituto Galego de Formación en Acuicultura (IGAFa).

Departamento: Cultivos Marinos.

Teléfono: 986 527 101

Fax.: 986 527 161

Correo electrónico:

Dirección Postal: Niño do Corvo s/n. 36626. Illa de Arousa (Pontevedra).

Apellidos: Figueiro Casas

Nombre: Ricardo

Organismo: Consellería de Pesca y Asuntos Marítimos.

Centro: Instituto Galego de Formación en Acuicultura (IGAFa).

Departamento: Cultivos Marinos.

Teléfono: 986 527 101

Fax.: 986 527 161

Correo electrónico:

Dirección Postal: Niño do Corvo s/n. 36626. Illa de Arousa (Pontevedra).

PARTICIPANTES MURCIA

RESPONSABLE DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA.

Nombre y Apellidos: Felipe Aguado Giménez.

Organismo/ Centro: Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente.

Centro: Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA)

Departamento: Ganadería y Acuicultura.

Teléfono: 968 184518 Ext. 21

Fax: 968 184518

Correo electrónico: felipe.aguado@carm.es

Dirección postal completa: Las Salinas 7. Apdo. 65. San Pedro del Pinatar, 30740, Murcia.

DATOS DE LOS INVESTIGADORES

Apellidos: Aguado Jiménez

Nombre: Felipe

Organismo: Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente.

Centro: Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA).

Departamento: Ganadería y Acuicultura.

Teléfono: 968 184518 Ext. 21

Fax.: 968 184518

Correo electrónico: felipe.aguado@carm.es

Dirección Postal: Las Salinas 7. Apdo. 65. San Pedro del Pinatar, 30740, Murcia.

Apellidos: García García

Nombre: Benjamín.

Organismo: Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente.

Centro: Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA).

Departamento: Ganadería y Acuicultura.

Teléfono: 968 184518 Ext. 21

Fax.: 968 184518

Correo electrónico:

Dirección Postal: Las Salinas 7. Apdo. 65. San Pedro del Pinatar, 30740, Murcia.

2.- RESULTADOS TECNICOS DEL PLAN NACIONAL

2.1. OBJETIVOS INICIALES

El Plan Nacional JACUMAR “Mejora técnica de Jaulas de cultivo en mar abierto” se desarrolla con la finalidad de conocer el estado de desarrollo de las tecnologías existentes en el mercado, propuestas algunas de ellas en el borrador del Libro Blanco de la Acuicultura (MAPA, 1999), destinadas a hacer de esta actividad un negocio más seguro, así como de recavar información sobre los accidentes más graves acontecidos en el seno de la acuicultura en mar abierto, investigando sus causas y efectos. Concretamente, parte con un objetivo general y cinco específicos claramente definidos:

Objetivo general:

“Mejorar las condiciones técnicas de las jaulas de Cultivos Marinos en España”.

Objetivos específicos:

- 1.- Determinación de los motivos de los accidentes ocurridos en las jaulas. Elaboración de un protocolo para evitar accidentes.
- 2.- Caracterización técnica de los distintos tipos de redes para cultivos marinos en jaulas.
- 3.- Adecuación de técnicas de estimación de biomasa de peces, aplicado a los cultivos en jaulas.
- 4.- Determinación de la resistencia a las condiciones oceánicas de las unidades estructurales de cultivos en el mar.
- 5.- Transferencia al sector, mediante divulgación de los resultados obtenidos.

2.2. OBJETIVOS REALIZADOS

Los objetivos específicos planteados en el Plan Nacional JACUMAR “Mejora técnica de Jaulas de cultivo en mar abierto”, han alcanzado un alto grado de cumplimiento. Concretamente:

1. Objetivo específico 1: Determinación de los motivos de los accidentes ocurridos en las jaulas. Elaboración de un protocolo para evitar accidentes.

Se ha desarrollado una caracterización de la acuicultura en mar abierto de las distintas Comunidades Autónomas participantes en el programa de encuestas. Esto ha permitido no solo conocer cuales son las principales causas o motivos que dan lugar a los accidentes ocurridos en los últimos años, según las premisas del objetivo específico inicial, sino también conocer las diferentes formas de gestión de las instalaciones, a nivel de producción, recursos humanos, materiales empleados, etc. Con todo ello, a partir de la experiencia del personal entrevistado y siempre teniendo en cuenta las grandes diferencias existentes entre las instalaciones, se ha elaborado una serie de recomendaciones (protocolo), destinadas a minimizar el riesgo a sufrir accidentes.

2. Objetivo específico 2: Caracterización técnica de los distintos tipos de redes para cultivos marinos en jaulas.

Este objetivo, ha sido cumplido en su práctica totalidad, ya que se han caracterizado y cuantificado las pérdidas sufridas en las propiedades mecánicas los principales modelos comerciales de red disponibles actualmente en el mercado mediante el desarrollo de ensayos mecánicos de tracción a mallas sometidas a la acción continuada del agua marina, la fijación de fouling y la incidencia de luz U.V.

3. Objetivo específico 3: Adecuación de técnicas de estimación de biomasa de peces, aplicado a los cultivos en jaulas.

Este objetivo específico se ha alcanzado mediante la comprobación la adecuación y fiabilidad de técnicas de estimación de biomasa de peces, concretamente el Sistema de visión estereográfica VICASS de la empresa noruega Akva, en especies como dorada, besugo, sargo picudo y atún rojo. Además se han obtenido algoritmos para la utilización del VICASS con corvina, urta y bocinegro, en los que actualmente se sigue trabajando para mejorar la exactitud de la estimación.

4. Objetivo específico 4: Determinación de la resistencia a las condiciones oceánicas de las unidades estructurales de cultivos en el mar.

La dificultad de mantener las relaciones a escala en todos los elementos que conforman una jaula de cultivo, ha imposibilitado la realización de experimentos en canal de oleaje con maquetas completas de estas unidades estructurales, reduciendo de esta forma el grado de desarrollo de los objetivos previstos.

Sí que se ha alcanzado un grado de conocimiento importante de la resistencia a las condiciones oceánicas (efecto barrera sobre las olas incidentes) de distintos paños de red, lo que ha permitido determinar cuales son a priori las combinaciones mas adecuadas en función de las características de la zona.

5. Transferencia al sector, mediante divulgación de los resultados obtenidos.

Las Comunidades participantes han presentado durante el periodo de actuación del Plan diversas comunicaciones, tanto de resultados parciales como finales, a diferentes Jornadas y Congresos regionales y nacionales. Tales como las Jornadas de difusión del Proyecto de cultivo acuícola en mar abierto en Andalucía o los Congresos Nacionales de acuicultura de Gandia y Vigo en 2005 y 2007 respectivamente.

2.3. METODOLOGÍA

El Plan Nacional JACUMAR “Mejora técnica de Jaulas de cultivo en mar abierto” se fundamenta en el desarrollo de cuatro actuaciones principales desarrolladas según los objetivos específicos descritos.

- ❑ Actuación 1: Accidentes ocurridos en las jaulas de cultivo. Protocolo para minimizar el riesgo ante accidentes.
- ❑ Actuación 2: Caracterización técnica de los distintos tipos de redes para cultivos marinos en jaulas.

- **Actuación 3:** Adecuación de técnicas de estimación de biomasa de peces aplicado a los cultivos en jaulas.
- **Actuación 4:** Determinación de la resistencia a las condiciones oceánicas de las unidades estructurales de cultivo en el mar en canales de prueba (Ensayos de redes para jaulas de peces en el canal del CIEM del LIM/UPC).

A continuación se describe la metodología seguida en cada una de éstas actuaciones específicas:

2.3.1. ACTUACIÓN 1: ACCIDENTES OCURRIDOS EN LAS JAULAS DE CULTIVO. PROTOCOLO PARA MINIMIZAR EL RIESGO ANTE ACCIDENTES

El desarrollo del cultivo de peces en jaulas en España, tiene asociado una serie de factores de riesgos ocasionados principalmente por accidentes donde se dañan las estructuras de cultivo o se pierden peces. Esto, hace patente la necesidad de optimización de tecnologías, que permitan impulsar el desarrollo futuro de los cultivos marinos y el avance de la acuicultura. Con el desarrollo de esta actuación, se persigue reducir estas mermas y gestionar el riesgo mediante un conocimiento técnico que evite las pérdidas o por lo menos minimice parte de ellas. Para ello se hace necesario la recopilación, manejo y procesado de información al respecto.

La recopilación de la información necesaria para el desarrollo de esta actuación, se ha realizado mediante un programa de encuestas dirigidas a los productores. Estas encuestas, fueron cumplimentadas en el transcurso de una serie de visitas, en la mayoría de los casos, que realizaron técnicos pertenecientes a los grupos de trabajo de cada Comunidad Autónoma, lo que ha elevado de forma muy notoria el nivel de respuesta.

La información recavada de estas encuestas, incluye datos básicos administrativos y de producción con otros específicos y más detallados referente a los materiales y tecnologías empleados, a los que se añade una valoración de los riesgos a que están expuestas las instalaciones según el criterio de sus gestores y un historial de los accidentes sufridos en los últimos tres años en cada Comunidad Autónoma participante en el Plan.

En general, el nivel de participación del sector en esta actuación, ha sido elevado, lo que ha permitido manejar una información veraz y fiable que posteriormente ha sido tratada en una base de datos (Andalucía) y recopilada en forma de fichas (todas las C.A.).

2.3.2. ACTUACIÓN 2: CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DE LOS DISTINTOS TIPOS DE REDES PARA CULTIVOS MARINOS EN JAULAS

Con esta actuación, se persigue poder comparar la vida operativa de los diversos materiales de redes existentes en el mercado, pudiendo orientar a las empresas propietarias de instalaciones de cultivo en la elección de dichos materiales. La utilidad y relevancia de este proyecto para los sectores socioeconómicos es clara: podrán elegir y comprar el material que presente la mejor relación calidad-precio para sus jaulas, lo que implica un aumento de la rentabilidad de sus instalaciones.

Para ello, se han estudiado 5 tipos diferentes de redes suministradas por varios fabricantes distintos: tres de ellas son normalmente utilizadas por las empresas de cultivo en jaulas en España, según las encuestas realizadas en la Actuación 1, y las otras dos son materiales alternativos que presentan posibles ventajas respecto a los actuales:

FABRICANTE	MATERIAL	GEOMETRÍA	NET N°	LUZ (1)	TRATAMIENTO
CORELSA	nylon	cuadrada	210/60	12	Sin tratamiento
CORELSA	nylon	hexagonal	210/60	24	Sin tratamiento
MORENOT	plexus	cuadrada	210/42	25.5	Antifouling NP24
MORENOT	nylon	cuadrada	210/90	25.5	Sin tratamiento
NET SYSTEM	dyneema	hexagonal	42mm 8ply*	42	Sin tratamiento

Tabla 1. Especificaciones técnicas de las redes ensayada. **Fuente:** Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero.

* Especificaciones técnicas fabricante Net System

Tras la selección de las marcas y modelos de redes a comparar, se diseñó un sistema que permita la exposición de las mismas a las condiciones oceánicas. Éste consistió en la fabricación de una línea o set conteniendo a los cinco modelos de red seleccionados, cosidos entre ellos y a unas relingas que facilitan su amarre.

Estos sistemas se colocaron en 6 puntos estratégicos y significativos a lo largo de la costa española (Galicia: Rías altas y bajas, Canarias: Gran Canaria y Tenerife, Cataluña y Andalucía) durante un periodo de un año, extrayendo muestras de las mismas para su análisis en laboratorio cada dos meses. Asimismo, y para contemplar la abrasión producida por los procesos de lavado de redes, se realizaron en una de las zonas seleccionadas, las citadas pruebas con el número doble muestras con el fin de poder someter algunas de ellas a un proceso de lavado en máquina comercial.

Una vez retirados los set de redes del agua, se remitieron al laboratorio de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales de Madrid (ETSIN) para su análisis. Los ensayos mecánicos realizados estaban dirigidos a identificar los siguientes parámetros: Carga de rotura, Límite elástico y Alargamiento.

Tras la recepción del primer informe parcial entregado por la ETSIN a principio de diciembre de 2006, se observaron algunos comportamientos no esperados en la evolución ciertos modelos de red y que no pudieron ser contrastados con estudios previos dado el carácter novedoso de este experimento, por lo que, tras acordar con el resto de Comunidades Autónomas participantes en el plan, se decidió a principios de enero de 2007 enviar parte de los set de redes que aun quedaban fondeados a otro laboratorio para su ensayo paralelo, con el fin de disponer de datos sobre la carga de rotura, que sirvieran de contraste, de parte de las muestras.

El laboratorio elegido fue "TITANIA, Ensayos y Proyectos Industriales S.L." perteneciente a la Universidad de Cádiz, que dispone de la maquinaria apropiada para la realización de este tipo de ensayos. Se realizó un estudio detallado tanto de la carga de rotura que presentaban las muestras, como del alargamiento que sufrían antes de romperse.

2.3.3. ACTUACIÓN 3: ADECUACIÓN DE TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN DE BIOMASA DE PECES APLICADO A LOS CULTIVOS EN JAULAS

La aplicación de técnicas de estimación de biomasa en los cultivos marinos realizados en jaulas, pueden mejorar aspectos como la minimización del estrés sufrido por los peces durante los muestreos, así como el personal necesario para su desarrollo periódico entre otros.

Entre los aparatos existentes en el mercado, se ha seleccionado para la realización de esta actuación, el estimador de biomasa AkvaSensor Vicass, ya que sus prestaciones son las más cercanas a las necesidades requeridas por el sector. Asimismo, a lo largo del subproyecto de Andalucía se planteó la adquisición del equipo diseñado por el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Escuela Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla, el SEATAP-JM, pero como consecuencia de los retrasos en la puesta a punto del equipo se opta por la adquisición de un equipo como el del Vicass para desarrollar las tareas programadas del trabajo en el tiempo establecido.

Las principales especies seleccionadas para el desarrollo de las experiencias son: dorada y lubina, hurta *Pagrus auriga* (Valenciennes, 1843), el bocinegro *Pagrus Pagrus* (Linnaeus, 1758), el besugo *Pagellus bogaraveo* (Brünnich, 1768), el sargo picudo *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777), el atún rojo *Thunnus thynnus* (Linnaeus, 1758) y la Corvina *Argyrosomus regius* (Asso, 1801).

Una vez en posesión del AkvaSensor Vicass, y tras la selección de especies objetivo la primera tarea fue la realización de un curso de manejo y funcionamiento impartido por un instructor específico. Posteriormente y tras familiarizarse con el equipo, se iniciaron los muestreos mediante la adquisición de imágenes. Para ello, se conecta el ordenador de campo con las cámaras (ubicadas en cualquier punto de la jaula y a la profundidad deseada), y éstas se sumergen en la jaula, visualizando en el monitor los peces a muestrear. El proceso general se describe a continuación:

Una vez que las cámaras han sido correctamente ubicadas en el interior de la jaula y facilitan imágenes con nitidez, se procede a adquirir pares de imágenes, es decir, realizar un muestreo de los peces. En general la calidad de las imágenes estará estrechamente relacionada con la luz existente, la calidad del agua, el estado de estrés de los peces y sobre todo de la destreza del usuario.

Posteriormente, se realiza un tratamiento de las mismas (Automático o manual), mediante el uso de un software de procesamiento de las imágenes compatible que valora los datos de longitud y peso de los individuos muestreados según especie, obteniendo información diversa mediante el uso de un programa estadístico: peso medio, máximo y mínimo, tamaño muestral, desviación, etc.

Si la especie con la que estamos trabajando no figura entre las especies incluidas en la aplicación para el cálculo de biomasa, pero disponemos de una ecuación a tal efecto, siempre podremos tomar los valores de longitud furcal y altura máxima, y en una hoja de cálculo realizar las estimaciones de peso y obtener los estadísticos descriptivos del muestreo.

Por tanto, aunque no podamos obtener los resultados de el muestreo de una especie no incluida en la aplicación de manera automática, el sistema de adquisición de pares de imágenes y de cálculo de la longitud furcal y altura máxima sigue siendo válido para realizar muestreos biométricos, pero para poder obtener la biomasa, previamente tendremos que haber tomado un número suficiente de datos biométricos de la especie objetivo (peso, longitud furcal y altura máxima) y elaborar mediante análisis de regresión simple una ecuación para estimar la biomasa.

2.3.4. ACTUACIÓN 4: ENSAYOS DE REDES PARA JAULAS DE PECES EN EL CANAL CIEM DEL LIM/UPC

Para la consecución de los objetivos de esta actuación, se propusieron diversas líneas de desarrollo basadas en novedosos ensayos de modelos físicos para oleaje así como el posterior análisis numérico de los resultados:

- **Ensayos en modelo físico para oleaje:** Tras un proceso de selección de las mallas más adecuadas para la realización de pruebas en el Canal de Oleaje, y determinar la logística de colocación en el interior del mismo, se procede a la realización de ensayos en canal sometiendo a la malla a distintos tipos de oleaje. Posteriormente, se procede a un análisis del citado oleaje delante y detrás de la estructura.
- **Análisis numérico de resultados:** Análisis diferenciado de las diversas jaulas existentes y niveles de “carga” de peces, y determinación de recomendaciones de diseño.

La experiencia se basa en la determinación de la configuración de tipo de red, sistema de lastrado y condiciones de oleaje óptimas para ensayar sobre la maqueta a escala. Para ello es necesario la construcción de una serie de paños de varios modelos de red, a los que se les colocarían dos tipos de lastre diferentes (pesos puntuales y barra continua) y que serían sometidos a diferentes condiciones de oleaje (altura y periodo). A continuación se describe el procedimiento seguido para la realización de la experiencia, detallando tanto las características de la infraestructura, el modelo físico para los diversos ensayos y las condiciones de oleaje ensayadas.

▪ **Características de la infraestructura.**

El CIEM tiene unos 100 metros de largo, 3 de ancho y 5 de profundidad delante de la pala tipo cuña (fig. 1). Durante los ensayos el fondo del canal ha sido rígido, con una zona central horizontal donde se situó la estructura a ensayar (fig. 2). Detrás de la estructura se dispone de una obra disipativa con material de escollera natural para evitar efectos de multireflexión en el trasdós de las redes.

▪ **Modelo físico.**

Para valorar el efecto de las tres tipologías de red seleccionadas en el nivel de agitación y, al mismo tiempo, la capacidad de deformación de las mismas, se optó por ensayar un tramo de jaula, colocado transversalmente al canal. El tramo está compuesto por un sistema de flotación libre de movimientos en su vertical, y por lastres soportadas a través de relingas.

Con las tres tipologías de malla se han construido 12 configuraciones de redes distintas (considerando dos calados relativos y dos distribuciones del lastre distintas). Cada una de estas configuraciones ha sido sometida a la acción de las mismas condiciones de oleaje (se ha ensayado con un oleaje regular generando rampas de inicio y parada equivalentes a 5 periodo de olas y 40 olas regulares). Posteriormente, se han aplicado modelos físicos basados en leyes de escala.

2.4. RESULTADOS

2.4.1. ACTUACIÓN 1: ACCIDENTES OCURRIDOS EN LAS JAULAS DE CULTIVO EN MAR ABIERTO. RECOMENDACIONES PARA MINIMIZAR EL RIESGO ANTE ACCIDENTES

2.4.1.1. ANDALUCÍA

A partir del análisis de la información obtenida en los cuestionarios se ha elaborado una descripción de la acuicultura en mar abierto en Andalucía.

Las empresas andaluzas consultadas fueron:

EMPRESA	LOCALIDAD
COFRADÍA PESCADORES	Conil de la Frontera (Cádiz)
CEUTAMAR S.L.	San Roque (Cádiz)
HERMANOS MONTES MONTERO S.L.	Benalmádena (Málaga)
AZUCARERA DEL GUADALFEO S.A.	Salobreña (Granada)
PIAGUA S.L.	Aguadulce (Almería)
ACUISLETA S.L.	Níjar (Almería)
FRAMAR S.L.	Carboneras (Almería)
NATURE PESCA S.L.	Vera (Almería)

Tabla 2. Localidades de las empresas encuestadas. **Fuente:** Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero.

CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR DE LA ACUICULTURA EN MAR ABIERTO EN ANDALUCÍA

A continuación se describen las características más comunes de las instalaciones off-shore andaluzas, obtenidas a través de las encuestas realizadas.

Los resultados que se extraen a partir de ratios de los parámetros registrados en las encuestas, en la mayoría de los casos, han arrojado valores numéricos medios no significativos con varianzas muy elevadas, debido principalmente a las diferencias existentes en la gestión de la instalación que lleva a cabo cada empresa. Por esto, se ha decidido realizar la caracterización de la acuicultura off-shore en Andalucía mediante análisis exhaustivo de las respuestas, y dando resultados con amplios márgenes de confianza. Esta caracterización se ha dividido en diferentes apartados, tales como:

a) Ubicación de los elementos

I. Geomorfología: el litoral andaluz presenta dos zonas claramente diferenciadas:

- El Golfo de Cádiz, en la costa atlántica, caracterizado por una amplia plataforma continental, una mayor exposición al oleaje y una carrera de marea máxima de casi 4 metros. Además, la presencia de varios ríos (Guadiana, Odiel, Guadalquivir, Guadalete) condicionan la turbidez del agua y la disposición de los depósitos sedimentarios, dominando las playas arenosas y las costas bajas. En esta zona sólo se ubica la instalación perteneciente a la Cofradía de Pescadores de Conil frente a Cabo Roche, en Conil, Cádiz. Ésta nació en el año 2003, fruto de un Plan JACUMAR, como un Polígono Experimental para el estudio del cultivo de nuevas especies en mar abierto, gestionada por D.A.P. y la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía hasta su cese a la cofradía de pescadores a finales del 2006. Estas raíces experimentales hacen que posea unas características totalmente diferentes del resto de instalaciones andaluzas.

- Litoral mediterráneo, con régimen micromareal, plataforma estrecha y ríos de escaso caudal. Alternan playas con zonas acantiladas y costas recortadas, ofreciendo algunos abrigos. La pendiente del fondo es acusada, alcanzándose profundidades adecuadas para la ubicación de jaulas a distancias relativamente cortas. Es en esta costa donde se ha desarrollado la acuicultura off-shore, siendo actualmente siete las empresas dedicadas al engorde de peces.

- II. Distancia a la costa: la distancia a la costa suele ser inferior a una milla náutica (exceptuando el polígono de Conil, a 4 millas), lo que facilita que sean visibles desde tierra, pudiendo, en numerosos casos, ser vigiladas desde la costa.
- III. Distancia a puerto: En general no exceden de las 3 millas; los acuicultores han seleccionado zonas cercanas a puertos que ofrezcan los servicios necesarios para las tareas propias de esta industria, y el atraque de las embarcaciones de apoyo. Aumentar esta distancia supone importantes gastos de tiempo y combustible.
- IV. Profundidad y tipo de fondo: entre los 25 y 30 metros de profundidad, aunque debido a las elevadas pendientes antes mencionadas hay polígonos que abarcan zonas desde 17 a 45 metros. La excepción la constituye la instalación de Nature Pesca, dedicada al engrase de atún en Garrucha, situada sobre un fondo de entre 50 y 75 metros.
- V. Meteorología: toda la zona de Andalucía se caracteriza por un clima mediterráneo, de temperaturas suaves en invierno y veranos calurosos. En la distribución de vientos dominan las componentes E y W frente a las N y S, siendo los episodios de W (poniente) y E (levante) los más violentos, en invierno y verano respectivamente, estando asociados los primeros a depresiones atlánticas y los segundos a anticiclones sobre la península. Las predicciones meteorológicas juegan un importante papel en la planificación de los trabajos. En general, la valoración que hacen los productores de la fiabilidad de los partes es buena o muy buena, siendo las fuentes más consultadas las webs www.inm.es (Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente) y www.windguru.com, página privada con resultados de modelos de predicción GFS y MM5.
- VI. Hidrología: la fuerte influencia del Estrecho de Gibraltar condiciona un hidrodinamismo muy elevado, especialmente en las aguas gaditanas. Las corrientes de marea son también muy notables en las zonas estuáricas del Golfo de Cádiz. En el litoral mediterráneo las corrientes son, en general más débiles, pudiendo alcanzar valores notorios en episodios puntuales. En todos los casos los patrones de circulación presentan direcciones paralelas a la batimetría.

b) Descripción de los Sistemas y Tecnologías empleadas

- I. Tipos de jaulas: el sistema predominante es la jaula circular flotante o de gravedad, consistente en dos o tres anillos concéntricos contruidos en polietileno de alta densidad, haciendo las veces de flotador, a los que por medio de una serie de soportes se une otro anillo de menor diámetro a modo de barandilla, aproximadamente a un metro por encima de la superficie del mar. De los flotadores pende una red cilíndrica. Las dimensiones de estas jaulas oscilan entre los 16 y 25 metros, aunque como casos extremos existen pequeñas jaulas de 5 metros de diámetro y apenas 2 de profundidad, empleadas en preengorde, o labores de transporte, siembra o pesca. En el otro extremo tenemos jaulas de 90 metros de diámetro y 25 de profundidad, empleadas en el engrase del atún rojo.

Varios son los fabricantes que proveen a los productores de este tipo de jaulas. Por su abundancia es destacable Corelsa S.A., estando también presentes Polar Cirkel, Quintas & Quintas y Fusión Marine entre otras.

En la Planta Experimental de Conil se ha trabajado, con resultados muy satisfactorios, en jaulas sumergibles, tanto rígidas (Ocean Spar) como flexibles (REFA), presentándose este tipo de instalación como una propuesta de cultivo adecuada para zonas de climas marítimos muy duros, que están limitadas para el uso de jaulas de gravedad.

- II. Redes: existe una gran variabilidad en el tipo de red empleado, aunque predominan las fabricadas en Nylon, sin nudos, tanto hexagonales como cuadradas. La luz de malla varía

desde 24 a 36 mm, llegando para el caso del engorde de atún a los 200 mm. En las jaulas de preengorde se baja esta cifra hasta los 10 mm.

Recientemente se está introduciendo el uso de materiales más resistentes, como el Dyneema, sólo o en combinación con el Nylon, ofreciendo muy buenas prestaciones en ambos casos, aunque a precios superiores a las convencionales, por lo que su presencia es sólo testimonial (Polígono Experimental de Conil).

El uso de antifouling (pinturas o tratamiento que eviten la fijación de organismos incrustantes) en las redes es creciente, aunque aún está poco extendido. Actualmente se trabaja en materiales o tratamientos que mejoren las prestaciones de las redes y aumenten la resistencia de sus fibras frente a agentes como la radiación UV, la abrasión por rozamiento y el envejecimiento provocado por la fijación de organismos. Esto redundará no solo en la longevidad de las redes, sino también en la reducción de la frecuencia de sustituciones de redes por limpieza, pudiendo hasta multiplicarse por 4 el periodo operativo de una red entre limpiezas. Gracias a ello puede lograrse evitar la sustitución de la red entre siembra y pesca, con el consiguiente ahorro de tiempo y reducción de riesgos de fugas y bajas.

- III. Sistemas de fondeo: dos son los métodos básicos de fondeo: ancla y muerto. El uso de muertos está más generalizado que las anclas en las instalaciones andaluzas, aunque es frecuente el uso combinado de ancla-muerto, e incluso sistemas de doble muerto. Estos suelen tener un peso de 5000 Kg para el principal y 3000 para el de apoyo, mientras que las anclas oscilan entre los 150 y 1600 Kg.

La línea de fondeo “tipo” consiste en la secuencia:

Ancla-cadena-muerto-cadena-estacha

En la unión cadena-estacha se fija una boya de compensación, cuya misión es separar el extremo de la cadena del fondo, evitando así el rozamiento del cabo, y con ello su desgaste y rotura. Las cadenas suelen ser de 36 mm, con o sin contrete, con un peso lineal aproximado 30 Kg/m. Las longitudes de estos tramos de cadena oscilan entre 5 m (para las uniones entre muertos), y 30 m para la unión con la estacha.

- IV. Sistema de amarre y sujeción: Las líneas de fondeo antes descritas se unen a un entramado o emparrillado compuesto por cabos de alta resistencia o cables, con una distribución en cuadrículas, dentro de las cuales quedarán fijadas las jaulas. Las uniones de los cables o cabos de este entramado entre sí y con las líneas de fondeo se realizan en unas piezas denominadas “platos o discos de amarre”, a los que se unen también boyas de compensación que mantienen la tensión de todo el sistema. Este entramado debe mantenerse entre 3 y 5 m de profundidad, con tensión constante y sin deformaciones.

Las jaulas se fijan al entramado desde los “platos” por medio de estachas, que formando pies de gallo dobles, triples, y en algunos casos cuádruples, se atan a los anillos de flotación de las jaulas, en los soportes de la barandilla, o en unas piezas en forma de “H” que unen los anillos de flotación. De esta forma cada jaula queda unida al entramado por 8, 12 ó 16 puntos de amarre.

- V. Dispositivos anticorriente: Las jaulas de gravedad, frente a ventajas como la facilidad para operar con ellas (pesca, siembra, alimentación, sustitución de redes), presenta el inconveniente de la importante pérdida de volumen debido a la deformación que se produce en sus redes por efecto de la corriente. Para ello se emplean dos métodos, ambos consistentes en evitar la elevación del fondo de la red, y la formación de una gran convexidad en la cara de interna a barlovento de la corriente. Ambos métodos se presentan con similar frecuencia.

- El más simple consiste en la colocación de unos pesos (10-15 Kg) colgados de la parte inferior de la jaula, en un número variable, que dependerá del diámetro de la jaula y de la exposición a la corriente. Este método presenta el inconveniente de crear una considerable carga a la red, propiciando la rotura de la banda más superficial de la misma, donde además de actuar con más fuerza el peso del conjunto red-pesos anticorriente, la radiación ultravioleta y el rozamiento atacan con mayor intensidad.
- Una variante de este método consiste en colgar los pesos desde los anillos de flotación, atirantando el fondo de la red a las líneas de las que penden estos pesos. De este modo se libera a la red de las tensiones presentes con el método anterior, alargando la vida de las mismas. Esto permite además trabajar con pesos mayores, al no añadir con ello un esfuerzo adicional a la red.
- El segundo método consiste en la colocación de un anillo de polietileno, similar a los flotadores pero de menor diámetro de tubo, y lastrado (generalmente con una cadena en su interior). El diámetro de este anillo es ligeramente superior al diámetro de la red, para permitirle que, una vez amarrado al fondo de ésta, la mantenga estirada y evite que se eleve por el efecto de la corriente.

VI. Sistemas auxiliares: alimentación, vigilancia, antipájaros, balizamiento.

- El sistema de alimentación más extendido es el cañón de pienso instalado a bordo de una o varias de las embarcaciones que atienden la planta. No suelen disponer de sitio propio, por lo que son cargados con la cantidad de pienso previsto en la dieta de cada jaula manualmente, y se controlan y orientan durante la toma. Existen modelos dotados con pequeños motores diesel, lo que mejora su fiabilidad y reduce su consumo. Es frecuente el uso de batiscopios, e incluso cámaras de circuito cerrado en alguna instalación, para controlar el comportamiento de los peces mientras son alimentados, y evitar así tanto el desperdicio de pienso como una alimentación deficiente. En las jaulas de preengorde se suele alimentar a mano, ya que en éstas las raciones son menores, y en ocasiones difíciles de calcular, por lo que es fundamental observar la respuesta de los peces frente a cada nuevo aporte de pienso.
- Están poco desarrollados en Andalucía los sistemas de vigilancia de las instalaciones off-shore, consistiendo en la mayor parte de los casos en la presencia de una embarcación entre las jaulas o sus inmediaciones durante toda la noche, como método de persuasión ante posibles robos o sabotajes. En ocasiones, cuando la cercanía a la costa permite una clara visión del polígono de cultivo, se realiza vigilancia desde tierra, alertando si fuera necesario a una embarcación de guardia atracada en puerto.
- El ataque a los peces de las jaulas por parte de determinadas especies de aves puede llegar a suponer una considerable merma en la rentabilidad del cultivo. Es por ello que se han ideado diversos sistemas de contención o disuasión para evitar estos ataques. Las figuras con forma humana (espantapájaros) pueden ser eficaces en los primeros días u horas de su instalación, pero terminan siendo excelentes posaderos. Otro tipo de sistemas como los destellos y brillos también tienen una eficacia muy limitada. Las redes antipájaros, también llamadas “cielos de red” parecen ser los únicos sistemas eficaces. Estas redes se disponen sujetas al perímetro de la jaula y despegadas de la superficie del agua gracias a un dispositivo flotante con forma de pirámide truncada, o una boya con un mástil vertical. Especial atención hay que tener en su montaje, ya que no son pocas las aves que consiguen acceder al interior de las jaulas por la unión entre ésta y el “cielo”, quedando atrapadas en su interior.

- VII. **Embarcaciones:** La embarcación modelo en esta industria sería un catamarán, de unos 14 m de eslora y 5 de manga, con aproximadamente 20 GT, dotadas con grúa, y una amplia cubierta de trabajo. Además de esta, se suele contar con una o varias embarcaciones menores, semirígidas o rígidas, de entre 5 y 9 m de eslora generalmente con motor fueraborda. Estas últimas resultan especialmente prácticas para los trabajos de buceo. Es frecuente el uso de protecciones en los propulsores de estas embarcaciones (Figura 6.16.), puesto que el uso continuo entre las jaulas, estachas, y los buceadores origina un considerable peligro por corte con las hélices.

b) Producción y Gestión de las Instalaciones

- I. **Volumen de producción y especies cultivadas:** la dorada (*Sparus aurata*) y la lubina (*Dicentrarchus labrax*) son las especies que acaparan casi la totalidad de la producción, siendo el resto la correspondiente al atún rojo (*Thunnus thynnus*). Las dos primeras si suponen realmente una producción de pescado de crianza, ya que la siembra en las jaulas procede de “hatcheries” que comercializan alevines nacidos en cautividad, a partir de puestas de reproductores estabulados. Suponen un total de 844,914 t de dorada y 1488,525 t de lubina (datos de producción de 2006), siendo práctica muy extendida combinar la producción de ambas especies, en proporciones que varían desde un 20 a un 80% de cada una de ellas. Por instalaciones, la empresa que más produce alcanzó en 2004 un total de 660 t, frente a 20 t la que menos. En base a la producción se distinguen tres tipos de empresas:

- ✓ Grandes productores: más de 400 t. anuales
- ✓ Producción media: ente 100 y 400 t. anuales
- ✓ Pequeños productores: menos de 100 t. anuales

Estos datos podrían ser objeto de cambio en próximos años ya que hay empresas con intención de ampliar sus instalaciones, por lo que se espera que aumenten los datos de producción. El caso del atún es distinto: durante el mes de julio, una gran parte del volumen de capturas de esta especie en el mediterráneo central no es sacrificada tras la pesca, sino que por el contrario es trasvasada a jaulas de transporte para ser estabuladas en instalaciones cercanas a la costa, donde los atunes son alimentados con pescado para ir siendo sacrificados a lo largo de los 5 o 6 meses siguientes. En 2004 se sacrificaron 245 t. de atún y se estima que para el 2007 se llegue a unas 400 t. en la única instalación andaluza dedicada a esta industria (Nature Pesca).

- II. **Recursos humanos:** es variable la dotación de personal que atiende a un polígono de jaulas.

En Andalucía esto varía desde 6 hasta 34 personas, dependiendo del volumen de producción de la planta. Para el caso de una instalación de producción media (entre 200 y 300 t) con aproximadamente 10 trabajadores, la distribución de funciones responde al siguiente esquema:

PUESTO	FORMACIÓN(1)	TAREAS	NÚMERO	
Técnico de Gestión	Diplomado o Licenciado en CC Económicas o Empresariales	Gestión de contrataciones, permisos, contabilidad general, proveedores, ventas, y generalmente, la función de gerente.	1	
Administrativo	Diplomado en Relaciones Laborales o Graduado Social	Apoyo al técnico de gestión. Altas y bajas de trabajadores, nóminas, impuestos, permisos, pagos. En ocasiones esta tarea la realiza una gestoría externa.	1	
Técnico de Producción	Licenciado en CC Biológicas o CC del Mar	Control de las dietas, crecimiento, patologías, planificación de siembras y pescas. Puede estar compartido por varias plantas de producción.	1	
Patrón de Embarcación	Patrón Costero Polivalente o Patrón de Cabotaje	Navegación, cuidado y mantenimiento de las embarcaciones, además de tareas comunes (redero, alimentador), y revisión de los elementos emergidos de la instalación.	2	Personal polivalente, 7 en total
Buceadores	Buceador Profesional de 2ª restringida o Buzo de Pequeña Profundidad	Instalación y revisión de los elementos sumergidos, mantenimiento y sustitución. Mantenimiento de equipos de buceo. Tareas comunes (sustituciones de red, pescas, siembras, alimentación).	4	
Alimentadores	Técnico Superior en Producción Acuícola o Técnico en Operaciones de Cultivos Acuícolas	Preparación de las raciones de pienso, carga y manipulación de los cañones. Retirada de bajas y tareas comunes.	4	
Rederos	Redero	Reparación de las redes, y en ocasiones, fabricación de las jaulas.	1	
Vigilantes		Evitar robos y sabotajes.	2(si los hay)	

Tabla 3. Número de empleados y sus correspondientes funciones **Fuente:** Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero.

Es muy frecuente encontrar plantillas con personal polivalente, con formación que lo capacite para diversas tareas: alimentación, buceo, patronaje, etc. Un requisito que deben cumplir todos los miembros de la plantilla (a excepción de los administrativos) es estar enrolados en las embarcaciones auxiliares, para lo cual deben estar en posesión del Certificado de Formación Básica, y tener actualizada la Libreta de Inscripción Marítima.

Por otra parte, la mayoría de las empresas acogen, especialmente durante los meses estivales, a alumnos en prácticas o becarios de distintos niveles de formación, predominando los estudiantes de Ciencias Biológicas y Ciencias del Mar, los de Técnico Superior en Producción Acuícola, Técnico en Operaciones de Cultivos Acuícolas y Buzos de Pequeña Profundidad.

- III. Protocolos de mantenimiento: en mayor o menor medida, todas las empresas de cultivo en jaulas de Andalucía tienen desarrollados planes de mantenimiento, si bien existen notables diferencias entre unos y otros, tanto en su diseño, como en la rigurosidad de su cumplimiento. Como nivel más básico de registro de actividad en las plantas nos encontramos con los “partes de trabajo diario”, anotándose en él las tareas realizadas en el curso de una revisión planificada, reflejando además las posibles incidencias.

En la mayoría de las instalaciones se realizan revisiones no contempladas en la planificación general después de los temporales, y sólo algunas de ellas lo hacen al conocer previsiones de mal tiempo.

- IV. Sistemas de limpieza: El sistema más extendido es el uso de lavadoras de redes (Figura 6.17). Sólo en una de las plantas se realiza la limpieza con chorro de agua a presión, mientras que otras, que carecen de lavadora, utilizan las de otras empresas para lavar sus redes.
- V. Periodicidad de revisiones, limpieza y reposiciones: las revisiones de los diferentes elementos de las instalaciones se realizan con diferente periodicidad. En general,

coinciden de unas empresas a otras, variando desde uno o dos días para las redes y los elementos emergidos hasta meses para los fondeos.

En cuanto a la limpieza si existen notables variaciones: las instalaciones de la costa oriental de Almería apenas captan fouling en sus redes y resto de elementos, con una única sustitución de red se realiza un ciclo completo de producción. En cambio, una vez pasado el Cabo de Gata la captación de fouling es muy rápida, variando desde los 6 o 7 meses (costas de Almería y Granada), 4 meses en Málaga, y tan solo 2 en la Bahía de Algeciras.

Especialmente problemático es el caso del mejillón. Las instalaciones en las que esta especie se desarrolla han de prestar especial atención a evitar el crecimiento masivo de estos bivalvos, que llegan a generar unas notables cargas extra a los elementos de fijación, haciendo que estos trabajen a veces por encima de los valores para los que han sido dimensionados.

En cuanto a la reposición de diferentes elementos, especialmente los metálicos y ánodos de sacrificio (zinc), son reemplazados sin seguir unos plazos predeterminados, sino cuando durante las inspecciones se observe desgaste o deterioro.

d) Accidentes Ocurridos en los Últimos Años

El historial de los accidentes sufridos desde 2003, según declaran los productores, se limita a 2 leves y 4 graves. Con total seguridad, son más los accidentes leves, si bien la falta de un criterio claro para distinguir una incidencia de un accidente, y la ausencia en muchas ocasiones de consecuencias económicas, hacen que éstos queden pronto olvidados, y no existan documentos que lo reporten.

Los accidentes graves que se detallan a continuación se basan en los relatos y descripciones dados por los responsables de las plantas de cultivo en el transcurso de diversas entrevistas, y en ningún caso de resultados de informes periciales.

Piscifactoría los Mellizos, Hnos. Montes Montero S.L., Fuengirola, Málaga

16 al 23 de marzo de 2003

Fuerte temporal de Levante (105º), en el que se llegaron a registrar rachas de 85 km/h, y mantenido de 60 km/h, con olas que pudieron alcanzar los 5 m de altura significativa.

La avería se inicia con la rotura de una de las líneas de fondeo del entramado de la zona central de la cara de barlovento del polígono. Tras la rotura se produce un desequilibrio en el conjunto de la estructura, debiendo soportar el resto de las líneas de fondeo la carga adicional correspondiente a la línea rota, con la consiguiente pérdida de tensión en sotavento, que favorece los movimientos de vaivén originados por el oleaje. Estos dos fenómenos provocan los siguientes efectos:

- Garreo de las líneas de fondeo de la cara de barlovento del entramado.
- Desestabilización del conjunto de jaulas, perdiendo su geometría original y propiciando la fricción de unos elementos con otros.
- Rotura de los amarres de las jaulas, con importantes deformaciones de los anillos de flotación y el amontonamiento de las jaulas. Aumentan las fricciones.
- Al perder las jaulas su posición original, los anillos anticorriente chocan con los cables del entramado, produciéndose en unos casos una drástica disminución del volumen de la jaula, y en otros la rotura de las redes.

- Finalmente, se produce la rotura de las redes sometidas a mayores tensiones y fricciones, con la consiguiente fuga de los peces de su interior. En otros casos, la reducción del volumen de la red provoca una mortandad masiva.
- No hubo que lamentar daños a personas, mientras que los daños materiales se estimaron en 850.000 €, entre los que se incluyen entre 130 y 150 t de dorada y lubina.

Sólo al cabo de un año pudo ser restablecida la producción a niveles similares a los que había antes del temporal.

Adrapec S.A., Adra, Almería

3 mayo de 2004

Fuerte temporal de poniente, acompañado de violento oleaje provoca la destrucción casi total del polígono de cultivo de Adrapec.

El episodio se desarrolla entre los días 2 y 9 de mayo, en los cuales la fuerza del viento y el oleaje no sólo no amainan, sino que se recrudecen las condiciones, imposibilitando el acceso a las instalaciones hasta el día 10, en que se inicia el recuento y valoración de los daños sufridos.

Este temporal afecta a numerosas construcciones y estructuras en las costas de Granada y Almería, provocando graves daños en playas y equipamientos turísticos, así como en instalaciones portuarias.

La avería se inicia con el desprendimiento de las jaulas del entramado en la cara de barlovento (Figura 5.18), bien por rotura del mismo entramado, o por la rotura de los tubos de flotación o las estachas de amarre. Estas jaulas se fueron amontonando sobre la segunda línea, provocando así su rotura y desprendimiento, y propagándose la avería a la tercera línea y siguientes. A medida que estas jaulas se iban rompiendo y amontonando, los peces contenidos en su interior, bien lograban fugarse, o bien morían atrapados en los pliegues de las redes.

Es importante considerar la resistencia que mostraron las líneas de fondeo. Se trata de grandes muertos, de más de 5000 kg. asentados en arena fangosa, que soportaron las enormes tensiones originadas durante el temporal sin garrear.

La cuantía de los daños ascendió aproximadamente a 1.500.000 €, de los que el 20% se corresponde a daños en las estructuras (anillos de flotación y redes, principalmente), y el resto a la biomasa en cultivo perdida, tanto por muerte como por fuga, cantidad que se estima en torno a 350 t de dorada y lubina.

No se lamentaron daños personales, y la reanudación de la actividad se produjo tras el cese del temporal con dos únicas jaulas. Este hecho fue nefasto para la empresa, no consiguiendo reestablecer la producción necesaria para continuar con la actividad, lo que dio lugar al cierre de la planta.

Polígono de Jaulas Flotantes Azucarera de Guadalfeo S.A., Salobreña, Granada

3 de mayo de 2004

Fuerte temporal de poniente, mismo episodio que ocasionó el siniestro de Adrapec, además de importantes daños a numerosas playas y paseos marítimos de una amplia zona del litoral mediterráneo andaluz. En Salobreña se estima que la altura significativa de las olas alcanzó los 8 m. Este oleaje originaría tremendos esfuerzos en las jaulas y sus sistemas de amarre. No se registraron daños en las líneas de fondeo ni entramados, incluso los anillos de flotación soportaron los embates del temporal.

La rotura se produjo en el fondo de las jaulas, en la relinga de plomo, muy probablemente debidos a las enormes aceleraciones verticales provocadas por el oleaje, y la tracción que los pesos anticorriente (225 Kg. por jaula) ejercen sobre el fondo de la red.

La principal consecuencia fue la fuga de unas 60.000 lubinas de unos 200 g y aproximadamente 500 doradas del mismo peso, suponiendo un total de pérdida de biomasa de unos 22.000 Kg., valorada en 115.000 €.

No se registraron daños personales, y los daños materiales se limitaron a la rotura de la costura del fondo de varias redes, cuyo reparación tiene un coste económico escaso.

La actividad se reanudó con normalidad tras el cese del temporal y la sustitución o reparación de las redes.

Piscifactoría FRAMAR S.L., Carboneras, Almería

Febrero de 2003

Es el único accidente de cierta gravedad de los registrados en Andalucía que no está relacionado con la climatología, pudiéndose encuadrar su origen en el grupo de riesgo denominado “objetos flotantes”, y dentro de él, a los causados por la actividad de otras embarcaciones y el tráfico marítimo en general.

FRAMAR contaba con el permiso de la Autoridad Portuaria de Almería para realizar operaciones de pesca en el interior de la dársena de Carboneras, para lo cual transportaba las jaulas a pescar desde el cercano polígono de cultivo hasta el interior de dicha dársena, distante apenas una milla náutica. El accidente se produjo en el transcurso de una de estas operaciones, y estando cuatro jaulas amarradas a puerto desde días atrás, en una zona apartada del canal de entrada y salida, y de los lugares de atraque habituales de los cargueros que abastecen la central térmica. El siniestro sobrevino durante una maniobra de reviro de uno de estos cargueros, cuando uno de los remolcadores que asistía la maniobra arremetió contra las jaulas, rompiendo los anillos de flotación, soltándose la red, y liberándose entre 80 y 100 t. de dorada con talla comercial, valorándose las pérdidas en unos 580.000 €. Afortunadamente no hubo que lamentar daños personales. En la fecha de la entrevista a los responsables de esta planta (octubre 2005), no se había resuelto aún el pleito contra la aseguradora del remolcador.

e) Evaluación de los Riesgos en las Instalaciones acuícolas en mar abierto.

Riesgos causantes de accidentes

En vista de los accidentes ocurridos y según se recoge en las encuestas, los riesgos que se detallan a continuación son los que más preocupan a los productores andaluces en orden de aparición:

1º.- Climatología: Ocupa el lugar más destacado entre los riesgos potenciales. De hecho, los temporales han sido la causa directa o indirecta de los accidentes más graves sufridos por la acuicultura off-shore andaluza. El fuerte oleaje asociado a estos temporales origina en las líneas de fondeo y amarre unos esfuerzos puntuales muy elevados, como consecuencia de los movimientos de vaivén. Esto se agrava con las corrientes inducidas por el viento, que elevan el fondo de las redes, reduciendo el volumen de las jaulas. El problema se agrava tras el primer garreo o rotura, que deforma la estructura del entramado, permitiendo el roce de las líneas de éste con las redes, terminando con la rotura de éstas y la fuga de los peces.

La prevención contra este tipo de riesgos consiste en el refuerzo de las líneas de fondeo de las caras de barlovento, sobredimensionando o duplicando los muertos y anclas, así como mejorando los sistemas anticorriente. Por otro lado, se deben realizar meticulosas revisiones de los elementos susceptibles de deterioro (estachas, grilletes, platos...) intensificándolas cuando exista previsión de temporal y cuando éste haya pasado.

2º.- **Objetos flotantes:** en este apartado se consideran tanto a elementos a la deriva (troncos, restos de embarcaciones, contenedores) como embarcaciones. El primer caso se considera, en general, bastante improbable, aunque cobra una gran importancia en zonas con elevado tráfico marítimo, como es el caso del Estrecho de Gibraltar. Por su parte, las embarcaciones, especialmente las deportivas, suponen un riesgo patente en algunas zonas. Pese a estar todos los polígonos de cultivo debidamente balizados y haber constancia de su presencia en las cartas náuticas (si éstas son debidamente actualizadas), es habitual que sean rebasados los límites de las concesiones de manera tanto voluntaria como involuntaria.

3º.- **Fallo humano:** Es una posibilidad siempre presente, ya sea por inexperiencia en unos casos, como por exceso de confianza en otros, lo cierto es que los fallos humanos, aunque poco frecuentes, pueden originar graves daños, especialmente los derivados del manejo de las embarcaciones, en los que las jaulas o los buzos pueden ser afectados como consecuencia de una maniobra mal calculada. La concurrencia de maniobras como transportes para siembra o pesca con otras maniobras complejas de puerto ocasionan situaciones peligrosas en las que han de extremarse las precauciones.

Es frecuente que se achaquen accidentes o incidentes a fenómenos climatológicos, cuando la causa real ha sido el mal estado de algún elemento de la instalación debido a una falta de mantenimiento adecuada, es decir, debido a un fallo humano. Esto se pone claramente de manifiesto cuando fenómenos con la misma intensidad afectan de manera muy desigual a instalaciones diferentes pero cercanas entre sí.

Se hace de vital importancia que cada empresa disponga de una guía de buenas prácticas operativas, tanto a nivel de prevención de accidentes laborales como de los trabajos diarios a realizar.

Riesgos causantes de pérdidas

En vista de las pérdidas en el volumen de producción considerados en las encuestas, los riesgos que se detallan a continuación son los que más preocupan a los productores andaluces en orden de aparición:

1º.- **Depredación:** Se distinguen dos riesgos por depredación:

- i. Crónico, sin producir daños en las infraestructuras, con consecuencias apreciables a largo plazo, y sin episodios especialmente reseñables: es el caso típico de la depredación por aves. Éstas llegan a desarrollar estrategia sorprendentes para alcanzar su objetivo, lo que exige continuos cambios y un mantenimiento detallado de los sistemas antipájaros. Es un riesgo al que están expuestos todos los productores andaluces, con consecuencias muy variables de unos a otros.
- ii. Puntual, normalmente asociado al ataque de mamíferos o peces de tamaño considerable. En Andalucía no se han reportado este tipo de casos, aunque se tienen referencias de su ocurrencia en otras comunidades. Es un riesgo siempre presente, de consecuencias graves, pero considerado bastante improbable según los productores encuestados.

2º.- **Vandalismo:** Los daños deliberados causados por personas ajenas a la empresa genera un considerable volumen de gastos a la acuicultura andaluza, en su mayor parte debido a los robos, y en menor medida a sabotajes. En ocasiones, con la intención de robar pescado, se producen daños y fugas que generan muchas más pérdidas que el valor de lo robado. La magnitud de las pérdidas por este motivo tal vez debería considerarse como la suma de los gastos originados por vandalismo y los generados por la vigilancia para evitarlos.

3º.- **Patologías:** No es un fenómeno que preocupe en exceso a los productores andaluces. Lo reconocen como una amenaza, a la vista de los estragos producidos en países asiáticos por diversas plagas, si bien no se han generado pérdidas por este concepto en la producción piscícola andaluza en mar abierto.

La industria de engrase del atún rojo sufre un par de fenómenos que sin ser en rigor una patología, generan unas pérdidas en el valor del pescado de entre el 10 y el 15%:

- ✓ Yake: originado por el stress durante el sacrificio.
- ✓ Yamai: expresión japonesa en referencia a una textura floja en la carne del atún.

4º.- **Calidad de agua:** Tanto originado por causas naturales (riadas, mareas rojas, cambios de temperatura) como por vertidos crónicos (emisarios, efluentes) o accidentales (derrames, accidentes de navegación), los cambios en la calidad del agua pueden tener graves consecuencias en la supervivencia del stock en cultivo. Este riesgo es un temor más patente en aquellos productores cuyas jaulas se encuentran en zonas abrigadas, cercanas a zonas densamente pobladas, o con intenso tráfico marítimo.

2.4.1.2. CANARIAS

En base a los datos aportados por el sector acuícola canario en el programa de encuestas realizado, se expone a continuación una descripción detallada de las características mas relevantes de la acuicultura off-shore en las Islas Canarias.

CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR DE LA ACUICULTURA EN MAR ABIERTO EN CANARIAS

a) Ubicación de los establecimientos

- I. **Geomorfología:** Las Islas Canarias han surgido de la corteza oceánica por la acumulación de la lava en los fondos generados en el proceso de apertura del Atlántico, por tanto son independientes del margen continental africano, de ahí que sean consideradas islas oceánicas. Los fondos marinos del Archipiélago alcanzan profundidades, siendo en ocasiones superiores a 2000 m entre islas.

Este origen volcánico va a marcar las características de sus costas y fondos, por lo general abruptos y accidentados. Las plataformas insulares son de reducido tamaño y se continúan en un talud de acusada pendiente por lo que es posible alcanzar grandes profundidades a poca distancia de la costa. Existe un paralelismo entre la edad geológica de las ilas y su plataforma, de tal forma que encontramos una plataforma mayor en las islas más antiguas, Gran Canaria, La Gomera, Lanzarote y Fuerteventura, siendo menores en las islas más jóvenes como Tenerife, La Palma y El Hierro.

Las costas orientadas al norte sufren con mucha más frecuencia la acción del oleaje al estar abiertas a los vientos dominantes y a la corriente de Canarias, de manera que las islas actúan como una barrera, provocando un mayor aplaceramiento de las aguas

situadas al sur de las mismas, sólo alterado cuando se presenta viento de levante o “Tiempo sur”, denominado comúnmente en el archipiélago.

La morfología general de las costas insulares es de tipo escarpado, sobre todo en la vertiente norte y oeste de las islas, donde los acantilados sólo se ven interrumpidos por la desembocadura de los barrancos, careciendo casi por completo de playas.

Esto es lo que le ocurre en el litoral de las islas más occidentales, a excepción de Tenerife que junto con Gran Canaria presentan una vertiente sur menos accidentada, existiendo zonas con playas y fondos aplacerados. Esto contrasta con Fuerteventura y Lanzarote, las más orientales, donde la costa sur está surcada por numerosas playas y son de relieve más bajo.

- II. Clima y meteorología: Por su localización, el clima templado de las Islas está sometido a la acción de efectos muy variados como los anticiclones atlánticos y, en especial, al régimen de los alisios. Estos vientos presentan dos componentes: una capa inferior húmeda, de dirección nordeste y otra superior con aire seco y cálido de dirección noroeste, que al interactuar generan zonas de inversión térmica con efectos visibles, como el mar de nubes.

Estos vientos fluyen hacia las islas de forma permanente en verano, mientras que en invierno se alternan con entradas de aire polar. Junto a ello, se hace sentir la influencia del continente africano, cuya proximidad permite la intrusión, en verano sobre todo, de masas de aire caliente sahariano.

A su vez, el contacto con la corriente marina fría de Canarias atempera y suaviza las temperaturas, que oscilan entre los 15 y 24 °C por término medio, y cuyas máximas y mínimas se sobrepasan con las intrusiones de masas de aires polares o saharianos.

El régimen de corrientes en Canarias viene determinado principalmente por la corriente de Canarias, aunque por lo general presenta variaciones a lo largo del año, tiene una dirección SSW, es decir paralela a la costa africana, pero al llegar a la zona de Canarias se observan remolinos, en parte favorecidos por el obstáculo que presentan las islas a la corriente general. Así se puede decir que en aguas someras la corriente depende mucho de la forma de la costa, modificando en ocasiones el régimen de corrientes locales.

Respecto al oleaje este depende en gran parte, del régimen de vientos dominante en las islas. En verano la zona de Canarias se ve afectada, bajo la acción de los Alisios, por olas de viento del noreste, por lo que principalmente las costas a barlovento de dichos vientos están sometidas a un oleaje casi persistente que no suele alcanzar los 3 metros de altura.

En otoño, aunque el oleaje dominante sigue siendo del noreste, el debilitamiento del anticiclón de las Azores, hace que en la zona de Canarias su intensidad disminuya, teniendo períodos de poco oleaje, frecuentemente interrumpidos por borrascas que al atravesar el océano atlántico norte en su camino hacia Europa, suelen afectar a Canarias, especialmente en invierno y primavera.

A medida que la primavera avanza, la situación anticiclónica en la zona de Canarias se refuerza, la influencia de las borrascas disminuye y el oleaje generado tiende a ser exclusivamente generado por los vientos alisios.

Cuando las borrascas están muy próximas a Canarias, pueden causar fuertes vientos y oleaje del SW, originando temporales poco comunes en las costas canarias suroccidentales. Estas borrascas tienen una aparición periódica, y son las que más daño pueden provocar en las instalaciones de acuicultura debido a los fuertes vientos y oleajes que producen.

En términos generales se puede decir que en Canarias para una altura de ola de 4 metros, la probabilidad de no excedencia es mayor de 0,99, es decir, para la zona se puede considerar un período de recurrencia de 100 años.

En la zona de Canarias es poco probable que se den alturas de ola de 3 m, altura de ola a partir de la cual no es óptima la instalación de cultivos en mar abierto, por tanto el oleaje que soportan las islas no afectaría, en condiciones normales, el desarrollo de la acuicultura en mar abierto.

Sin embargo en los últimos años han tenido lugar en Canarias episodios climáticos, relacionados con borrascas del SW, que han producido catástrofes en algunas instalaciones de cultivo, las cuales se han visto afectadas en mayor o menor medida en función de la orientación geográfica y la profundidad de fondeo. Tal es el caso de la tormenta tropical Delta (noviembre 2005) que afectó a gran parte de las instalaciones canarias, así como otros episodios de esta índole ocurridos en enero de 1999, noviembre 2001, y diciembre del 2002 que llevaron al cierre de varias empresas del sector en Canarias.

- III. Distancia a costa: La distancia a costa de las instalaciones canarias es inferior a 1 milla náutica, debido a la escasez de plataforma de sus costas. A pesar de esta cercanía las empresas se ven sometidas a continuos robos y sabotajes en sus instalaciones, no siendo efectivo la vigilancia desde tierra.
- IV. Distancia a puerto: La distancia a puerto en general no excede de 3 millas náuticas. A efectos prácticos las instalaciones deben estar lo más cercanas posibles a puerto, ya que de esta forma podrán aprovecharse de las infraestructuras existentes, atraque de embarcaciones de apoyo, siembras, despesques y empaquetado de la producción.

Una distancia excesiva a puerto supone para este tipo de actividad un gasto de tiempo y combustible no rentable para las empresas de este sector.

- V. Profundidad y tipo de fondo: Las instalaciones se encuentran fondeadas a menos de 40 metros de profundidad para facilitar las tareas de mantenimiento al personal de las empresas. Por otro lado, en Canarias la experiencia ha demostrado que las instalaciones no pueden estar a una profundidad inferior a 20 m.

Esta profundidad límite ha sido establecida en los proyectos de Planes Nacionales de Cultivos Marinos, "Identificación de zonas no aptas" e "Identificación de zonas aptas para la acuicultura", como condicionante para considerar una zona apta para la instalación de jaulas flotantes.

b) Descripción de los sistemas y tecnologías empleadas

- I. Tipos de jaulas: El único sistema implantado actualmente en Canarias es el de jaulas circulares flotantes o de gravedad.

Estas jaulas están formadas por dos coronas concéntricas de tubos de polietileno de alta densidad, de entre 200 y 315 mm de diámetro (según la exposición de la zona) aptas para tareas de alimentación, y una corona superior de polietileno de 110 mm de diámetro, que sirve como barandilla de operaciones.

Estas dos estructuras van unidas por unos soportes de polietileno reforzados, dispuestos de forma equidistante, cuya misión es unir los dos tubos de flotación concéntricos y soportar la barandilla.

Ambos tubos concéntricos están rellenos en su totalidad de cilindros de poliestireno expandido (porexpan), garantizando así la insumergibilidad del conjunto y su flotabilidad.

Las dimensiones de las jaulas que se emplean actualmente en Canarias son diversas, existen jaulas de 5 y 10 metros utilizadas fundamentalmente para siembra y preengorde, y jaulas de engorde de entre 12 y 25 metros de diámetro. Normalmente las redes utilizadas para el engorde son de 15 metros de profundidad, aunque existen varias instalaciones que solo utilizan de 10 metros.

Este tipo de jaulas son fabricadas por distintas empresas siendo Corelsa la más solicitada aunque existen empresas que demandan el servicio de otros proveedores como Fusion Marine, Prona, Proteus.

- II. Redes: Las redes en acuicultura es uno de los elementos más importantes a tener en cuenta para asegurar el correcto funcionamiento de una empresa, ya que es el elemento más crítico de una instalación, por lo que no se deben escatimar esfuerzos en la elección de las mismas. Este aspecto es un punto clave en el desarrollo de este proyecto que tiene una actuación específica dedicada a este punto.

A la hora elegir los juegos de redes para utilizar en una instalación hay que tener en cuenta muchos aspectos. Existe una amplia oferta en el mercado nacional e internacional de este producto, por lo que se tendrán que adquirir aquellas que mejor se adecuen a la instalación, teniendo en cuenta la especie a cultivar (la dorada mordisquea más la red deteriorándola más que la lubina), y la exposición a temporales (para ello hay redes con más refuerzos en los puntos clave), entre otros.

Además la empresa debe poseer una infraestructura adecuada que asegure el correcto mantenimiento de estas.

En Canarias el tipo de red más empleada es la de nylon, sin nudos, y hexagonales o cuadradas. En los últimos años se ha observado una cierta tendencia hacia las redes cuadradas y sin nudos, aunque siguen existiendo aún empresas que poseen redes hexagonales.

Los fabricantes de redes más solicitados por las empresas canarias son Corelsa y Acuirredes, aunque recientemente se han incorporado otros proveedores del sector al mercado canario como Menfitec, IRC, Coney y Cordelería Lorens, una empresa canaria de fabricación de elementos de cabotaje y varios tipos de redes.

Actualmente las empresas están introduciendo nuevos materiales en sus redes, adquiriendo redes fabricadas con materiales de mejor calidad y más resistentes como el Kevlar, de la marca Spectra o el Nylon trenzado con otros materiales, pero todavía no está extendido a todo el sector, ya que solo algunas empresas se han aventurado a utilizarlos debido a su alto coste

En Canarias no es frecuente el uso de antifouling, en las redes, ni la compra de éstas con antifouling incorporado, ya resultan demasiado caras y además el sistema de limpieza de las redes dificulta el mantenimiento de éstas.

Actualmente solo existen dos empresas con lavadoras de redes, el resto de las empresas lava sus redes con pistola de agua dulce o salada a presión. Con estos sistemas de limpieza resultan inviables el uso de tratamientos antifouling prolongados. De esta forma las instalaciones en Canarias se limitan a tener un calendario estricto de cambio de redes que suelen hacerlas coincidir con cambios en la luz de malla, favoreciendo la oxigenación a medida que la talla del pescado a cultivar aumenta, estudiando el crecimiento del biofouling producido en sus instalaciones.

También está muy extendido el uso de redes antipájaros, que se colocan en la parte superior de la barandilla de la jaula, a modo de tapa, evitando la pérdida de peces por gaviotas, principalmente cuando son de pequeño tamaño.

- III. Sistemas de fondeo: El diseño de las estructuras de anclaje de una instalación debe realizarse según sus particularidades, teniendo en cuenta la ubicación en la que se encuentra, la profundidad de fondeo y la exposición a los vientos y oleajes predominantes.

De forma general el proveedor de las jaulas suministra el material necesario para el fondeo de las mismas.

En Canarias esto ocurre en las fases iniciales de la actividad, cuando se instala la concesión, pero a medida que los productores van adquiriendo experiencia en el mantenimiento de sus instalaciones, cambian elementos del fondeo por otros que resultan más resistentes para las condiciones climáticas que soportan habitualmente, cambiando incluso de proveedor entre diferentes elementos de anclaje, jaulas y redes.

En general el sistema de fondeo de una instalación, está formado por un entramado de cabos (o en algunos casos cable) suspendido entre 3 y 4 metros de profundidad por boyas de entre 500 y hasta 1500 litros en cada uno de los vértices de este entramado (esta unión se hace con cadena fina, 20-24 mm de diámetro de eslabón), aunque algunas empresas utilizan cadenas de diámetro algo mayor de eslabón.

Dichos vértices sirven de unión para los 2,3 o 4 cabos o cables de entramado (según estén en el perímetro, vértices exteriores o no del entramado). En ellos se encuentran las anillas o platos de distribución, a la que se le unen las boyas que dan flotabilidad a todo el entramado.

Para que todo el sistema quede tensado y sin deformaciones hacen falta que de estos platos salgan las líneas de fondeo que mantendrán bien sujeto a todo el entramado.

Estas líneas de fondeo empiezan en los platos de distribución de todos los vértices del perímetro del entramado, de ellos parte un cabo de entre 50 y 150 metros de longitud (dependiendo de la profundidad de la zona bajo la instalación) que se sujeta al plato de varias formas. La más extendida en Canarias es realizar un nudo rozón al cabo en la anilla, pero todavía hay empresas que utilizan otra anilla simple de dimensiones más pequeñas que las anillas de distribución, que se une a ésta a través de dos grilletes enfrentados.

En algunas instalaciones el cabo se sustituye por un cable con guardacabos incorporados que se une a la anilla de distribución a través de grilletes.

Al cabo se une un tramo de longitud variable de cadena de entre 30 y 40 mm de diámetro, que sirve de unión entre éste y un muerto que da estabilidad al fondeo de entre 5 y 10 Tn dependiendo de las dimensiones del sistema de fondeo.

La unión entre la cadena y el cabo de fondeo se realizaba en ocasiones, a través de una anilla de dimensión algo más pequeña que la anilla de distribución. En estos últimos años, las instalaciones han cambiado este sistema por otro en los que existen menos elementos de unión, sustituyendo esta anilla y el grillete necesario para unir la cadena a ella, por un grillete de dimensiones bastante

mayores a los usados habitualmente en el entramado y en las uniones de otros elementos de fondeo, suelen utilizarse los de 25 Tn.

Con este sistema se eliminan puntos críticos innecesarios en los fondeos, ya que disminuyen el número de elementos utilizados en las uniones cabo-cadena.

En muchos casos es frecuente el uso de dobles muertos, o incluso sistemas mixtos de muerto y ancla, complementando los pesos de ambos y el agarre de los mismos al fondo. Para las uniones entre muertos y anclas o entre varios muertos se utilizan entre 5 y 10 metros de cadena de las mismas dimensiones que las utilizadas para el fondeo.

Los muertos son de hormigón y de forma cúbica, aunque en algunas instalaciones, según la exposición a las corrientes y el tipo de fondo han optado por utilizar muertos de forma cónica.

En la unión entre el cabo y la cadena de fondeo, es frecuente en Canarias la utilización de una boya de compensación, de entre 32 y 40 litros, cuya misión es separar el extremo de la cadena del fondo, evitando así el rozamiento del cabo, y con ello su desgaste y rotura.

De esta forma podemos describir una línea de fondeo de la siguiente forma:

- Anilla distribución-estacha o cable-cadena-muerto
- Anilla distribución-estacha-cadena-muerto-muerto
- Anilla distribución-estacha-cadena-muerto-ancla

En general la cantidad de fondeos utilizados en cada instalación, depende en gran parte de las condiciones climatológicas reinantes en la zona. En algunas instalaciones se utilizan patas de gallo en los fondeos dobles o triples, sobre todo en la cara a barlovento del oleaje y viento, asegurándose bien los vértices más castigados por ellos.

El dimensionamiento original de las concesiones, respaldado por su proyecto inicial, suele ser modificado generalmente a través de la experiencia adquirida por los acuicultores.

- IV. Sistemas de amarre: Las jaulas se fijan al entramado, en los platos de distribución por medio de estachas que van desde los tubos de flotación o de los soportes de las jaulas, hasta los platos de distribución con los que limita. El tamaño de las estachas que se utilizan depende del tamaño de los huecos del entramado y el diámetro de las jaulas, de tal forma que mantengan las jaulas sujetas, pero sin causar tensiones que provoquen sobreesfuerzos en ellas.

La cantidad de amarres de las jaulas a cada vértice, donde está situada la anilla varía entre 2 o 3 por vértice, o lo que es lo mismo 8 o 12 por jaula.

- V. Dispositivos anticorriente: Las jaulas de gravedad, frente a las múltiples ventajas que tiene, tales como la facilidad para operar con ellas, en labores de pesca, siembra, alimentación y sustitución de redes, presentan el inconveniente de la pérdida de volumen originada por la deformación que se produce en las redes por el efecto de la corriente.

Para evitar esta pérdida de volumen en las redes se emplean 2 métodos, que se describen a continuación, ambos consistentes en la formación de una gran convexidad en la cara interna a barlovento de la corriente.

Método 1:

Consiste en la colocación de unos pesos de entre 15 y 30 Kg, según la intensidad de la corriente que soporta, colgados de la tralla o refuerzo horizontal inferior de las redes, en un número variable que dependerá del diámetro de la jaula y de la exposición a la corriente.

Este método presenta el inconveniente de crear una considerable carga a la red, aumentando las tensiones en los refuerzos inferiores y propiciando la rotura de la banda más superficial de la misma.

Existe una variante de este método que consiste en colgar los pesos desde los tubos de flotación, atirantando el fondo de la red a las líneas de las que penden los pesos. Hay instalaciones donde no solo atirantan el fondo de la red, sino que todas las uniones de los paños que componen la red, donde existen refuerzos horizontales acabados en gazas, son utilizadas para mantener toda la red completamente atirantada.

Con esta variante se liberan tensiones innecesarias a la red, alargando la vida de las mismas, permitiendo trabajar con pesos mayores, sin añadir un esfuerzo adicional a la red.

Método 2:

Consiste en la colocación de un anillo de polietileno hueco, similar a los tubos de flotación de las jaulas, en cuyo interior se inserta una cadena, que actúa como lastre, a la altura del copo de la red. El diámetro de este anillo debe ser ligeramente superior al diámetro de la red para que una vez que esté amarrado en la parte inferior de ésta la mantenga estirada y evite que se eleve por efecto de la corriente

El sistema de sujeción de este anillo al conjunto de las jaulas y las redes es el siguiente:

-Se amarra a la jaula a través de un número de cabos verticales, llamadas comúnmente "venas" por los productores, de profundidad algo superior a la que tienen las redes, a los tubos de flotación. El número de cabos depende del diámetro de la red, ya que suele coincidir con el número de refuerzos verticales de éstas. Esto se debe a que en estos refuerzos existen gazas a la altura de la unión de cada paño de red, permitiendo amarrar en todos esos puntos la red a los cabos que sujetan el dispositivo anticorriente, permitiendo que la red adquiera su volumen máximo.

-Se amarra a la red mediante 3 o 4 cabos horizontales de entre 0,5 y 1,5 metros de longitud que van de las venas a las gazas situadas en los refuerzos horizontales que unen los diferentes paños que componen una red.

Hay que destacar que los cabos utilizados en todo el sistema de sujeción del aro anticorriente suelen ser cabos de polipropileno, de menos resistencia que los de nylon y de diámetro bastante pequeño, para que cuando exista mucha corriente, rompa antes estos cabos que las redes, protegiendo así la producción ante cualquier situación de riesgo. Existen empresas que utilizan cabos de nylon para las venas verticales, ya que estas no provocan apenas tensión a las redes, debido a que se sujetan a los tubos de flotación de las jaulas.

VI. Sistemas auxiliares: alimentación, vigilancia, antipájaros y balizamiento

Alimentación

El sistema de alimentación más comúnmente utilizado son los alimentadores neumáticos de aire portátil con tolbas de diferentes capacidades que en cualquier caso no superan los 150 Kilos de pienso.

Estos alimentadores se colocan en las embarcaciones auxiliares, cargándose con la cantidad de pienso previsto en la dieta diaria de cada jaula y se controlan manualmente, orientándolos durante la toma.

En algunos casos los motores utilizados por las empresas son diesel, reduciendo su consumo y mejorando su fiabilidad, pero su uso no está todavía muy extendido.

A pesar de estos sistemas de alimentación, en las jaulas previstas para preengorde, la alimentación suele ser a mano, ya que en ellas las raciones son menores y hay que observar en todo momento la respuesta de los peces frente a cada nuevo aporte de pienso.

En Canarias existe una empresa que pretende instalar una plataforma de alimentación de grandes dimensiones, que estará fondeada en el exterior de la instalación, pero centrada en la instalación de forma que permita facilitar la alimentación diaria de las jaulas, reduciendo el movimiento continuo de las embarcaciones alrededor de las jaulas y evitando riesgos innecesarios de choques de éstas contra las jaulas.

Vigilancia

En general el sistema de vigilancia en las instalaciones de acuicultura de Canarias es poco efectivo, ya que es muy difícil mantener una vigilancia efectiva en todo momento en una instalación en mar abierto a pesar de no estar lejos de un puerto cercano.

Este sistema consiste en la presencia de una embarcación entre las jaulas y sus inmediaciones durante las horas de la noche para persuadir de posibles robos o sabotajes, en algunos casos esta vigilancia se realiza desde tierra alertando de posibles amenazas a embarcaciones de guardia que están en el puerto base.

Debido al bajo nivel de efectividad de este sistema, muchas empresas canarias han dejado de contratar a personal para este tipo de tareas, realizando turnos entre el personal contratado para las labores de alimentación.

Existe al menos un caso en el que se han instalado cámaras en las instalaciones con el objetivo de controlar en todo momento cualquier elemento extraño presente en las instalaciones a cualquier hora de la noche. Estas cámaras son de control remoto y las imágenes que recogen se transmiten a un monitor en las instalaciones en tierra de esa empresa, alertando así de posibles amenazas de robo, sabotaje o cualquier otro problema. Este sistema está siendo más efectivo que el anterior según experiencia de la propia empresa.

Antipájaros y otros sistemas para evitar la predación

En Canarias existen varios tipos de predadores que amenazan a los cultivos, entre ellos están las aves, los peces de gran tamaño, y algunos mamíferos.

El sistema más efectivo empleado para evitar la pérdida de producción por aves son las redes antipájaros. Estas redes se disponen sujetas al perímetro de la jaula y despegadas de la superficie del agua por medio de un dispositivo flotante con forma de pirámide truncada. Hay que diseñar muy bien la luz de malla efectiva, no debiendo ser muy grande para evitar la entrada de aves en su interior. Por otra parte hay que sujetar estas redes muy bien a las jaulas no dejando huecos en la unión entre éstas y las jaulas, para evitar la entrada de estos predadores.

Para el resto de predadores que amenazan los cultivos en las jaulas, como peces y mamíferos, se han diseñado sistemas que en algunos casos han sido efectivos, como el empleo de redes de doble paño para impedir que los peces de cultivo sean visto por estos animales y en cualquier caso la observación directa de las jaulas, detectando cualquier anomalía en el comportamiento de los peces que se encuentran en ellas y actuando rápidamente.

Balizamiento

Los sistemas de balizamiento son los que se encargan de señalar la presencia de las jaulas a las embarcaciones que navegan en la zona, con el fin de evitar posibles colisiones con las mismas o el enredo de las hélices de los motores y artes de pesca en los sistemas de entramado y anclaje de las mismas.

En Canarias, sobre todo, en la isla de Tenerife, existen numerosas jaulas que se encuentran aglutinadas en zonas específicas, creando así polígonos con balizamiento común, favoreciendo así las labores de vigilancia y mantenimiento del sistema de balizamiento conjunto.

Embarcaciones

Las embarcaciones son un elemento imprescindible para el desarrollo de esta actividad. En general se requiere un catamarán entre 12 y 17 m de eslora o en su defecto un barco monocasco de los mismos metros de eslora con grúa y una amplia zona de trabajo, para maniobras de despesque y cambio de redes. Es necesaria también la adquisición de embarcaciones auxiliares pequeñas, tipo zodiac semirígidas o rígidas, de polietileno o aluminio, con motor, intra-fuera borda o fuera borda, o en su defecto lanchas o botes de polietileno con una manga lo suficientemente grande para albergar los cañones de alimentación y los sacos de pienso para las tareas de alimentación diarias. Estas embarcaciones también son utilizadas para las labores de buceo. Los motores de estas embarcaciones auxiliares a menudo son protegidos, ya que son un peligro para la seguridad del personal y de la producción, debido a que pueden desgarrar redes y romper estachas si no se tiene especial precaución.

c) Producción y gestión de las instalaciones

I. Volumen de producción y especies cultivadas

La dorada (*Sparus aurata*) y la lubina (*Dicentrarchus labrax*), son las dos únicas especies que se cultivan actualmente en Canarias.

Las empresas canarias se dedican exclusivamente al engorde y en un solo caso al preengorde de estas especies en sus instalaciones de cultivo, ya que las siembras proceden de hatcheries existentes en otros puntos de la península, que comercializan alevines nacidos en cautividad.

En el 2004 la producción de dorada en Canarias supuso un total de 1.917,54 Tn y 747,74 Tn de lubina.

En las instalaciones se suelen combinar la producción de estas dos especies en proporciones que se encuentran entre un 28 % en dorada y 72 % en lubina, aunque se tiende a equiparar la producción de estas dos especies a medida que las instalaciones van adquiriendo experiencia.

Por instalaciones, la empresa que mayor porcentaje de producción obtuvo en el 2004, produjo un total de 646,7 Tn. En contraposición la empresa menos productiva en ese mismo año, su producción no superó las 22 Tn.

En base a este parámetro podemos distinguir 3 tipos de empresas:

- a) Las grandes productoras: más de 500 Tn anuales (Alevines y Doradas)
- b) Las de producción media: entre 125 y 500 Tn anuales (Granja Marina Playa Vargas, Acuigigantes, Cedra, Sudoeste, C. M, Efficient System, Punta Rasca, Los abrigos y Acuibag).
- c) Las pequeñas productoras: menos de 125 Tn anuales (Cabo Pez, Inac, Socat, Golden Ocean y Perez Cortés).

II. Recursos humanos

El personal que posee una instalación de acuicultura es variable dependiendo de las dimensiones de ésta y su capacidad productiva.

Como personal imprescindible en una empresa de cultivos están los alimentadores, encargados de las tareas diarias de alimentación de los peces cultivados, los buzos, los cuales realizan labores de mantenimiento de los sistemas de anclaje de las jaulas, maniobras de despesques y cambios de red, un encargado que coordine ambos grupos y patrones suficientes para llevar las embarcaciones.

En Canarias este personal varía de 4 a 30 personas, dependiendo del volumen de producción y el número de jaulas que posea la planta. Para una empresa de producción media (entre 125 y 500 toneladas) el personal requerido normalmente suele ser de entre 10 y 18 trabajadores, distribuido tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Puesto	Formación	Tareas	Número
Técnico producción	Ldo en Ciencias del Mar o Biólogo o Técnico superior o medio de producción	Coordinación de todos los grupos de trabajo. Control de de las dietas, crecimiento, planificación de siembras y pescas	1 o 2
Patrón	Patrón Costero Polivalente, Patrón de pesca, Patrón de cabotaje o Patrón Litoral	Navegación, cuidado y mantenimiento de las embarcaciones, así como realización de tareas comunes cuando se requiera	De 1 a 4
Alimentadores	Técnico superior o medio en operaciones acuícolas	Preparación de raciones de pienso, carga y manipulación de los cañones. Retirada de bajas y tareas comunes cuando se requiera	De 3 a 4
Buzos	Buceador profesional de 2º o 2º restringida	Instalación y revisión de los elementos sumergidos, mantenimiento y sustitución. Mantenimiento de equipos de buceo y tareas comunes cuando se requiera	De 4 a 5
Rederos	Redero pescador	Reparación de redes	1 (si lo hay)

Tabla 4: Información referente a la plantilla de las empresas de acuicultura **Fuente:** ICCM

Uno de los requisitos que cumple en general el personal de las instalaciones de cultivos en Canarias es estar enrolados en las embarcaciones auxiliares, para ello deben estar en posesión del Certificado de Formación Básica y tener actualizada la libreta de Inscripción Marítima.

Normalmente la mayoría del personal básico de las empresas de acuicultura en Canarias es polivalente, al menos los que hacen labores de alimentación, buzos y patrones. Existe la tendencia a mantener a los buzos solo pendientes de sus tareas propias como personal de mantenimiento de las instalaciones y maniobras de despesques y cambio de redes. Incluso algunas empresas han creado un grupo de maniobras que libera a los buzos de tareas de despesques y cambios de redes. Esto se debe a la preocupación que existe actualmente en el sector de acuicultura sobre la seguridad de sus instalaciones.

Las labores de reparación de redes y fabricación de jaulas (en algunos casos) se suele repartir entre el personal de la instalación. Solo en algunos casos tienen personal contratado exclusivo para estas tareas, los cuales suelen ser pescadores profesionales convertidos al sector de la acuicultura.

Las funciones administrativas y de gestión de las empresas a menudo corre a cargo de una gestoría externa, solo en algunos casos existen personal contratado exclusivo para estas tareas.

Las empresas de acuicultura de Canarias pertenecen a grupos empresariales que gestionan las siembras, las ventas, y por consiguiente las pescas y además les proporcionan servicios de control de alimentación y patologías, ya que disponen para todas ellas de personal cualificado que les proporcionan tablas de alimentación adaptadas, así como servicio de control de enfermedades, compra de piensos con precios exclusivos para grupos.

III. Protocolos de mantenimiento

La mayoría de las empresas de cultivos en jaulas de Canarias tienen desarrollados planes de mantenimiento, aunque existen pequeñas diferencias entre ellas.

Los partes de trabajo diario son imprescindibles en las empresas ya que en ellos quedan registradas las revisiones planificadas reflejando las incidencias que se producen. Además la mayoría cuenta con protocolos de revisión de las instalaciones ante el aviso de posibles. Después de la existencia de un temporal se realiza una inspección exhaustiva de la instalación, reparando de inmediato todos los elementos afectados, siguiendo un protocolo de actuación diseñado por la experiencia que han adquirido durante años.

IV. Sistema de limpieza de redes

El sistema de limpieza que actualmente usan las empresas de acuicultura en Canarias es a través de chorros de agua dulce (y a veces agua de mar) a presión.

Actualmente solo dos empresas tienen lavadora para redes, una se encuentra en Gran Canaria y otra en Tenerife. Esto dificulta el hecho de utilizar redes con antifouling en Canarias.

V. Periodicidad de revisiones, limpieza y reposiciones

Una de las rutinas de trabajo diarias más importante, junto con la alimentación, es la revisión y el consecuente mantenimiento de la instalación.

Para ello, los buzos, con equipos de aire comprimido, revisarán las distintas partes de la instalación, comprobando los posibles deterioros que se hayan producido en las redes, los cabos de amarre de las jaulas, los cabos del entramado o de fondeo, boyas, anillas de distribución y balizas.

Estas revisiones deben estar contempladas dentro de un programa de revisión diseñado al efecto, en el cual se detallará los elementos estructurales a revisar y la periodicidad de las mismas. De esta manera, siempre nos podremos adelantar a roturas indeseadas que pudiesen causar males mayores.

Estas revisiones, como ya hemos comentado con anterioridad, son muy importantes para certificar una alimentación eficaz, comprobando que no se está saliendo el pienso por las redes.

Las revisiones de los diferentes elementos de las instalaciones en Canarias se realizan con diferente periodicidad.

Normalmente los elementos emergidos suelen tener una revisión más frecuente, ya que son los puntos críticos de una instalación al ser los que reciben con más fuerza las inclemencias del tiempo, además de ser los que contienen la producción.

En cambio la frecuencia de revisiones de los elementos sumergidos como los fondeos y cadenas, es algo menor.

En Canarias todas las instalaciones suelen tener el mismo patrón de periodicidad de revisiones, existiendo diferencias en la frecuencia de las revisiones de los elementos sumergidos, que varían desde 1 vez al mes hasta 1 vez cada 6 meses. También existen pequeñas diferencias en los elementos emergidos (redes, entramado, amarre jaulas, jaulas) existiendo empresas que realizan revisiones diarias mientras que otras lo hacen semanalmente.

Con respecto a la limpieza de las instalaciones existen diferencias en función de las islas en las que nos encontremos. Las islas orientales captan más fouling, debido a que están más cerca del afloramiento sahariano, en cambio las islas occidentales al estar más lejos la captación de fouling es algo menor. Por este motivo las empresas de Gran Canaria y Tenerife, realizan limpiezas de fouling periódicas, cambiando redes y otros elementos cada

3 o 4 meses. En cambio las empresas de La Palma apenas tienen problemas con la presencia de fouling en los elementos principales de sus instalaciones, por lo que las limpiezas de fouling solo se realizan cuando se cambian materiales, cada 8 meses.

La grillería y los herrajes son de hierro galvanizado, y son reemplazados sin seguir unos plazos predeterminados, sino cuando durante las inspecciones se observe desgaste o deterioro.

d) Identificación de los riesgos

En general son numerosos los riesgos que amenazan las instalaciones de cultivo, ya que están en un medio que en muchas ocasiones puede resultar muy hostil, dificultando el buen funcionamiento de las empresas.

Según se recoge en las encuestas, los riesgos que se detallan a continuación son los que más preocupan a los productores canarios:

I. Climatología

Es el riesgo potencial más importante que afecta a las instalaciones de cultivo. Los temporales han sido la causa directa o indirecta de los accidentes más graves sufridos en las instalaciones de cultivo en Canarias.

En general el oleaje provocado por dichos temporales ha sido la causa de rotura de redes, amarres de jaulas y líneas de fondeo en las instalaciones.

Las corrientes es otro factor a tener en cuenta en muchas de las empresas ya que reducen el volumen de las jaulas, con el consiguiente aumento de la densidad de las mismas provocando estrés y roces traumáticos en los cultivos.

Solo en algunos casos se han producido roturas en las líneas de fondeo y garreos de muertos que han traído como consecuencia, deformaciones en el entramado provocando acercamiento y deformaciones de jaulas por la rotura de las estachas de amarre de las jaulas al entramado. Esto provocado la rotura de tubos de flotación, desgarrando redes por roces con las anillas de distribución dando como resultado la fuga masiva de peces y daños irreversibles en los sistemas de fondeo.

La prevención de este tipo de riesgos es muy complicada, de ahí que las empresas trabajan diariamente en prevenirlos, sustituyendo elementos de fondeo por otros más resistentes, sobredimensionando las líneas de fondeo, para estabilizar aún más las instalaciones frente a condiciones adversas, duplicando muertos y anclas, para aumentar la efectividad de los fondeos, y mejorando los sistemas anticorriente, para mantener el volumen de las jaulas.

II. Vandalismo

El daño que producen los actos vandálicos, generan grandes gastos, ya que no solo suponen pérdidas de biomasa asociadas a robos, sino también gastos producidos por daño en los materiales deteriorados intencionadamente y las fugas asociadas a roturas de redes desde que se producen hasta que son detectadas por el personal de las plantas de cultivo.

De esta forma se consideran las pérdidas económicas asociadas a estos problemas tanto la biomasa robada, como las fugas posteriores y reposición del material dañado. Además a esto también hay que sumarle, los gastos debidos a la contratación de vigilancia para evitarlos.

III. Depredación

Los riesgos producidos por los depredadores que rondan las instalaciones son de varios tipos.

Se pueden considerar dos clases de riesgos:

Riesgo crónico: Es el que no produce daños en las infraestructuras de las jaulas ni fondeos, y sus consecuencias se ven a largo plazo. Este es el caso de las aves, que llegan a desarrollar estrategias muy sofisticadas para acceder al interior de las jaulas de cultivo. El uso por parte de las empresas de redes antipájaros ha parado esta amenaza, ya que parece que ha disminuido el número de pérdida de efectivos por esta causa.

Riesgo puntual: Es el producido por el ataque de mamíferos o peces depredadores de las especies de cultivo.

En este sentido Canarias ha tenido varias experiencias con ataques de medregales y picudas a las instalaciones provocando rotura de redes y pérdidas puntuales de biomasa.

Para evitarlo algunos acuicultores han sustituido las redes por otras de doble red impidiendo así que la la biomasa pueda ser detectada.

IV. Patologías

No es un fenómeno que preocupe en exceso a los productores canarios. Las enfermedades más comunes que se dan en los cultivos de las islas Canarias, son Pasteurelisis y Vibriosis

Se considera una amenaza controlada, ya que los alevines vienen ya tratados con un sistema de vacunaciones que les previenen contra las enfermedades más comunes. En este sentido hay al menos una empresa que realiza un preengorde en tierra, que le permite incluir a sus alevines una vacuna más, que no le ponen en los hatcherys de origen, proporcionándoles una mayor protección ante diversas patologías.

Cuando las enfermedades se producen existen tratamientos efectivos para paliarlas en un plazo corto de tiempo, siendo muy frecuente el uso de pienso medicado.

V. Fallo humano

El incorrecto seguimiento de los protocolos de revisión de las instalaciones por el personal que trabaja en ellas, puede provocar daños en las instalaciones y pérdidas de biomasa considerables.

Hay otro tipo de daños graves, especialmente los derivados del manejo de las embarcaciones, en los que las jaulas y en algunos casos los buzos pueden ser afectados como consecuencia de una maniobra de la embarcación mal calculada. Afortunadamente estos hechos apenas han ocurrido en Canarias en algún caso aislado, la hélice de alguna embarcación ha dañado alguna red, reparándola de manera inmediata.

PRINCIPALES ACCIDENTES ACAECIDOS EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

A través de las encuestas se han recopilado los accidentes graves producidos en los últimos 10 años en las instalaciones de cultivo de Canarias.

Además de los accidentes graves, las empresas han tenido incidentes más leves pero que también han ocasionado pérdidas puntuales de biomasa.

Los accidentes graves que se detallan a continuación se basan en entrevistas con los responsables de las plantas de cultivo, en algún caso nos facilitaron informes periciales con datos más veraces.

Los datos meteorológicos recogidos en estos informes han sido proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología, a través de un convenio de colaboración establecido para este proyecto de investigación entre del INM Canarias Oriental y el Instituto Canario de Ciencias Marinas, centro de investigación que ejecuta este proyecto en Canarias.

Gramacan, S. L.

Zona: Bahía de Santa Agueda (San Bartolomé de Tirajana-S de Gran Canaria).

Fecha: 7 al 9 de enero de 1998.

Temporal marítimo del S-SW con fuertes olas de 2 a 3 metros y contra olas de la orilla desencadenando una fuerte marejada en la instalación.

Este temporal en primer lugar provoca daños en el vértice de la parte exterior de la instalación de la cara sur, provocando el desplazamiento del muerto de dicho vértice. Este hecho desestabilizó el conjunto de jaulas, perdiendo su geometría original y propiciando la fricción de unos elementos con otros. Todo esto produjo que se rompieran las estachas de amarre de las jaulas y el impacto entre todas las jaulas, rompiéndose jaulas y redes y provocando la fuga masiva de toda la biomasa de cultivo.

Se produjo la rotura del 80 % de las redes con pérdida de biomasa del 95 % de 10 jaulas de las 12 de la instalación, el estrangulamiento de los aros de flotación sin llegar a la rotura, roturas de 10 o 15 soportes de las jaulas, roturas en más del 50 % de las estachas de las jaulas y pérdidas de 3 boyas de distribución de la instalación.

Afortunadamente no hubo que lamentar daños personales, pero los daños materiales se estimaron en 120.000 €. Por otra parte la estimación de la valoración económica de la pérdida de biomasa fue de 2.000.000 €. Así la pérdida estimada de daños materiales y pérdida de biomasa fue de alrededor de 2.120.000 €. Después de 3 meses pudieron reanudar la actividad con normalidad.

Alevines y Doradas, S. A.

Zona: Frente al polígono industrial de Salinetas (Telde-E de Gran Canaria)

Fecha: 7 al 8 de enero de 1999

Temporal del SE, que produjo un fuerte oleaje con olas de más de 3 m muy intenso que afectó a la instalación.

Se produjeron grandes desgarros en las redes, rompiéndose las costuras. Se perdieron 4 boyas de distribución en el entramado que hicieron que este se moviera. De esta forma las redes se rozaron con el entramado, trabándose y rompiéndose. Además de los movimientos verticales producidos por el oleaje y junto con el peso de los prismas que tenían en ese momento como sistema anticorriente hicieron que éstas realizaran un sobreesfuerzo que provocó su rotura por las costuras.

Este temporal provoca daños y roturas en las redes de 5 jaulas. Afortunadamente no hubo que lamentar daños personales, pero los daños materiales se estimaron en 43.800 €. Por otra parte la estimación de la valoración económica de la pérdida de biomasa fue de 954.480 €, ya que se perdieron aproximadamente 200 Tn de lubina de 300 gramos en las 5 jaulas dañada, aunque también existieron pérdidas no contabilizadas de biomasa en el resto de las jaulas. La pérdida estimada de daños materiales y pérdida de biomasa fue de alrededor de 998.280 €. Con los daños producidos en este temporal se tardó 14 días en recuperar la normalidad.

Canarias de Explotaciones Marinas, S. L.

Zona: Bahía de Tufia (Telde-E de Gran Canaria)

Fecha: 20 al 25 de noviembre de 2001

Temporal marítimo del NE, con vientos del noreste de fuerza 4 a 5, llegándose a registrar intervalos de fuerza 6 a 7. Marejada a fuerte marejada con olas de hasta 2,5 metros y mar de fondo del norte de 2 metros.

Este temporal provoca daños y roturas en las redes de 4 jaulas, dos de ellas con peces en talla comercial y dos con alevines, no apreciando el alcance de los mismos los primeros días. Debido a los fuertes movimientos verticales producidos por el oleaje, se produjeron roturas en las venas verticales y horizontales de las redes, provocando un roto de dimensiones suficientes para la fuga de gran cantidad de peces en poco espacio de tiempo. Sin embargo el resto de las estructuras (jaulas, fondeos y balizas) apenas sufrieron daños.

Afortunadamente no hubo que lamentar daños personales, pero los daños materiales se estimaron en 29.000 €. Por otra parte la estimación de la valoración económica de la pérdida de biomasa fue de 435.880 €. La pérdida estimada de daños materiales y pérdida de biomasa fue de alrededor de 464.880 €

No llegaron a recuperarse de los daños sufridos en este temporal, ya que sufrieron otro accidente grave un mes y medio después que se describirá a continuación que obligó al cierre de la instalación, ya que la aseguradora tardó mucho tiempo en pagarles llegando a juicio donde finalmente les indemnizaron.

Canarias de Explotaciones Marinas, S. L.

Zona: Bahía de Tufia (Telde-E de Gran Canaria)

Fecha: 5 al 10 de enero de 2002

Temporal marítimo del SE y E con vientos del sureste de fuerza 5 a 6, llegándose a registrar intervalos de fuerza 7. Marejada a fuerte marejada con olas de hasta 2,5 metros y mar de fondo del noroeste de 3 metros.

Como se ha descrito en el temporal anterior, este fenómeno solo provocó daños y roturas en las redes, provocaron fugas de biomasa de parecidas dimensiones que el siniestro anterior. Se vieron afectadas 3 jaulas, no siendo posible en el momento del accidente cuantificar las pérdidas, dos de las cuales tenían peces en talla comercial y una estaba sin peces en el momento del siniestro.

Debido a los fuertes movimientos verticales producidos por el oleaje, se rompieron las venas verticales y horizontales de las redes provocando una rotura de dimensiones suficientes para el escape de gran cantidad de peces en poco tiempo. El resto de las estructuras (jaulas, fondeos y balizas apenas sufrieron daños). Afortunadamente no hubo que lamentar daños personales, pero los daños materiales se estimaron en 21.600 €.

Por otra parte la estimación de la valoración económica de la pérdida de biomasa fue de 254.648 €. La pérdida estimada de daños materiales y pérdida de biomasa fue de alrededor de 276.248 €. Esta empresa tras el accidente se vio obligada a cerrar ya que la indemnización por parte de la aseguradora se demoró, siendo imposible de esa forma reanudar la actividad.

En el año 2005 adquirió la concesión otra empresa manteniendo el nombre original, esta nueva empresa inició la siembra en el año 2006, de ahí que se haya incluido como en funcionamiento en las fichas técnicas de las empresas descritas en este informe.

Gramacan, S. L.

Zona: Bahía de Santa Agueda (San Bartolomé de Tirajana-S de Gran Canaria)

Fecha: 11 al 14 de diciembre de 2002

Temporal marítimo del SW que produjo vientos de componente oeste rolando a sur y sureste con intervalos de fuerza 7, provocando áreas de fuerte marejada con olas de hasta 3 metros y mar de fondo del noroeste de 2 a 3 metros.

La avería se inicia con la rotura de una de las líneas de fondeo del entramado del vértice (sur de la instalación) situado en la cara de barlovento del polígono, rompiéndose la estacha de fondeo y la pérdida del muerto de esa línea. Tras esta rotura, el resto de la estructura se desestabilizó y del garreo de los muertos y la sobretensión a la que estuvieron sometidas algunas de las estachas de la cara de barlovento se produjo la rotura de otras líneas de fondeo.

El entramado perdió la tensión necesaria para mantener las jaulas en su posición original, provocando la rotura de los amarres de las jaulas a las anillas de distribución precipitándose unas sobre otras, desembocando en la rotura de las redes que produjeron la fuga casi total de la biomasa que tenían en esos momentos. De esta forma el 90% de los elementos estructurales que componían la instalación fueron a parar a las costas rocosas cercanas y casi el 100% de la producción alcanzada hasta ese momento se perdió. Solo quedó en la única jaula que se mantuvo fondeada unos 1000 Kg de biomasa.

En ese momento estaban en proceso de engorde 4 lotes de doradas y lubinas de diferentes tallas. La valoración de las pérdidas estructurales fue de 750.000 € y las pérdidas de biomasa fueron de entre 220 y 500 Tn estimación de las pérdidas de biomasa en cultivo fue de 2.000.000 €. Así la pérdida estimada de daños materiales y pérdida de biomasa fue de alrededor de 2.750.000 €.

En el momento del accidente el seguro estaba en trámites, pero no estaba vigente, por lo que las pérdidas sufridas provocaron el cese de la actividad de esta empresa.

Alevines y Doradas, S. A.

Zona: Frente al polígono industrial de Salinetas (Telde-E de Gran Canaria).

Fecha: 4 al 9 de enero de 2004

Temporal marítimo del NE, con vientos de fuerza 2 a 3, produciendo un fuerte oleaje con olas de más de 2 m muy intenso que afectó a la instalación y mar de fondo del noroeste de 1 a 2 metros.

Estas condiciones produjeron la rotura de las estachas de amarre de 2 jaulas, lo que provocó el desplazamiento y choque de esta contra una de las anillas de distribución, rompiéndose la red por la mitad de los paños. La otra jaula chocó contra el entramado directamente dañándose el tubo de la barandilla y rompiéndose los cabos que sujetaban la red a la jaula. Afortunadamente no hubo que lamentar daños personales, pero los daños materiales se estimaron en 7.000 €. En cuanto a la biomasa se perdió, entre las 2 jaulas, un lote casi completo de aproximadamente 90.000 lubinas de 1 Kg.

La valoración económica de estas pérdidas fue de 490.000 €, siendo la cuantificación total de las pérdidas materiales y de biomasa de 497.000 €. A pesar de lo aparatoso del accidente la empresa recuperó la normalidad en 2 días.

Alevines y Doradas, S. A.

Zona: Frente al polígono industrial de Salinetas(Telde-E de Gran Canaria)

Fecha: 9 al 13 de febrero de 2005

Temporal marítimo del NE de fuerza 5 a 6 con intervalos locales de fuerza 7 que provocaron fuerte marejada con áreas de mar gruesa, llegando a producir olas de hasta 4 metros y mar de fondo de 2 a 3 metros.

Este temporal provocó la rotura de las redes de 2 jaulas, debido al rozamiento al que se vieron sometidas, este rozamiento produjo el desgarrar y la rotura por las costuras o refuerzos.

En este caso las pérdidas materiales ascendieron a 6.000 €, y las asociadas a las fugas de biomasa fueron de 3.000 €.

La normalidad de la empresa se recuperó a los 2 o 3 días de este accidente.

Acuigigantes, S. L.

Zona: Bahía de Los Gigantes (W de Tenerife)

Fecha: 28 al 29 de noviembre de 2005

Tormenta tropical delta que llegó a las costas canarias los días 28 y 29 de noviembre del año 2005, provocando que la intensidad del viento aumentara progresivamente a lo largo del día 28 dando lugar a intervalos de viento muy fuertes del suroeste el día 28 y del noroeste el día 29. Se produjeron rachas huracanadas en muchos puntos del archipiélago. La atmósfera se mantuvo muy inestable y en consecuencia un mal estado de la mar.

Esta tormenta originó vientos de dirección S, SW y W, que alcanzaron los 27 nudos y un oleaje de componente NO y NO con olas que superaron los 3 m de altura. Debido al fenómeno descrito, las estachas más expuestas de la concesión estuvieron sometidas a una tensión que produjo la rotura de éstas, con la consiguiente desestabilización de la instalación. Esta desestabilización se vio además favorecida por el movimiento de los muertos, lo que condujo a la rotura de estachas, aros y redes de diversas jaulas que produjeron cuantiosas pérdidas de biomasa.

Este suceso provocó pérdidas materiales valoradas en 110.000 €, siendo las pérdidas de biomasa mucho mayores, 570.000 €. Finalmente el coste total del incidente, teniendo en cuenta el gasto correspondiente a la reparación total de la instalación, alcanzó los 690.000 €. En este caso la actividad no se detuvo en ningún momento, pero el tiempo necesario para reparar los daños originados por la tormenta fue de unos 15 días aproximadamente.

Golden Ocean, S. L.

Zona: Bahía de Los Gigantes (W de Tenerife)

Fecha: 28 al 29 de noviembre de 2005

La tormenta tropical delta que llegó a las costas canarias los días 28 y 29 de noviembre del año 2005, hizo que la intensidad del viento aumentara progresivamente a lo largo del día 28 dando lugar a intervalos de viento muy fuertes del suroeste, que produjeron rachas huracanadas en muchos puntos del archipiélago, un mal estado de la mar y una atmósfera muy inestable.

Esta tormenta originó vientos de dirección S, SW y W, que alcanzaron los 27 nudos y un oleaje de componente NO y NO con olas que superaron los 3 m de altura. Debido al fenómeno descrito, las estachas más expuestas de la concesión estuvieron sometidas a una tensión que produjo la rotura de éstas, con la consiguiente desestabilización de la instalación, y el desplazamiento de algunos muertos que contribuyeron aún más a la desestabilización.

La mayoría de las redes antipájaros que cubrían las jaulas se rompieron o desaparecieron durante el accidente. La rotura de estachas, aros y redes de diversas jaulas produjeron cuantiosas pérdidas de biomasa.

Este suceso provocó unas pérdidas materiales que ascendieron a unos 47.760 €, mientras que la valoración de la biomasa perdida fue de 141.000 €. La pérdida estimada de daños materiales y de biomasa además de los gastos correspondiente a la reparación total de la instalación tuvieron coste total de 213.960 €. La actividad no se detuvo en ningún momento, pero el tiempo necesario para reparar los daños originados por la tormenta fue de unos 15 días aproximadamente.

Acuicultura Osorio, S. L.

Zona: Callao Salvaje. Adeje (SW de Tenerife)

Fecha: 28 al 29 de noviembre de 2005

La tormenta tropical delta que llegó a las costas canarias los días 28 y 29 de noviembre del año 2005, hizo que la intensidad del viento aumentara progresivamente a lo largo del día 28 dando lugar a intervalos de viento muy fuertes del suroeste, que produjeron rachas huracanadas en muchos puntos del archipiélago, un mal estado de la mar y una atmósfera muy inestable.

Esta tormenta originó vientos de dirección S, SW y W, que alcanzaron los 27 nudos y un oleaje de componente NO y NO con olas que superaron los 3 m de altura. Este fenómeno provocó la rotura de las estachas que amarraban las jaulas situadas cara a barlovento del entramado, 6 de ellas, cada una con un punto de rotura de 14 Tn, se partieron debido a los grandes esfuerzos a las que estuvieron sometidas. Esto produjo la rotura y estrangulamiento de los tubos de flotación de las jaulas, de la barandilla y de los candeleros, perdiéndose en dos jaulas la biomasa cultivada que contenían.

Debido a los daños producidos en las redes de las jaulas se perdieron los muertos del sistema anticorriente quedando en el fondo y teniendo que ser reemplazados. Este suceso provocó unas pérdidas materiales que ascendieron a unos 41.100 €, siendo la valoración de la biomasa perdida de 160.525 €. Las pérdidas totales incluyendo los daños materiales, las pérdidas de biomasa y el gasto correspondiente a la reparación total de la instalación fue de 201.625 €. La actividad no se detuvo en ningún momento, pero el tiempo necesario para reparar los daños originados por la tormenta fue de unos 15 días aproximadamente.

Acuicultura Osorio, S. L.

Zona: Callao Salvaje. Adeje (SW de Tenerife)

Fecha: 19 de agosto de 2005

Accidente producido por el abordaje de una embarcación a una jaula de cultivo. La embarcación se introdujo al completo en la jaula, causando daños a la red y a la estructura de la misma.

El impacto fue tal que dobló la barandilla superior quedando las colas del motor intraborda y una placa (estabilizador) en el interior de la jaula. El hundimiento de las colas en la jaula produjo la rotura lateral de la red, provocando la pérdida casi total de la biomasa cultivada. Este suceso provocó unas pérdidas materiales que ascendieron a unos 24.000 €, siendo la valoración de la biomasa perdida de 60.000 €.

La pérdida estimada de daños materiales y pérdida de biomasa fue de 84.000 €, teniendo en cuenta también el gasto correspondiente a la reparación de la jaula dañada. La actividad no se detuvo en ningún momento, pero el tiempo necesario para reparar los daños originados por la tormenta fue de unos 10 a 15 días aproximadamente. Además de estos accidentes graves, han ocurrido pequeños incidentes puntuales en algunas empresas que provocaron fugas de biomasa.

2.1.4.3. CATALUÑA

CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR ACUÍCOLA EN MAR ABIERTO EN CATALUÑA

Se exponen a continuación de manera descriptiva, los datos recabados de las encuestas realizadas.

a) Ubicación de las instalaciones

La producción de acuicultura en jaulas en Cataluña se distribuye actualmente en 3 zonas:

- Sur del Cabo de Creus
- Costa del Maresme
- Entorno del Delta del Ebro

- I. Geomorfología: La plataforma continental de la costa catalana llega hasta unos 200 metros. Esta parte avanza hacia el talud continental, donde existen zonas mucho más abruptas y escarpadas. La plataforma acumula sedimentos transportados desde el continente durante millones de años y hace que surjan formaciones típicas como los deltas fluviales o las cabeceras de cañones submarinos.

La costa catalana presenta importantes variaciones geomorfológicas de N a S, destacando en la parte norte (zona del cabo de Creus) la acción constante del oleaje, provocado fundamentalmente por la tramuntana (nombre local que recibe un viento frío que sopla del norte y noroeste) y los vientos de levante, con una plataforma abrupta y poco extensa. Delante de las costas del Maresme y del Garraf, la plataforma continental es una franja más estrecha, está acompañada de cañones y canales submarinos que llegan hasta el límite de la plataforma, en general poco abruptos y perpendiculares a la línea de costa.

El Delta del Ebro es situado al sur de Cataluña, es un delta de origen Holoceno, que tiene una superficie emergida de unos 325 Km² y una sumergida de 1.845 Km². Tiene una línea de costa formada principalmente por playas arenosas de alrededor de 52 Km. de longitud. Su plataforma continental se adentra unos 50 Km. en el mar, con unos taludes poco abruptos de hasta los 100 metros de profundidad. Esta zona se encuentra directamente afectada por las características de río Ebro, cuyos últimos 30 km. transcurren por esta llanura deltaica. Esta es una zona de especial interés para la acuicultura ya que además de varias de las instalaciones encuestadas, existe una importante actividad relacionada con la producción de moluscos y bivalvos.

- II. Distancia a la costa y a puerto: La distancia media encontrada en las instalaciones oscila entre una y tres millas náuticas. Generalmente son visibles desde tierra y suelen estar en zonas donde el impacto visual puede definirse como moderado. La distancia a puerto es, en general, similar, alrededor de las tres millas. Casi todas las empresas disponen de instalaciones auxiliares en tierra como oficinas, almacenes y salas de procesado que suelen estar ubicadas en los puertos próximos a la instalación. Esta cercanía permite operatividad y eficacia a la hora de gestionar las rutinas que a diario se realizan. Aún así, los desplazamientos que se deben hacer para llevar a cabo las tareas rutinarias de alimentación, despesque, supervisión de la instalación, etc. suelen acercarse a la ½ hora de navegación. Los puertos son plataformas imprescindibles de apoyo donde poder hacer las aproximaciones en barco para las descargas de alevines, de peces sacrificados para su posterior Caracterización de la acuicultura off-shore en Cataluña 15-03-07 - 30 - comercialización, o un lugar donde poder almacenar el pienso necesario para la jornada laboral. Los otros usos de las instalaciones portuarias tales como su uso para actividades deportivas y recreativas, hace que en ocasiones se deba establecer un

horario de entrada y salida de camiones que no coincida con la mayor actividad del uso recreativo.

- III. Profundidad y tipo de fondo: Las instalaciones se encuentran en un rango situado entre los 18 y 36 metros de profundidad, no se encuentra ninguna relación directa entre la zona geográfica y la profundidad, más bien responde a un efecto local. Los fondos son fangosos y con ausencia significativa de vegetación en la parte norte y con tendencia hacia la arena y el cascajo en la parte sur, donde se suelen observar algas y en algunos casos praderas de Posidonia, especialmente en la zona de l'Ametlla de Mar. Las instalaciones más cercanas a la costa del Delta del Ebro se caracterizan por fondos arenosos y por verse influenciadas por las avenidas de agua continental del río con la repercusión que ello tiene en el cambio de la salinidad, en especial en las capas más superficiales de la columna de agua.
- IV. Clima y meteorología: Cataluña presenta un clima mediterráneo, de temperaturas suaves durante el invierno y veranos calurosos. Los vientos son variables y su distribución está de acuerdo a las diferentes zonas, así en la parte norte de la comunidad, los vientos más violentos tienen una procedencia son del N (Tramontana) y de NW (Mestral) en la parte del sur de Tarragona. Sin embargo en la parte central y sur predominan vientos del WNW y del W (Ponent) y con cierta tendencia al SW (Garbí) en la zona colindante a la costa valenciana. En las épocas en las que las temperaturas son más cálidas, es habitual un régimen de marinada del suroeste a partir de media tarde creada por el contraste de temperatura tierra-mar.
- V. Corrientes: Se conoce, a grandes rasgos, que la circulación de las corrientes en la plataforma continental catalana es compleja y de difícil predicción (ver gráfico a continuación). Las corrientes no suelen superar los 50 cm./s, sin embargo tienen un papel muy importante en el transporte de materiales y sean disueltos o en suspensión, como los aportes de los ríos o de los emisarios submarinos y su efecto sobre la calidad del agua y la productividad biológica. Hasta el momento, la medición Caracterización de la acuicultura off-shore en Cataluña 15-03-07 - 32 - de las corrientes se ha hecho de forma puntual, sin que existan mediciones sistemática, por lo que una medición continuada de las corrientes marinas y la plataforma supondrá un paso importante en la investigación y ayudará a una mejor eficacia de las actividades pesqueras y de la acuicultura.

b) Descripción de los sistemas y tecnologías empleadas. Tipos de jaulas

- I. Jaulas: En la costa catalana de las 94 jaulas identificadas, el 89% son tipo "Corelsa" y un 11% proveniente de "Quintas y Quintas":

El modelo predominante es el de 19 a 21 m de diámetro y de unos 2.800 a 3.500 m³, circulares, de unos 10 m. de profundidad y de polietileno de alta densidad con tubos de flotación de 250 a 350 mm de diámetro. Destacamos (comunicación personal de Jordi Carreras) la evolución del tamaño de jaula en la comunidad, pasando desde lo 12,5 m de diámetro hasta la tendencia actual de llegar casi a los 25 m.

Merecen mención aparte las jaulas destinadas al engrase del atún rojo, de unos diámetros de 50 a 120 m., con profundidades promedio de hasta 25-30 m. pero que varía en función del momento del engrase y del número real de individuos.

- II. Redes: Excepto los modelos utilizados para las jaulas de atún (de fabricación propia y en 180 mm de grosos de hilo), todas las demás redes utilizadas provienen de “Corelsa”, con luz de malla que varía desde lo 8 mm (para tallas de alevín de 5 a 10 g) hasta los 36 mm (para las tallas de tamaño de venta). Es habitual el uso de antifouling, aunque nos han comentado que es el tratamiento de fábrica y que no suele aplicarse ningún otro a posteriori. Predomina la fabricación en Nylon trenzado y generalmente con forma cuadrada. Suelen revisarse con asiduidad dentro de los programas de mantenimiento con una frecuencia semanal y se dan de 2 a 3 cambios por ciclo productivo, básicamente por seguridad en el paso de la malla y por los efectos de acumulación de algas, mejillón y foluling en general.
- III. Sistemas de fondeo: El modelo más habitual se basa en un sistema de cadena-muerto-ancla, solo en algunos casos además cuenta con estacha.
- Los pesos están en torno a los 4.000 kg para los muertos y alrededor de los 1.000 kg para las anclas. Los cabos habituales son de 36, 34 y 24 mm.
- Las uniones tienden a simplificarse, hacerse más flexibles y libres para evitar roturas por desgaste o rozamiento. Quedan señalizadas por boyas de compensación.
- IV. Sistemas de amarre y sujeción: Los materiales habitualmente utilizados son cabos de alta resistencia y cables, que conforman el emparrillado (ver esquema) habitual para este tipo de tren de jaulas. Las jaulas están fijas al entramado desde anillos reforzados mediante estachas y cabos. El número promedio de amarres por jaula es de 8, con 32 soportes y 12 “H”, que acaban conformando la estructura del anillo de flotación.
- V. Sistemas auxiliares (dispositivos anticorriente, redes de protección, balizamiento,...): El dispositivo anticorriente que suelen presentar es el de pesos enganchados en la parte inferior de la red con pesos variables en función de la instalación, pero que suelen ir desde los 10 hasta los 20 Kg., aunque también se nos ha informado de la presencia de aros (anillos anticorriente) de 280 mm en la parte inferior de la red, este es un sistema tubular similar al utilizado para la flotabilidad de la jaula, generalmente de menor diámetro, y que se rellena de un peso, que hace que tenga una estructura homogénea e inamovible. Suele colgarse de los tubos de flotación con una profundidad algo mayor a la de la red.

El modelo habitual de sistemas de protección ante los pájaros, para evitar que ataquen a los peces en el momento de la pesca o cuando están comiendo en superficie. También como medida de protección de posible escapes, es el de redes clásicas con bolas en la parte superior. Prácticamente en todas nos han comentado la utilización de sistemas antifouling, que ayuda a que disminuya el peso de la red por el fouling acumulado y aumenta la protección y el tiempo que la red puede estar sumergida. El balizamiento es el habitual para este tipo de estructuras y básicamente su misión es la de señalar la presencia de la instalación.

f. Embarcaciones: El modelo más extendido es el catamarán, los hay desde los 9m. de eslora hasta los 18 m, como el utilizado en el engrase del atún, que llegan a tener TRB de hasta 52 Tm. También se observa la presencia de embarcaciones rígidas de 17 m y un monocasco de 8 m, utilizada como embarcación de apoyo para las tareas de alimentación, pesca, mantenimiento en los días de condiciones desfavorables y para las inspecciones submarinas. Las embarcaciones suelen estar acondicionadas para el mantenimiento de una a tres grúas y maquinilla y sistemas de almacenamiento de pienso (para su distribución) o de cubetas para la cosecha del pescado.

c) Producción y gestión de las instalaciones

El tamaño de las instalaciones existentes en Cataluña varía desde las 350 Tm hasta las algo más de 1.000 Tm de engrase de atún. La media de las instalaciones, sin contar esta última es de unas 450-500 Tm, en general podemos considerarlos a todos como medianos – grandes productores.

Con los datos obtenidos en las encuestas, encontramos que tan sólo existe una instalación (Granja Marina Masnou) que trabaja con dos especies. Como vimos anteriormente se producen (datos 2006) unas 2.050 Tm de dorada, 910 Tm de lubina y 1.000 Tm de atún. Sabemos de la existencia de una cantidad de corvina en torno a 15- 10 Tm y de algo de rodaballo en jaulas sumergidas (alrededor de 20-25 Tm) pero no hemos conseguido información relativa a sus instalaciones.

Respecto a los recursos humanos destaca especialmente la alta polivalencia del personal, siendo habitual que los buzos, además de las funciones básicas de control de la instalación sumergida, también se encarguen de la alimentación y gestión integral de la instalación. El número medio de personal es de unos 8-10 para una instalación de 400 a 500 Tm. El personal común a todas ellas es la presencia de un patrón, buzos – alimentadores – rederos – vigilantes y de la gestión técnica y administrativa.

Todas las instalaciones consultadas disponen de programas de mantenimiento en los cuales se tienen en cuenta todos y cada uno de los puntos débiles de las instalaciones, no solo del estado de las redes, si no de todas y cada una de las estructuras, piezas, cabos, muertos, etc., que al trabajar en conjunto son vitales para la seguridad de las instalaciones y por lo tanto de los peces que en ellas se cultivan. La frecuencia depende en cada caso pero como término medio se puede establecer que en general de 2 a 3 veces por semana, de los cabos, cadenas, boyas, tensores, etc. normalmente una vez por mes y de la revisión de los anclajes y fondeos, de 2 a 3 veces por año.

A modo de ejemplo hemos creído oportuno aportar los estadillos que se han utilizado en una empresa privada y en las propias instalaciones que IRTA tiene en su polígono de jaulas flotantes experimental a una milla del puerto de Les Cases d'Alcanar (Tarragona), donde puede observarse de que manera puede llegarse a protocolarizar el trabajo de mantenimiento de todos los puntos críticos de una instalación de cultivo en jaulas (ver plantillas adjuntas). Estos modelos de integración de la información y seguimiento de la instalación, permiten la generación de un conocimiento esencial de cara a la identificación de los riesgos reales y potenciales para cada elemento y para cada instalación.

Complementariamente existen instalaciones en tierra que contribuyen a la logística de la actividad, así, solemos encontrar instalaciones específicas para el lavado de redes, almacenes de material, almacenes para pienso, cámaras de congelación, salas de preparado del producto final, así como, oficinas y talleres de mantenimiento.

Una mención especial se dedica al cuidado de las redes, su mantenimiento es esencial, las redes deben ir numeradas para su identificación, ya que debe quedar registro histórico de cada una de las redes que van a ser reutilizadas después de su limpieza y remiendo así como para su almacenaje.

d) Principales accidentes acaecidos en los últimos años

De las instalaciones que actualmente están operativas, sólo tenemos constancia del accidente producido en el año 2002 en Granja Marina del Masnou, producido por un fuerte temporal de levante que supuso la rotura de los cabos y posteriormente la rotura de las redes. Se estima una pérdida de unas 100 a 150 Tm de peces (dorada) por fuga.

Tenemos constancia de otro accidente del año 1998 en Arenys de Mar, debido a temporal de Sur que igualmente supuso la rotura de las redes y el escape de un número de toneladas similares al anterior, también dorada.

Finalmente, el último accidente grave datado y que supuso el cierre de la instalación, se dio en L'Escala (Girona) en el año 2003, también por un temporal de levante y que supuso la pérdida por fuga del cien por cien de los peces, cerca de 1,5 millones de lubinas.

e) Identificación de los riesgos

- I. Patología: Ocupa el primer lugar de preocupación, en cuanto a riesgos inherentes, respecto al cultivo en mar abierto. Básicamente se observan casos asociados a presencia de brotes bacterianos (relacionados con las bajas temperaturas, mixobacterias, vibriosis y pasteurelisis), parásitos (*Microcotile* sp) y virus (linfoquistis), que suelen ser tratados siguiendo las recomendaciones veterinarias y bajo su preceptiva receta. El nivel de afectación y la frecuencia puede considerarse como medio, aunque depende de la época del año, el principal factor afectado es la supervivencia y el crecimiento.

- II. Climatología: Es el segundo factor en importancia, fenómenos como el oleaje, el viento, los temporales, etc. con incidencias altas en algunos casos debido a los vientos (en general en la zona sur) e incidencias medias a bajas para el resto de instalaciones, son los que directamente originan los accidentes más graves o habituales, aunque como hemos dicho su impacto sea menor que en el caso de las patologías. Por término medio suelen perderse de 1 a 2 semanas al año, en forma de días no hábiles y suelen afectar primordialmente a la alimentación. De hecho, uno de los escasos accidentes identificados (Granja Marina del Masnou) fue debido a que un fuerte temporal causó rotura de las redes y cabos de sujeción, ocasionando pérdida de peces. Ante este tipo de eventualidades se suele reaccionar con la revisión de la instalación y el refuerzo de las redes.

- III. Fallos humanos y abordajes: Aunque no están claramente identificados en las encuestas, se han identificado accidentes personales que han afectado al personal de las instalaciones, conllevando alguna fractura ósea y poco más. También se asocia a fallos de tipo humano el abordaje causado por barcas de pesca o de la propia instalación que pasan por encima de las jaulas.

- II. Predadores naturales, vandalismo, objetos flotantes: La incidencia de este tipo de eventualidades se cualifica en general como baja o muy baja, con pérdidas escasas y que afectan a un número de días bajo. En algunos casos se asocia a la rotura parcial de redes o algunos elementos de la estructura, generalmente de rápida reparación y sin afectación directa a la actividad.

2.4.1.4. GALICIA

CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR DE LA ACUICULTURA EN MAR ABIERTO EN GALICIA

a) Ubicación de los establecimientos

Geomorfología. Todas las jaulas de cultivo de peces en Galicia se hallan ubicadas dentro de que se conoce como rías gallegas, amplios estuarios que caracterizan la costa gallega. En Geología y Geografía se emplea el término “ría” para designar a un valle fluvial hundido e invadido por el mar. Este origen fluvial, que la mayoría de autores coincide en asignarle a estas amplias zonas estuáricas, es el que diferenciaría principalmente a las rías de los fiordos noruegos (origen glacial). Desde el punto de vista biológico, las rías gallegas son ecosistemas con una gran riqueza, propiciada por una elevada productividad primaria (fitoplanctónica).

- I. Distancia a la costa: Todas las instalaciones están muy cerca de la costa, máximo 500 m, lo que permite que, en la mayoría de los casos, se pueda realizar una vigilancia desde la costa.
- II. Distancia a puerto: La distancia a puerto oscila entre los 500 m y la milla náutica, lo que facilita mucho la logística para las operaciones de cultivo y supone un ahorro muy importante de tiempo y combustible.
- III. Profundidad y tipo de fondo: La profundidad donde se encuentran ubicadas las diferentes instalaciones oscila entre los 12 y 18 m. El fondo es arenoso en la mayoría de las instalaciones, aunque en algunas tienen una cierta presencia de fango.
- IV. Clima y meteorología: El clima de Galicia se incluye dentro de los templados-atlánticos europeos que se caracterizan por sus moderadas temperaturas y elevadas precipitaciones. En la costa, las temperaturas oscilan de 8°C a 10°C en invierno y de 20°C a 25°C en verano.

El régimen de vientos en Galicia está definido por la circulación global atmosférica y por los efectos locales generados por la complejidad orográfica de su terreno. Son características dos situaciones:

1. En invierno, la entrada de frentes procedentes del océano Atlántico en el noroeste peninsular origina vientos de dirección suroeste, que son constantes y energéticos.
2. En verano, el anticiclón se centra en las islas Azores, de donde toma su nombre, y entra en forma de cuña en Galicia, originando vientos de dirección noreste. En general suelen ser suaves, aunque en ocasiones muy energéticos.

Los vientos fuertes del suroeste en invierno originan temporales que algunos días impiden el acceso a las instalaciones, por ello conocer las predicciones meteorológicas con bastante aproximación es muy importante para la planificación de las operaciones de cultivo de las jaulas.

- V. Hidrología: Las corrientes de marea son bastante amplias en toda la costa de Galicia y en la mayoría de los emplazamientos existe una buena renovación de agua debido a las corrientes.

b) Descripción de las Instalaciones

I. Tipos de jaulas: En Galicia existen varios sistemas de jaulas

- Jaula circular flotante: consistente en dos anillos concéntricos contruidos en polietileno de alta densidad, a los que por medio de soportes se une a un anillo de menor diámetro que hace las funciones de barandilla, con una altura aproximada de un metro por encima de la superficie del mar. De la estructura flotante se pende una red cilíndrica, cuyo tamaño varia entre los 16 m a 25 m en las instalaciones dedicadas al cultivo de besugo y abadejo y con una profundidad media de 9 m.

El modelo circular que se está usando para el cultivo rodaballo tiene un diámetro de 50m y las redes tienen una profundidad de 3 m y el fondo es plano.

Estas jaulas fueron todas suministradas por la empresa Corelsa S.A., ubicada en el polígono industrial de la Grela en A Coruña.

- Jaulas rectangulares: consiste en una estructura metálica rectangular de 12x6m, colocada sobre flotadores plásticos. Las jaulas están unidas unas a otras mediante grilletes, en grupos de ocho jaulas. Estas estructuras son fabricadas por la propia empresa y se dedican al cultivo de salmónidos y de lubina.

- Jaulas cuadradas: En relación a esta forma de las jaulas encontramos diferentes variedades:

1º Estructuras de polietileno de alta densidad a las que se unen, por medio de soportes del mismo material, barandillas donde se sujeta la red para evitar el escape de los peces. Consta de cuatro módulos de 5x5 m. Todo el perímetro de los módulos lleva pasillos de polietileno. Este modelo, suministrado por la empresa Acuiredes, es el que se está empleando en el Instituto Galego de Formación en Acuicultura (IGaFA) para desarrollar la formación de los técnicos de acuicultura.

2º Plataforma de madera de eucalipto soportada por flotadores de chapa recubiertos de poliéster. Esta instalación es el resultado de una modificación de una batea dedicada al cultivo de mejillón, en la que a la estructura de madera se le realizaron varios huecos de los que se suspenden las redes. Esta instalación es la que pertenece a la Asociación de Cultivadores Illa do Santo y se dedica al cultivo de besugo

3º Estructuras metálicas que van colocadas sobre flotadores polietileno. Sobre estructuras se unen unos soportes metálicos para la sujeción de la red. Estas estructuras tienen unas dimensiones de 6x6 m y de ellas se penden las redes de 2,5m de profundidad y con el fondo plano. Las jaulas están unidas unas a otras mediante grilletes en grupos de 15. El perímetro de cada modulo lleva en el suelo losetas plásticas cuadradas para poder desplazarse sobre ellas y realizar las operaciones de cultivo con más facilidad. Cada jaula esta cubierta con un malla de sombreo para evitar producir quemaduras solares en los peces al estar a tan poca profundidad. Esta instalación se corresponde con la empleada por la cooperativa Loitamar, que se dedica al cultivo de rodaballo. Las estructuras y redes son fabricadas por la propia cooperativa.

4º Estructuras metálicas sumergidas. Cada una de ellas va colocada sobre una base metálica con patas que se apoyan en el fondo, la mesa va lastrada y hace las funciones del muerto para el fondeo. Toda la estructura esta rodeada de red y el fondo es plano Las jaulas están ubicadas independientemente unas de otras. Este sistema de cultivo es el que utiliza la empresa Insuiña para la producción de rodaballo.

II. Redes: Las redes que predominan en las diferentes instalaciones son de nylon, sin nudos, fundamentalmente cuadradas. La luz de malla varía desde 12 a 40 mm.

- III. Sistemas de fondeo: El método de fondeo en todas las instalaciones es mediante muertos, que suelen tener un peso variable dependiendo del tipo de jaula. Así, las jaulas superficiales dedicadas al cultivo de rodaballo van fondeadas con muertos de 20 Tm, en cambio la estructura de batea modificada el peso de los muertos es de 2,5 Tm.

El tren de fondeo utilizado en las instalaciones de Galicia suele ser: muerto-cadena-estacha. En algunas instalaciones en la unión de cadena-estacha se colocan boyas de compensación, que levantan el extremo inicial de la cadena, con el fin de que el tramo de la estacha siguiente no roce en el fondo y se vaya desgastando y termine por romperse.

Las cadenas suelen tener un grosor entre 30-40 mm. Las estachas son de nylon y su diámetro varía entre los 20 y los 40 mm.

- IV. Dispositivos anticorriente: La mayoría de las instalaciones, para evitar la deformación de las redes por las corrientes, utilizan pesos colgados de la parte inferior de la jaula en número variable dependiendo del diámetro o superficie de la jaula y de la intensidad de las corrientes en la zona donde se encuentra el emplazamiento.
- V. Sistemas auxiliares:

i. Alimentación; en todas las instalaciones de jaulas de Galicia la alimentación es manual. El pienso es transportado en las embarcaciones o como en el caso de Loitamar, en el que el emplazamiento es una zona de aguas muy tranquilas, delante de cada jaula se coloca un recipiente plástico donde se guarda el pienso para alimentar a ese módulo. Alguna instalación está probando métodos de control de la alimentación mediante cámaras para poder observar el comportamiento de los peces a la hora de alimentarlos. La instalación de Loitamar dispone de una plataforma flotante de trabajo y para almacén de piensos y redes de 600 m².

ii. Vigilancia: en la mayoría de las instalaciones no tienen vigilancia nocturna pero, como todas están muy próximas a la costa, es fácil su observación y realizar un control desde tierra. Para evitar la entrada de aves en las jaulas todas las instalaciones de cultivo están provistas de redes antipájaros, colocadas encima de las barandillas de las jaulas. En las de mayor diámetro se colocan un dispositivo flotante, en forma de pirámide truncada, para evitar que la red esté en contacto con el agua. Las instalaciones están señalizadas con sistemas de balizamiento para evitar las colisiones de embarcaciones contra ellas.

- VI. Embarcaciones: La embarcación que más se utiliza son los barcos mejilloneros de poliéster adaptados a estos sistemas de cultivo, de unos 20 m de eslora, equipados con grúa y una amplia plataforma de trabajo. Además, algunas instalaciones, suele contar con una embarcación menor, de poliéster o polietileno, con motor fueraborda, para los desplazamientos rápidos a la instalación.

c) Gestión de las Instalaciones

- I. Recursos humanos: El número de trabajadores es muy variable en función del tamaño, especie de cultivo y tipo de instalaciones como se puede ver en la siguiente tabla:

INSTALACION	ESPECIES	(TM)	personal	Observaciones
Isidro de la Cal Fresco	Besugo y Abadejo	220	5 Operarios 2 Buzos	Estas tres instalaciones pertenecen al mismo grupo y tienen un director de acuicultura y director de producción dedicados a esta actividad
Isidro de la Cal Fresco	Besugo	300	1. Técnico en acuicultura 5 Operarios 3 Buzos	
Corelsa Servicios	Rodaballo	138	1 Técnico en acuicultura 5 Operarios 3 Buzos	
Marcultura	Rodaballo y Lubina	19,5 10,5	3 Operarios 1 Buzo externo	Las dos empresas pertenecen al mismo grupo y tienen un mismo director de producción
Marcultura	Salmónidos y Rodaballo	400 16	3 Operarios 1 Buzo	
Loitamar	Rodaballo	450	22 Marineros 4 Operarios	
IGaFA	Besugo y Lubina			Centro de Formación
Asociación de acuicultores Illa do Santo	Besugo	1.5	8 Marineros	
Couso 1	Besugo		8 Marineros	Estos trabajadores son los mismos de la asociación de acuicultores que realizan los trabajos en esta instalación dedicada a la investigación.
Insuiña	Rodaballo	112	2. Técnicos de acuicultura 2 Operarios 4 Buzos	

Tabla 5. Número de trabajadores de las diferentes empresas encuestadas Fuente.: IGaFA

- II. Protocolos de mantenimiento: Cada instalación tiene su propio plan de mantenimiento de la instalación, si bien existen diferencias debidas a que no todas las instalaciones son iguales ni tienen el mismo sistema de cultivo.
- III. Sistemas de limpieza de redes: En las instalaciones de mayor producción el lavado se hace mediante lavadoras de redes y el secado al aire. En las instalaciones pequeñas y las que se dedican a la formación e investigación el lavado es con chorros de agua a presión y posterior secado al aire.
- IV. Periodicidad de revisiones y limpieza: En general la mayoría de las instalaciones realizan una revisión de redes semanal y una revisión general quincenal o mensual. El cambio de redes es muy variable en función del nivel de "fouling" en la zona del emplazamiento de la instalación. Un aspecto importante a tener en cuenta es que las rías bajas tienen una gran productividad lo que favorece la fijación de los organismos (sobre todo mejillón) en las redes lo que implica que el cambio debe ser más frecuente que en las rías altas, donde hay menor producción de mejillón.

d) Principales problemas ocurridos en las Instalaciones

En Galicia prácticamente no hubo siniestros en las instalaciones de cultivos de peces en jaulas y los únicos descritos en las encuestas fueron: en una instalación la rotura de unos amarres debido al abordaje de una embarcación y otra instalación la rotura de la red por parte de mamíferos marinos lo que ocasionó la pérdida de una parte de la producción. Otro aspecto que indicaron en algunas instalaciones fue el robo por parte de personas ajenas a la empresa, aunque en ningún caso estos actos de vandalismo supusieron grandes pérdidas en la producción.

2.4.1.5. MURCIA

Como ya se comentó anteriormente, el bajo grado de colaboración que se ha obtenido por parte del sector acuícola en esta actuación del Plan, ha dado lugar a que los resultados obtenidos en la Comunidad de Murcia, no sean concluyentes para la consecución de una caracterización de la acuicultura murciana en mar abierto.

Se hace necesario por tanto una continuación en el tiempo de este tipo de entrevistas con el sector, para que conociendo las causas y llevando a cabo las medidas preventivas necesarias, se consiga una solución compartida para disminuir el número de accidentes e incidentes que ocurren en las instalaciones.

2.4.1.6. RECOMENDACIONES PARA LA REDUCCIÓN DE LA SINIESTRALIDAD DE LAS JAULAS FLOTANTES DE CULTIVOS MARINOS

Uno de los aspectos que debían extraerse de este Plan Nacional y más concretamente de esta actuación sobre accidentes sufridos por las instalaciones de acuicultura en mar abierto, consistía en un protocolo para evitar dichos accidentes.

Es claro que para obtener dicho resultado hubiera sido necesario un desarrollo técnico importante, mediante el análisis profundo de accidentes in situ, la inspección subacuática de los elementos estructurales que conforman un entramado de jaulas flotantes de cultivo, y un estudio detallado de las causas y consecuencias de los siniestros más destacados ocurridos en las costas españolas. Como quiera que lo anterior podría ser objeto específico de un estudio a medio plazo, y teniendo en cuenta las dificultades de obtención de este tipo de información, esta actuación se ha basado en la realización de encuestas, entrevistas y algunas inspecciones sobre este mismo hecho.

En términos generales, de los datos obtenidos se deduce que el origen de los accidentes que ocasionan las mayores pérdidas en instalaciones de cultivo en el mar se derivan de situaciones meteorológicas muy adversas, sobre instalaciones que normalmente o no están en lugares adecuados, o no están bien diseñadas o donde el mantenimiento no es riguroso. Por lo tanto, se deberán incrementar los esfuerzos para disminuir la siniestralidad acaecida por dichas causas.

Por todo lo anterior, y a partir de los datos obtenidos se realizan las siguientes recomendaciones para disminuir el riesgo de sufrir accidentes en instalaciones en mar abierto en las costas españolas, que aunque no supongan la desaparición de incidentes, al menos su aplicación paliará la gravedad de los mismos:

ELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

Es de gran importancia la correcta elección de la localización donde se va a desarrollar la producción, ya que de ella va a depender directamente el éxito o el fracaso de la inversión. Se deben tener en cuenta una serie de condiciones que es preciso que cumplan en mayor o menor grado. Estas condiciones o factores de riesgo considerados en la elección del emplazamiento, se dividen en factores causantes de posibles accidentes, y factores que inciden en el correcto desarrollo de la actividad productiva. Los factores más relevantes que deben ser tenidos en cuenta como posibles causantes de accidentes, son:

- **Oleaje**: se encuentra en directa relación con la resistencia de las jaulas, y por ello se debe buscar que la frecuencia y altura de ola máxima y significativa no sobrepasan los estándares de resistencia fijados para el modelo de jaula utilizado. Los datos se pueden obtener de la red de boyas de medida de oleaje del Departamento de Clima Marítimo, perteneciente al ente público de Puertos del Estado, o bien haciendo cálculos teóricos a partir del viento. Los parámetros a controlar son: la dirección predominante del oleaje (frecuencia de cada cuadrante); el periodo de la ola, las alturas significativa y máxima (según los regímenes extremales escalares); el oleaje umbral para la consideración de temporal en la zona, con los días por año que se supera dicho valor; el fetch o barrido (longitud del área de exposición al oleaje, es decir, recorrido sin obstáculos del viento en el mar); el tipo de oleaje (sea o mar de viento: olas de origen próximo o swell o mar de fondo: olas generadas a gran distancia). De manera general, en lugares donde la altura significativa de la ola pueda superar los 3 metros, el riesgo a sufrir accidentes es muy elevado, por lo que se deben descartados.
- **Profundidad**: Conociendo el patrón de oleaje, se deberá de estimar la profundidad idónea. La profundidad óptima deberá ser superior al nivel del oleaje. Este se deberá calcular como la mitad de la longitud de onda del registro de las olas de la zona y teniendo en cuenta amplios márgenes de seguridad en previsión a temporales. Si la profundidad es menor a este nivel de oleaje, el valle de las olas puede tocar fondo, lo que provocará que la ola rompa encima de la instalación, aumentando considerablemente el riesgo de sufrir la rotura de alguno de sus elementos estructurales. De manera general deben evitarse los lugares donde la profundidad por debajo de las jaulas sea menor que dos veces la profundidad que alcancen los paños de la jaula.
- **Corriente**: bien sean generadas por el oleaje, o bien por la morfología de la costa, las corrientes provocan numerosas bajas en la producción de cultivo cada año. Cuando la velocidad de la corriente es lo suficientemente grande, deforma el volumen de cultivo aun cuando los sistemas anticorrientes funcionen a la perfección, lo que supone causar un importante estrés a los individuos y en último caso producir la muerte por agotamiento o aplastamiento.
- **Competencia de usos**: A la hora de escoger la ubicación de la instalación, hay que considerar los usos presentes y futuros definidos para la zona. La acuicultura es una actividad poco o nada compatible con actividades como el turismo, zonas con vertidos, las playas, y sobre todo la pesca y la navegación. No se debe olvidar que uno de los principales causantes de accidentes en jaulas es el abordaje de embarcaciones ajenas a la instalación.

Asimismo, en la siguiente tabla se muestran algunos factores de riesgo relacionados con la actividad productiva, que de forma complementaria a los factores posibles causantes de accidentes, deben considerarse en la elección del emplazamiento. Los valores son orientativos, y siempre deberán ser estudiados en su conjunto por un experto que pueda establecer si éstos son excluyentes o compatibles con la seguridad de las instalaciones acuícolas o el desarrollo de la actividad. Para su interpretación, considerar el factor velocidad de la corriente, con la indicación (1), como la velocidad media de la corriente a 10 metros de profundidad (medida a lo largo de 1 mes) y los factores con la indicación (2) como dependientes de la especie a cultivar y de la zona geográfica.

FACTOR DE RIESGO	BAJO	MEDIO	ALTO
Oleaje	De 1 a 3 m	< 1 m	> 3 m
Profundidad	> 30 m	De 15 a 30 m	< 15 m
Velocidad Corriente (1)	<5 cm/s	5-15 cm/s	>15 cm/s
Competencia entre usos	Nada	Poca	Mucha
Contaminación aguas	Bajo	Medio	Alto
Temperatura máxima (2)	De 22 a 24 °C	De 24 a 27 °C	> 27 °C
Temperatura mínima (2)	12 °C	10 °C	< 8 °C
Salinidad media (‰) (2)	De 25 a 37	De 15 a 25	< 15
Salinidad (fluctuación)	< 5	De 5 a 10	> 10
Oxígeno disuelto (%)	> 100	De 70 a 100	< 70
Turbidez / sólidos en suspensión (2)	Bajo	Moderado	Alto
Sustrato	Arena o grava	Mezcla	Fango
Estado trófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico
Fouling	Bajo	Moderado	Alto
Depredadores	No	Algunos	Abundantes

Tabla 6. Factores a considerar al seleccionar un lugar para la acuicultura en jaulas. **Fuente.:** DAP

A modo de resumen, y considerando los factores caracterizados como posibles causantes de accidentes en instalaciones acuícolas en mar abierto, oleaje, profundidad, corriente y usos que confluyen en la zona, se hace necesario evitar los lugares donde el valor de éstos suponga un riesgo elevado. En caso de no ser posible y tener que estar expuestos a ellos, se recomienda utilizar los materiales cuya tecnología esté preparada para estas zonas, como son estachas de nuevos materiales más resistentes, redes diseñadas para aguantar fuertes tensiones, jaulas sumergibles, etc.

DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO

El correcto diseño y dimensionamiento de una instalación de acuicultura en mar abierto es un aspecto en el que participan activamente las leyes de las Ciencias, la Ingeniería y la Economía. Es por ello que estos pilares básicos para el buen funcionamiento de la actividad van a ser punto de inflexión entre una producción/actividad rentable y otra que no lo sea.

- Selección de materiales: Es conveniente utilizar las mejores tecnologías disponibles en el mercado y acordes con las necesidades de la ubicación. No es aconsejable escatimar en estos gastos ya que de la correcta elección de los mismos va a depender el buen funcionamiento de la estructura. A menudo la utilización de materiales destinados a zonas poco expuestas en instalaciones off-shore, da lugar a la rotura de los mismos cuando se ven afectados por un temporal que supera las condiciones para las que fueron fabricados, quedando enmascarada la verdadera razón.

- **Solicitud del Esfuerzo:** Se basa en el estudio de las condiciones futuras que pueden existir en la zona, y realizar en función de los resultados obtenidos la elección más adecuada a las exigencias del terreno, tanto en ubicación como en la elección de materiales y diseños de estructuras de cultivo.

Por tanto, respecto al diseño y dimensionamiento, se recomienda:

1. Reforzar los puntos de anclaje de las caras de barlovento de las instalaciones, mediante la utilización de sistemas de doble muerto o con fondeos adicionales de anclas.
2. Aumentar la longitud de los fondeos, para estabilizar los entramados de las jaulas proporcionándoles mayor seguridad.
3. Emplear redes con refuerzos de mejor calidad constituidas por materiales que tengan mayor resistencia a la rotura y que resistan condiciones de oleaje elevadas.
4. Utilizar en todas las jaulas los aros como sistemas anticorriente, de dimensiones y presión nominal adecuada para cada instalación en función del grado de exposición a la corriente.
5. Emplear perros (doble boya de distribución en los vértices del entramado) para liberar al entramado de esfuerzos derivados de corrientes excesivas.
6. Sustituir en las uniones de los diferentes elementos de anclajes, los sistemas anillas-grilletes por grilletes de mayor resistencia, disminuyendo el número de unidades empleadas en ellas eliminando así fricciones y roces innecesarios que fatiguen el material y disminuyan su tiempo de vida.
7. Aumentar el número y longitud de estachas utilizadas como amarre de las jaulas a los vértices del entramado. De esta forma se disminuye la tensión en las jaulas cuando el oleaje es elevado.

PLAN DE MANTENIMIENTO

La correcta gestión y elaboración, del Plan de Mantenimiento, según las necesidades de la instalación, es imprescindible en el funcionamiento de una producción. Para ello, debe consistir en una herramienta clara y concreta a la hora de indicar la tarea a realizar, y sencilla a la hora de realizar el registro. Por ejemplo, una simple tabla (Access o Excel) en la que se reflejen las tareas programadas de revisiones periódicas y cambios de elementos y en la que queden registrados la fecha, el trabajador y las observaciones encontradas una vez realizada la tarea.

En función de la experiencia del personal, de la forma de gestión de la instalación, de las condiciones climatológicas y oceanográficas que afectan a la zona y del fabricante y características de los elementos que conforman la instalación, se deberá elaborar un plan de mantenimiento determinado que asegure el correcto funcionamiento de la planta, minimizando los riesgos que se puedan prever.

Para el tipo de instalación mayoritaria en nuestras costas, jaulas flotantes o de gravedad, colocadas en parrilla dentro de un entramado compuesto por estachas o cable y con fondeos formados por muertos o combinando muertos mas anclas, se recomienda a continuación una serie de plazos de revisión y cambio de elementos que no deberían, en ningún caso, ser excedidos independientemente del emplazamiento:

FRECUENCIA	ACCIÓN	OBSERVACIONES
SEMANAL	Conexión entre la red y la parte superficial de la jaula	Buscar indicios de debilitamiento o exceso de tensión
SEMANAL	Chequeo de la red	Se incrementará en caso de temporales o fuertes corrientes
CADA 3 SEMANAS	Conexiones entre el ancla y los muertos	Buscar indicios de desgaste en los elementos. Inspeccionar tras temporal
CADA 4 SEMANAS	Entramado Superficial	Inspeccionar Grilletes, pasadores y los amarres de las estachas
CADA 4 SEMANAS	Zona inferior de la red y conexiones con los anticorrientes	Buscar indicios de desgaste y asegurar con costuras
CADA 6 MESES	Ánodos de Zinc del entramado	Reemplazar si es necesario
CADA 6 MESES	Conexión entre el ancla y la línea de anclaje	Inspeccionar Grilletes, pasadores y costuras de las estachas
CADA 6 MESES	Cambio de redes	Muy variable es función de la ubicación
CADA 12 MESES	Limpieza de estachas	Mediante deslizamiento de un grillete con la ayuda de una embarcación

Tabla 7. Plazos revisión y cambio de elementos de instalación estándar. **Fuente:** Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero.

Destacar que las fechas mostradas son orientativas, pudiendo en algunos casos disminuir considerablemente la periodicidad de las revisiones. Ejemplo claro de esto es el procedimiento del cambio de redes, el cual llega a realizarse con una frecuencia inferior a dos meses en instalaciones cercanas al Estrecho de Gibraltar o superior a 10 meses en aguas mediterráneas cercanas a la Comunidad de Murcia.

Debe existir por su parte un plan de revisión de las instalaciones ante situaciones de alerta y tras la ocurrencia de temporales, prestando mayor atención a los elementos que proporcionan mayor seguridad a la planta, fondeos y amarres, o que sean más susceptibles de ser protegidos, como es el caso de las redes.

INTRODUCCIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

Algunas de las variables anteriormente descritas como importantes en el control de la calidad del agua (temperatura, salinidad, turbidez, oxígeno disuelto, etc.) pueden ser medidas por aparatos diseñados a tal efecto, como correntímetros, salinómetros, etc. El desarrollo de éstas, junto con tecnologías de aviso remoto, pueden ser de vital importancia ante eventos ocasionales como escorrentías, avenidas de ríos cercanos o presencia de tóxicos, que podrían dar al traste con la producción en un breve periodo de tiempo, así como para el correcto desarrollo de la producción.

a. Cámaras de vigilancia:

En algunas de las instalaciones de acuicultura off-shore las mayores pérdidas en la producción están originadas por la depredación y/o el vandalismo, causas que no generan excesivos daños a priori, pero que no obstante se deben intentar erradicar dado su carácter crónico. Con intención de terminar con el problema se diseñan tecnologías entre las que destaca las cámaras de vigilancia, las cuales aportan información en todo momento a través de imágenes tomadas en tiempo real.

b. Cámara submarina para el control visual de la alimentación en jaulas:

Son varios los modelos de cámaras existentes en el mercado destinados a la inspección y control de la alimentación. Desde cámaras de posición fija, situadas bajo la zona de alimentación, hasta móviles, capaces de girar 360 °C y desplazarse verticalmente en la columna de agua.

Esto último puede ser verdaderamente interesante, ya que permite bajar la cámara hasta el fondo de la jaula y verificar la mortalidad pudiendo detectar rápidamente aumentos anómalos.

c. Correntímetros:

Se trata de instrumentos diseñados para medir la corriente de agua en una zona concreta. Ésta información es muy importante para conocer con detalle el patrón de corrientes que ocurren en la zona de la instalación. Existen modelos en los que la información captada por el sensor es transferida a tiempo real a una centralita, en donde se pueden tomar las decisiones oportunas en caso de peligro.

d. Oxímetros:

La cantidad de oxígeno disuelto disponible dentro de la jaula de cultivo es un dato de vital importancia para el bienestar de los peces. Igual que en el caso anterior, los datos tomados por el sensor pueden ser transferidos a un ordenador que dará pie para tomar las medidas que se consideren necesarias.

e. Termómetros:

Se trata de uno de los sensores ambientales más importantes en el correcto funcionamiento de una instalación de acuicultura, ya que la temperatura influye en la aparición de ciertas patologías, en la concentración del oxígeno disuelto en el agua y en el metabolismo de los animales, lo que se traduce en diferentes tasas de alimentación.

f. Sistemas de alimentación centralizados:

Supone uno de los avances más importantes dentro de la acuicultura off-shore. Todo el trabajo que supone la alimentación en jaulas queda de esta forma centralizado gracias a infraestructuras y programas informáticos diseñados a tal efecto. Uno de los esquemas más novedosos en este tipo de alimentación consiste en transportar el pienso almacenado en silos, a través de tubos y por medio de aire hasta las jaulas. Este sistema reduce las tediosas labores de alimentación in situ con el consecuente descenso del riesgo para los trabajadores y posibles abordajes en las jaulas.

RECOMENDACIONES

Partiendo del programa de encuestas realizadas al sector acuícola en mar abierto y con la experiencia de anteriores proyectos de acuicultura off-shore, se ha elaborado las recomendaciones presentes con el objetivo de asesorar a los acuicultores en la problemática que muestran sus instalaciones ante la vulnerabilidad a sufrir accidentes.

Se pretende arrojar una serie de pautas a seguir que, sumadas a la experiencia del personal a cargo de la planta, contribuyan a tener un mejor control sobre los agentes causantes de la mayoría de los accidentes o incidentes que ocurren normalmente.

Son 4 las líneas que se proponen como ejes claves a considerar para la reducción de la siniestralidad en las jaulas de cultivo:

- Elección del Emplazamiento: se presenta como esencial en el desarrollo de la actividad acuícola. Son muchos los parámetros que se deben considerar, siendo los más importantes desde el punto de vista de los accidentes, el oleaje, la profundidad, las corrientes y el tránsito de embarcaciones. Un buen estudio previo detallado y realizado por expertos en cada uno de los temas a tratar, es sin duda alguna la clave de éxito de la actividad.

- Diseño y Dimensionamiento: se trata del grado de adecuación de los materiales elegidos para formar la instalación. Se apoya directamente en el punto anterior, elección del emplazamiento, y en la experiencia del personal a cargo de la instalación y de las casas fabricantes de los materiales. Se aportan en el documento una serie de recomendaciones prácticas extraídas de las encuestas a los responsables de las distintas instalaciones visitadas.
- Plan de Mantenimiento: mantener en perfectas condiciones de uso todos los elementos de la instalación es de vital importancia si se pretende mantener en el tiempo el correcto trabajo previo realizado.
- Nuevas Tecnologías: en los últimos años se han desarrollado innumerables aparatos que facilitan la gestión de la instalación, incluyendo el control de los parámetros oceanográficos, la vigilancia por control remoto, la señalización de la instalación, etc.

En la tabla siguiente se recogen de manera resumida las recomendaciones realizadas:

RECOMENDACIONES PARA REDUCIR LA SINIESTRALIDAD EN JAULAS DE CULTIVO EN MAR ABIERTO			
ELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO	CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS	OLEAJE	- Conocer detalladamente el comportamiento del oleaje en la zona de cultivo - Asegurar que la altura de ola en la zona no superen los estándares de resistencia de las jaulas a instalar.
		CORRIENTES	- Conocer patrón de dinámica de corrientes de la zona con el objeto de reforzar la instalación en las direcciones predominantes de la corriente
	UBICACIÓN	PROFUNDIDAD	- Evitar zonas donde la profundidad sea menor que dos veces la profundidad que alcancen los paños de la red, ya que a mayor grado de exposición mayor profundidad
		COMPETENCIA DE USOS	- Buscar zonas alejadas de tránsito de embarcaciones (pesca, deportivas, Transporte marítimo...) y otros usos que puedan provocar situaciones de riesgo.
DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO	SELECCIÓN DE MATERIALES	- Buscar asesoramiento por parte de expertos y/o proveedores y utilizar las mejores tecnologías disponibles en el mercado para la zona elegida.	
	SOLICITACIÓN ESFUERZO	- Estudiar las futuras condiciones a las que puede estar sometida la instalación con el fin de prever potenciales riesgos y anticipar soluciones.	
PLAN DE MANTENIMIENTO	SEMANAL	CONEXION RED /JAULA	- Buscar indicios de debilitamiento o exceso de tensión
		CHEQUEO RED	- Incrementar en caso de previsión de temporales o fuertes corrientes
	CADA 3 SEMANAS	CONEXIÓN ANCLA / MUERTO	- Buscar indicios de desgaste en los elementos. - Inspeccionar tras temporal
	CADA 4 SEMANAS	ENTRAMADO SUPERFICIAL	- Inspeccionar Grilletes, pasadores y los amarres de las estachas
		CONEXIÓN RED / ANTICORRIENTE	- Buscar indicios de desgaste y asegurar con costuras
	CADA 6 MESES	ÁNODOS DE ZINC	- Reemplazar si es necesario
		CONEXIÓN ANCLA /LINEA ANCLAJE	- Inspeccionar Grilletes, pasadores y costuras de las estachas
		CAMBIO DE RED	- Muy variable es función de la ubicación
	CADA 12 MESES	LIMPIEZA DE ESTACHAS	- Mediante deslizamiento de un grillete con la ayuda de una embarcación
	INTRODUCCIÓN NUEVAS TECNOLOGÍAS	CAMARAS DE VIGILANCIA	- Permiten tener controlada la instalación desde una ubicación en tierra
CAMARAS SUBMARINAS		- Mejoran la inspección y control de la alimentación. Algunos modelos son móviles permitiendo controlar la mortalidad en el fondo	
APARATOS DE MEDIDA		- Correntímetros, Termómetros, Oxímetros... posibilitan conocer al detalle los parámetros físicos que afectan a la instalación	
SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN		- Alimentación desde tierra a través de tubos que transportan el pienso mediante la impulsión con aire comprimido	

Tabla 8: Resumen recomendaciones para reducir la siniestralidad. **Fuente.:** Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero.

2.1.4.7. LOS SEGUROS EN LA ACUICULTURA EN MAR ABIERTO

Entre los cambios en los procesos de producción acuícola, destacan los cultivos off-shore que ha día de hoy se están convirtiendo en una verdadera apuesta de futuro. Pero ello trae consigo nuevas vulnerabilidades y sobre todo mayores inversiones por parte de los acuicultores, lo que hace indispensable la obtención de seguros que garanticen parte de la inversión realizada. Esta es la razón por la que la demanda de seguros se ha incrementado significativamente en los últimos años.

Como se ha señalado, la mayoría de las formas de la acuicultura deben ser clasificadas como actividades de gran riesgo, a causa de muchos peligros, algunos de los cuales están fuera del control de los productores, como por ejemplo cambios ambientales adversos, diferencias en el suministro del agua, catástrofes naturales como temporales, inundaciones, etc., y otras como epidemias de mortalidad por enfermedades, polución por descargas domesticas, agrícolas o industriales, las cuales solo están en parte bajo su control.

Además de facilitar ayuda para reducir las perdidas causadas por los desastres, los seguros pretenden ser una herramienta para evitar los accidentes mediante la correcta Gestión del Riesgo, imponiendo fuertes medidas preventivas para ello. Actualmente en la industria existen problemas importantes para concertar pólizas de seguro desde el punto de vista del asegurador, que debe proporcionar la cobertura necesaria y del acuicultor que necesita la protección.

Hasta hace muy poco tiempo ha sido muy difícil hallar un agente de seguros dispuesto a cubrir los riesgos de la acuicultura a un precio razonable. La falta de conocimientos por parte de las compañías aseguradoras sobre las características comerciales e industriales de la acuicultura y de la naturaleza de los riesgos que debían asegurar, ha sido la mayor desventaja.

La cobertura de un seguro se basa en el principio de repartir el costo del riesgo entre los asegurados, cargando primas que en su total excedan las perdidas que deben compensarse. El doble problema que se presenta ante los seguros para la acuicultura es la falta de datos entre los aseguradores para calcular los riesgos y la escasez de empresas dispuestas a participar en programas de seguros. Los aseguradores tienen que contratar los servicios de expertos técnicos y científicos para que les ayuden en el calculo de los riesgos y les aconsejen sobre la prevención y la reducción de las perdidas. Actualmente se está desarrollando un seguro más específico para la industria de la acuicultura. Aunque la estandarización y mejora de las prácticas en general son necesarias para conseguir niveles razonables de las primas, actualmente se está orientando a desarrollar seguros hechos a medida, más detallados y específicos de cada empresa. Esta tendencia parece ser inevitable por las diferencias existentes entre los negocios y por las mejoras en los peritajes de que disponen los aseguradores.

La industria tiene que aprender los principios y las prácticas necesarias para dominar la gestión de los riesgos a fin de minimizar las perdidas, lo que se refleja en el desarrollo e implementación de mejores prácticas administrativas, códigos de conducta, código de buenas prácticas y procedimientos de operaciones estandarizadas. En definitiva lo que se pretende es promover el correcto comportamiento, que consiste en que los acuicultores traten de minimizar los riesgos para ellos mismos, el medio ambiente y sus compañías aseguradoras. Esto asegurara a la larga un sistema satisfactorio de seguros para el beneficio de la industria en su conjunto.

En la actualidad, las opciones de seguro disponibles en el mercado para el sector acuícola nacional se componen, por un lado, de las ofrecidas por la asociación de entidades aseguradoras AGROSEGUROS, que posee un carácter semiprivado al participar de manera

directa con el Estado, y por otro las que ofrecen varias corredurías de seguros totalmente privadas, que viendo los avances tecnológicos acaecidos en el sector en los últimos años, se han lanzado a facilitar el, hasta hace poco arriesgado, aseguramiento integral de instalaciones acuícolas.

TIPOS DE SEGUROS

Es en 1978 cuando se implanta el actual Sistema de Seguros Agrarios Combinados mediante la promulgación de la ley 87/1978, de 28 de diciembre, posteriormente desarrollada mediante el Real Decreto 2329/1979, de 14 de septiembre, y actualizadas por la ORDEN APA/126/2007, de 18 de enero.

A partir de esta ley, se establece la coparticipación del Estado con las entidades aseguradoras privadas en la aplicación del Sistema de Seguros. Fue entonces cuando estas aseguradoras formaron una sociedad, Agrupación Española de Entidades Aseguradoras de los Seguros Agrarios Combinados, S.A. (AGROSEGUROS), estableciéndose como sistema de coseguro para gestionar y elaborar las diferentes funciones que atañen a los seguros.

Por otro lado, el Estado creó la Entidad Estatal de Seguros Agrarios (ENESA), un órgano dependiente del ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y con carácter de Organismo Autónomo, que actúa como órgano de coordinación y enlace por parte de la administración para el desarrollo de Seguros Agrarios. Entre sus tareas más importantes destacan, el elaborar y proponer al Gobierno el Plan Anual de Seguros Agrarios y proponer al MAPA las condiciones técnicas mínimas de cultivo, los rendimientos asegurables, los precios y las fechas límite de suscripción, así como controlar el desarrollo y aplicación de los Planes de Seguros.

Por otro lado están los seguros y las corredurías de seguros privados. Fue en 1998 cuando se firmó la primera póliza aseguradora a través de una entidad privada en España. Desde entonces hasta ahora han sido varias las corredurías que han aparecido en el sector, como ARTAI e INTERCOVER, que ofrecen un aseguramiento integral basado en la Gestión de Riesgos y que abarca tanto el cultivo como las instalaciones, pasando por los trabajadores y las embarcaciones. Estas empresas, gestoras de riesgos, son el puente de unión entre el sector acuícola y la empresas aseguradoras siendo la única parte de esta red que parece tener un margen de ganancia estable.

AGROSEGUROS

La Agrupación Española de los Seguros Agrarios Combinados, AGROSEGURO S.A. se trata de una entidad que gestiona el sistema de seguros agrarios, dentro de donde se incluye a la acuicultura. Agroseguros integra entidades aseguradoras nacionales y extranjeras, convirtiéndose en una herramienta para promover el desarrollo del sector, aumentando la capacidad de los productores mediante la gestión de los diferentes riesgos a los que están expuestas las instalaciones.

Agroseguros dispone de métodos de análisis específicos para elaborar los estudios técnicos, tramitar la peritación y pago de los siniestros cubiertos por el sistema de seguros agrarios, al tiempo que representa, en este ámbito, al sector asegurador privado ante las administraciones públicas y los organismos internacionales.

El seguro contratado con esta entidad cubre la pérdida o muerte de las existencias de producción en el momento de un siniestro, siempre que se deba a uno de los riesgos asegurables en función de la instalación y las garantías contratadas.

Para contratarlo es necesario que el acuicultor realice una solicitud previa de aseguramiento a través de una Entidad Aseguradora autorizada, en la que se debe aportar entre otra documentación el Plan Provisional de cría. Posteriormente se realiza una inspección técnica de la explotación por parte de Agroseguro y tras el pago de 600 € por el asegurado, se formaliza la Declaración de seguro.

Se puede elegir entre unas garantías básicas y unas garantías adicionales que se pueden contratar siempre y cuando se hallan contratado previamente las correspondientes básicas. Estas garantías se explican mas adelante.

El Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, a través de ENESA, subvenciona al acuicultor hasta el 37% del coste neto del seguro, repartido en las siguientes características:

Tipo de Subvención	Porcentajes
Base aplicable a todos los seguros	9%
Por contratación Colectiva	5%
Según las condiciones del asegurado	14%
Por renovación de contrato	6% ó 9% *

Tabla 9. Tipo de subvención y su porcentaje **Fuente.:** MAPA
(*) En el caso de una joven acuicultora, la subvención adicional según las condiciones del asegurado se incrementa con dos puntos.

Por otro lado las Comunidades Autónomas también pueden subvencionar este seguro acumulándose a la subvención del MAPA.

Actualmente las Condiciones de los Seguros para la Acuicultura en España se rigen por la Ley 87/1978 de 28 de diciembre de Seguros Agrarios, y definidas por la ORDEN APA/126/2007, de 18 de enero, publicada en el BOE num. 26 de 30 de enero de 2007.

El objetivo de este documento será analizar de manera específica los apartados que afecten y regulen los seguros de la acuicultura off-shore, dando una visión clara y general de cómo está la situación actualmente. Para mas información sobre la compañía o los servicios que ofrece dirigirse a la web <http://www.agroseguro.es> y <http://www.mapa.es>.

Son asegurables las producciones de Dorada, Lubina, Rodaballo, Corvina y Besugo que dispongan de la correspondiente concesión, cubriendo la pérdida o muerte de existencias en el momento de un siniestro según los tipos de establecimientos de cultivos marinos y contra los riesgos que se indican en la tabla a continuación. Se distinguen 4 tipos de establecimientos asegurables:

- Tipo 1: Intensivo en Tanques/Hatchery-Nursery y en crianza semi-intensivo en naves y canales (esteros),
- Tipo 2: Crianza (engorde) semi-intensivo en naves y canales (esteros),
- Tipo 3: Viveros (Jaulas) o plataformas marinas,
- Tipo 4: Viveros (Jaulas) sumergidos para crianza (engorde) de rodaballo,

de los cuales solamente el tipo 3 y 4 se desarrollan en mar abierto, cuyas posibilidades de contratación de garantías se detallan a continuación:

Tipo de establecimiento	Garantías Básicas	Garantías Adicionales	
Viveros (Jaulas) y Plataformas Marinas	* Contaminación química y biológica * Marea negra * Temporales * Impactos de barcos y elementos a la deriva	I)	* Variaciones excepcionales de temperatura * Depredadores marinos
		II)	* Enfermedades
Viveros (Jaulas) sumergidos para crianza de rodaballo	* Contaminación química y biológica * Marea negra * Temporales * Impactos de barcos y elementos a la deriva	I)	* Variaciones excepcionales de temperatura * Descenso de salinidad por lluvia torrencial * Depredadores marinos
		II)	* Enfermedades

Tabla 10. Tipo de instalación y riesgos asegurados **Fuente.:** BOE num. 26 de 30 enero 2007

Las garantías básicas expuestas en la tabla marcan el nivel mínimo. Las garantías adicionales se podrán contratar siempre y cuando se hayan contratado simultáneamente las básicas, pudiendo elegir entre la opción I), la opción II) o ambas en cada caso. De esta manera el Acuicultor podrá elegir entre dos sistemas de aplicación para su seguro:

SISTEMA 1→ Aplicación de siniestro mínimo indemnizable y Franquicia absoluta sobre el valor total de la producción en el momento del siniestro.

SISTEMA 2→ Aplicación de siniestro mínimo indemnizable y Franquicia absoluta sobre el valor de la producción de cada vivero (jaula) en el momento del siniestro.

Las producciones son asegurables, mientras se encuentren dentro del ámbito de aplicación del Seguro, cuando los animales constituyan el fin económico del establecimiento del cultivo acuícola y siempre y cuando dicho establecimiento cumpla todos los requisitos mínimos de aseguramiento definidos por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, siendo además condición indispensable que en el momento de la suscripción del Seguro no haya hecho aparición el siniestro ni éste sea inminente.

a) Requisitos Mínimos para el Aseguramiento

Existen, por un lado, tres requisitos de carácter general aplicable a los 5 tipos diferentes de establecimientos asegurables en Acuicultura, y una serie de requisitos específicos de cada uno, y por otro lado unos requisitos mínimos referidos al riesgo de enfermedades y al manejo de la instalación.

a. Requisitos Generales:

I. Haber cumplido un primer ciclo de venta, justificado documentalmente. En su defecto se considerará la experiencia del personal técnico y asesor de la planta, así como la idoneidad del proyecto.

II. Cumplimentar el registro de los controles diarios de explotación.

III. Para los tomadores que suscriban una declaración de seguro y hallan estado asegurados la campaña anterior, el volumen de existencias a declarar, no podrá

ser inferior al existente en la instalación cuando finalizó dicha campaña, salvo que se acredite causa justificada.

b. Requisitos Específicos según Establecimiento:

I. Viveros (Jaulas) o Plataformas

- Jaulas y/o plataformas y redes homologadas o diseñadas por empresas con experiencia en el sector.
- La profundidad mínima del fondo marino en el polígono ha de ser de 20m. en bajamar, en cualquier punto debajo de los viveros.
- La distancia mínima bajo la red al fondo marino será de 10m.
- La profundidad de la red podrá ser como máximo :
 - Viveros de hasta 16m de diámetro: 13m.
 - Viveros de más de 16m y hasta 19m de diámetro: 15m
 - Viveros de más de 19m de diámetro: 20m
- En las jaulas de Besugo en las Rías gallegas, la profundidad mínima será de 14m, con una distancia mínima bajo la red de 6m.
- Balizamiento correcto de la instalación.
- Buzo/s contratados para mantenimiento y revisión diaria de las redes, salvo causa de fuerza mayor.
- Embarcaciones adecuadas para las labores de racionamiento diario, pescas, mantenimiento de la instalación, etc.
- Vigilancia diurna.

II. Viveros (Jaulas) sumergidas para crianza de rodaballo.

- La distancia mínima entre malla metálica superior del vivero y la superficie, deberá ser de 5m en bajamar.
- Los elementos utilizados en la elaboración de las granjas deberán ser de un material o tener un mantenimiento que garantice su conservación durante su vida útil bajo el agua.
- El apoyo del fondo se dispondrá de tal manera que se permita circulación de agua bajo el vivero (jaula), y se deberá disponer de elementos que eviten el vuelco de la unidad.

Si en un momento determinado de las garantías del Seguro y como consecuencia de una inspección se constatase incumplimiento de alguno de los requisitos mínimos, se suspenderán cautelarmente todas las garantías hasta que se solventen las anomalías observadas.

b) Requisitos mínimos según el riesgo de enfermedades

Las enfermedades cubiertas podrán garantizarse mediante pacto expreso entre el tomador y AGROSEGURO, siempre y cuando se cumplan los siguientes requisitos:

- Tener Laboratorio equipado convenientemente o tener concertado un laboratorio oficial.

- Contrato con licenciado en ciencias del mar, biólogo ó veterinario.
- Poseer certificado sanitario en toda compra de huevos según normativa vigente.
- Limpieza y desinfección de redes y eliminación de epibiontes de la instalación.
- Manejo adecuado de la instalación minimizando las causas que puedan causar estrés.
- Retirada diaria de animales muertos y de los que presentes síntomas de enfermedad.

c) Requisitos mínimos de mantenimiento

De carácter general a todas las instalaciones se debe, en cuanto a los alimentos destinado las existencias, almacenarlos en lugares adaptados, respetar caducidad, proteger de lluvia, humedad, calor, y luz; y en cuanto a las instalaciones, asegurar un mantenimiento correcto según las normas del fabricante de los equipos, redes, amarres, etc. De carácter específico las condiciones mínimas son:

A) En Viveros (Jaulas) o Plataformas

- Revisión periódica de todos los componentes de la instalación, garantizando un correcto estado de los mismos.
- Tensado adecuado del entramado de la instalación.
- Las redes deberán mantener a lo largo del periodo de garantías la siguiente resistencia mínima a la tracción:
 - Malla de hasta 10mm: 26Kg.
 - Malla de entre 11 mm y 30mm: 30Kg.
 - Malla de entre 31 mm y 40mm: 45kg
 - Malla de mas de 40mm: 60Kg

B) En Viveros (Jaulas) para crianza de Rodaballo

Se requiere un mantenimiento adecuado de los elementos de la instalación, además de la limpieza y revisión periódica de las mallas metálicas de las diferentes celdas.

d) Periodo de Garantía y Valor de la Producción

Las garantías del seguro tienen un periodo de un año desde la entrada en vigor del mismo. En el caso de la garantía de enfermedades, si un siniestro ocurre durante el periodo de vigencia del seguro, pero se prolongue mas allá de la fecha de vencimiento del mismo, estará garantizada la producción hasta que se cumplan 60 días desde su comienzo.

Para el cálculo de indemnizaciones el valor de la producción se calcula de la siguiente manera en instalaciones de engorde:

$$V_p = (N \times C_a) + (B \times C_e)$$

V_p: Valor de la producción
N: N° total de peces
C_a: Coste adquisición de alevín
B: Biomasa existente en (Kg)
C_e: Coste de engorde (€/Kg)

Los precios unitarios serán libremente elegidos por el acuicultor con los límites máximos que se recogen en la legislación. Los precios de los reproductores se estimarán por acuerdo expreso entre el asegurado y AGROSEGURO.

Se contempla una densidad máxima de cultivo que debe ser respetado por el acuicultor. De manera que si incumple dicha obligación perderá el derecho a indemnización por siniestro en la unidad de la producción afectada, si se supera en un 10% el límite de densidad máxima que se muestra a continuación:

ESPECIE	PESO MÁXIMO	DENSIDAD CULTIVO
Corvina, Lubina, Dorada y Besugo	Hasta 15 gr	8 Kg/m ³
	De 16 a 50 gr	10 Kg/m ³
	De 51 a 250 gr	15 Kg/m ³
	Mayores de 251 gr	23 Kg/m ³
Corvina	De 251 a 1000 gr	23 Kg/m ³
	Mayor de 1000 gr	26 Kg/m ³
Rodaballo	Hasta 50 gr	6 Kg/m ²
	De 51 a 500 gr	20 Kg/m ²
	Mayores de 500 gr	35 Kg/m ²

Tabla 11. Densidades máxima admisibles. **Fuente.:** BOE num. 26 de 30 enero 2007

Desde el año 1997 que se puso en marcha por primera vez el seguro para peces de acuicultura marina, los conocimientos técnicos sobre los riesgos de las instalaciones y sobre las técnicas de producción han mejorado considerablemente, sin embargo, las condiciones especiales y particulares de las pólizas publicadas en el BOE descritas anteriormente, no parecen gozar por parte del sector acuícola de estos nuevos conocimientos, convirtiéndose en una carga difícil de asumir por gran parte de las empresas.

Tanto los asegurados como AGROSEGUROS coinciden en que la producciones no están del todo correctamente cubiertas y que en caso de siniestro podrían quedar sin garantías. El desacuerdo de APROMAR (Asociación Empresarial de Productores de Cultivos Marinos de España) con ENESA-AGROSEGURO (Julio 2004), dada la falta de respuesta recibida a las peticiones solicitadas por los productores, y en donde se plantea seriamente la posibilidad de buscar alternativas de aseguramiento diferentes a AGROSEGUROS, dejan sin valor el Plan Nacional de Seguros Agrarios.

A pesar de que las ayudas estatales permiten unas primas rebajadas en Agroseguros, las ventajas introducidas por los seguros privados, capaces de asegurar tanto la producción como las instalaciones, quedando de esta forma asegurada la totalidad del negocio, hacen peligrar el número de pólizas firmadas por los productores con esta entidad. Ante esta situación, agroseguros está realizando un esfuerzo en mejorar la cobertura que ofrece en la protección de la producción, ofreciendo soluciones más específicas a cada instalación, lo que favorece la protección del negocio con primas más ajustadas.

Actualmente se está planteando la opción de asegurar las instalaciones además de la producción, de hacerse realidad hará de Agroseguros una de las opciones más atractivas dado su carácter semiprivado, lo que beneficiará directamente al sector al aumentar la actual oferta existente.

INTERCOVER

Empresa fundada en 1990 y dedicada a la gerencia de riesgos, trabaja para ofrecer soluciones particulares tanto a empresas como a particulares. Ofrece sus productos en el mercado internacional mediante la asociación a otras empresas europeas complementarias de su sector como consultoras, fondos de inversión, etc. Hace menos de una década dio el salto al aseguramiento integral de instalaciones acuícolas.

Este documento analiza de manera específica los apartados que afectan y regulan los seguros de la acuicultura marina. Para mas información sobre la compañía o los servicios que ofrece dirigirse a la web <http://www.intercover.net/>.

A la hora de realizar un seguro, la compañía realiza una serie de visitas a la instalación, en las que suministra al propietario un cuestionario previo, específico al tipo y características de cada instalación, con intención de obtener la información necesaria para el aseguramiento del stock.

En este cuestionario los productores deberán elegir los riesgos que consideren oportunos asegurar y que puedan suponer la pérdida de su producción. Éstos variarán en función de las zonas de cultivo, las condiciones oceanográficas, las especies cultivadas, etc., pero en todo caso serán valorados en última estancia por la compañía antes de firmar definitivamente la póliza. Además de esto, será necesario adjuntar la siguiente documentación:

- Plano de la granja
- Fotografías
- Curriculum Vitae
- Informe técnico de las instalaciones
- Análisis de agua
- Registro control de stocks
- Carta / mapa de la zona
- Proyecciones mensuales del stock
- Otros registros (estado sanitario, mantenimientos de los equipos)

Por último el productor responderá una serie de preguntas, que de forma extensa tratarán temas como:

Las instalaciones, los peces, el personal y la protección, los riesgos, el manejo y por último historial de pérdidas y detalle del contrato con seguros anteriores si lo hubiera. Además se rellena una solicitud suplementaria de enfermedades, la cual pretende lograr una visión del estado sanitario y de los métodos y manejo sanitario de la granja.

Toda esta información recabada en el cuestionario previo irá firmada por el solicitante, y aunque no obliga a contratar el seguro, se acuerda que será la base del contrato para la emisión de la póliza. Asimismo, con esta firma el productor garantiza que el stock está en buenas condiciones sanitarias, además de la veracidad de la información prestada, a sabiendas de que cualquier declaración falsa puede ir en contra del derecho de recibir la indemnización del seguro.

Entre la información necesaria para el aseguramiento está la “previsión del stock”, herramienta con la que se obtienen los datos necesarios para contratar la póliza. Además cada mes el productor tendrá que remitir al seguro un parte con los datos actualizados de la distribución de pesos del stock. Así, gracias al cuestionario, se calcula el valor máximo y el valor medio del stock, siendo este último sobre el que se calcula la prima a pagar. Cuando finaliza la cobertura del seguro se comparan los datos de previsión de Stock y Stock definitivo y en caso de existir discrepancia se calcula la diferencia entre el Stock inicial y final.

En cuanto a la “Evaluación de los Riesgos Potenciales de la Instalación” , el seguro subcontrata a una empresa especializada en el peritaje de las mismas denominada Ozeania. Ésta consta de un equipo de ingenieros especializados en tareas de investigación y desarrollo, inspecciones y evaluación de riesgos y siniestros. Todo ello al objeto de poder dar la máxima información inicial posible para que los aseguradores conozcan con todo detalle el riesgo objeto de cotización y así elaborar un seguro específico y particular. Esta es una de las ventajas más importantes conseguidas con este tipo de seguros, en las que una correcta reducción del riesgo trae consigo descensos en las primas a pagar.

Con intención de dar la mayor información posible al seguro se procede a cumplimentar por parte del cliente los “formularios para evaluar la seguridad de la empresa”, más específicos que los primeros cuestionarios, tienen como objetivo contribuir a elaboración del informe final.

Después de la inspección física a la instalación el perito elabora un informe que recoge la información correspondiente a los “elementos de fondeo”, las “condiciones oceanográficas del emplazamiento” y las “características de las jaulas”. Esta información tiene como objetivo contribuir a elaboración del informe de la instalación, que evalúa la seguridad y el riesgo, detectando las posibles carencias y deficiencias. Éstas se le hacen llegar al propietario, el cual se ve obligado a solventarlas en un tiempo que depende de la gravedad de la situación.

En el caso de que la deficiencia o el riesgo hallado por el perito sea “alto”, ésta deberá ser corregida por el productor en un periodo de tiempo no superior a 7 días. Si el riesgo es “medio” el problema encontrado deberá solucionarse en 15 días y por último si la gravedad del riesgo al que está expuesta la empresa es “bajo” deberá ser solventado en no más de 30 días.

En todo caso si el problema hallado no se soluciona en el tiempo estipulado el negocio se vera fuera de cobertura. En cuanto al pago del seguro, la prima se paga al contado ya que es única e indivisible según la Ley de contrato de Seguro Privado. En todo caso se puede dejar un importe pendiente que no sobrepase al 10% de las estimaciones realizadas en un primer momento. Al final de cada mes se efectúa una estimación real del stock con intención de calcular la posible desviación en el capital asegurado, tarea que se realiza a lo largo de todo el periodo de engorde. Si ocurren cambios en el capital se paga el % pendiente en función de las sumas aseguradas y dividido por el número de meses de campaña.

Según la compañía aseguradora, es recomendable pagar al inicio del contrato el 100% de la prima y de esta forma manejar detalladamente la evolución del stock, evitando desviaciones no presupuestadas que luego pueden encarecer el producto.

En la siguiente tabla se muestran las condiciones particulares que cubre este seguro tanto para la mortalidad de los peces como para las infraestructuras aseguradas:

SEGURO SOBRE LA MORTALIDAD DE PECES	SEGURO SOBRE JAULAS Y EQUIPO
1.-COBERTURA	1.- COBERTURA
<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida repentina e imprevista de existencias aseguradas, siempre y cuando se encuentren dentro de las instalaciones. - El importe a percibir será el del Valor Asegurado menos la franquicia contratada. - Gastos de mitigación de impacto cuando el objetivo fuera el de reducir el riesgo de pérdida inminente. Exceptuado gastos de medicación y Veterinario. Cláusula sujeta a franquicia específica. - Gastos ocurridos por la acción de retirada de existencias aseguradas muertas, previa presentación de factura. Cláusula sujeta a franquicia específica. - Mortandad debida a enfermedades cuando la tasa de mortalidad supera la mortalidad natural, y durante un periodo denominado "Periodo Límite para Enfermedades" ó hasta que se recupere la tasa de mortalidad natural. Cláusula sujeta a franquicia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cubre todos los accidentes ocurridos por los peligros propios del mar. - Pérdidas o daños ocasionados por incendios, explosiones, descargas eléctricas. - Robo con violencia y acto mal intencionado. - Colisión de aeronaves u otros artefactos flotantes. - Accidentes ocurridos por traslado, carga-descarga o cambio de lugar de existencias, combustible, jaulas o equipos. - Pérdidas o daños ocasionados por cualquier autoridad gubernamental para evitar riesgos de contaminación. -Gastos de retirada de los restos de las jaulas y equipos de cualquier lugar del que sea propietario el contratante. - Costas Jurídicas en el marco de procedimientos para eludir, mitigar o impugnar responsabilidades.
2.- EXCLUSIONES	2.- EXCLUSIONES
<ul style="list-style-type: none"> - Pérdidas de existencias contratadas por canibalismo o maduración sexual. - Desaparición misteriosa o inexplicable de ejemplares. - Mortalidad natural. - Sacrificio deliberado sea cual sea el motivo. - Si la notificación del accidente se produce se realizada pasadas las primeras 72 horas desde su comienzo. - Daños producidos por Guerras, Huelgas, Acciones Terroristas, Razones Políticas y Acciones Malintencionadas. - Daños producidos por virus informáticos. - Contaminación por proliferaciones súbitas de algas o de plancton. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gastos en virtud de leyes sobre accidentes de trabajo o responsabilidad patronal. - Gastos por muerte, enfermedades o lesión de personal contratado por servicio o como aprendiz. - Daños punitivos. - Bienes ajenos que en el momento del accidente se encuentren a bordo de equipos o jaulas. - Sanciones por sobrecarga. - Deterioro normal de Jaulas y equipos. - Daños producidos por Guerras, Huelgas, Acciones Terroristas, Razones Políticas y Acciones Malintencionadas.
3.- GARANTIAS(*)	3.- GARANTIAS(*)
<ul style="list-style-type: none"> - Atención adecuada de todas las existencias aseguradas. - Realización de inspecciones periódicas para asegurar un correcto funcionamiento. - Mantenimiento de los equipos, de las alertas y los dispositivos de seguridad acorde a las instrucciones del fabricante. - Asegurar que las existencias gozan de buena salud al inicio de la contratación del seguro. - En caso de descubrirse una afección se adoptarán medidas inmediatas y adecuadas. - Notificar cualquier variación importante tanto en las existencias como en la instalación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Asegurar que en el momento de la contratación del seguro, la instalación, las jaulas y los equipos reciben el mantenimiento adecuado, y que lo seguirán haciendo durante todo el período de vigencia seguro. - Realización periódica de inspecciones de las jaulas y equipos para asegurar su correcto funcionamiento y mantenimiento. -Realización periódica del mantenimiento de todos los equipos conforme a las directrices del fabricante

Tabla 12. Condiciones particulares del Seguro INTERCOVER. **Fuente.:** Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero

(*) Se entiende por Garantías, las condiciones que debe cumplir la empresa asegurada, de lo contrario la empresa aseguradora quedará automáticamente liberada de la responsabilidad del seguro.

Existen a su vez unas Condiciones Previas a la Responsabilidad para el aseguramiento de peces por las que se debe permitir la inspección por parte de Intercover, o de cualquiera de sus representantes, de las existencias aseguradas en cualquier instalación además de entregar un parte mensual de declaración de existencias. Y por otro lado unas Condiciones Especiales que estipulan que las franquicias tienen plena aplicación con cada nuevo brote o siniestro y que la cobertura se extingue en el momento de la pesca de las existencias o al llegar a la fecha de vencimiento.

PROPUESTAS DE MEJORA

Aun teniendo en cuenta los a priori beneficios que presenta las subvenciones al contratar una póliza con Agroseguros, existen una serie de lagunas en éstos que dan lugar a que la producción no esté correctamente cubierta. Es por este motivo que cada vez mas productores empiecen a valorar la posibilidad de buscar alternativas diferentes a Agroseguro en aseguradoras privadas, lo que puede llegar a dejar sin valor el Plan Nacional de Seguros Agrarios.

Es por tanto de vital importancia la correcta puesta a punto de las condiciones generales y específicas de este seguro desde la perspectiva que da hoy la experiencia acumulada en estos años y asegurar de la siniestralidad con todas las garantías.

Para hacer frente a las necesidades, tanto productores como Agroseguros plantean propuestas en base a sus intereses con las que solucionar el problema:

a. Por parte del sector:

→ Que AGROSEGURO responda a la solicitud de aseguramiento y al pago de los 600 € con una oferta en firme previa al pago de la póliza, dando un plazo corto para su aceptación o no por el cliente.

→ Aplazamiento de los pagos para el caso de primas cuantiosas, por encima de 60.000€ y sobre todo de 120.000€.

→ El sector propone un aumento en la densidad de cultivo, pasando de los 20-22 kg/m³ a 25 Kg/m³.

→ Aumento en el número de especies asegurables. A parte de las ya extendidas dorada y lubina, el sector pide que se amplíe la cobertura a nuevas especies como puede ser el caso de la anguila, langostino, pulpo, sargo, etc.

→ Primas más asequibles y reducción de las franquicias. Al tratarse en la mayoría de los casos de una actividad con bajos márgenes comerciales, valores de primas elevados imposibilitan que muchas de estas empresas aseguren su producción. Por otra parte, la disminución de las franquicias posibilitaría el enfrentarse a pequeños accidentes.

→ Se pide un aumento en el número de enfermedades asegurables (sin que ello suponga un aumento sustancial de la póliza), si bien se acepta el no cubrimiento de enfermedades surgidas como consecuencia del mal manejo del cultivo.

→ Los productores solicitan que la profundidad para la ubicación de las jaulas disminuya, ya que actualmente existen instalaciones situadas entorno a los 20 y 25 m. de profundidad, y la norma no permite tales distancias desde la parte inferior de la red al

fondo. (Agroseguros expone que una distancia inferior a 8 metros desde la parte inferior de la red al fondo es una situación de alto riesgo, e invita a que las instalaciones se adecuen a los fondos donde se ubican.

→ Se propone una ampliación de la cobertura del seguro en caso de contaminación química generada por accidentes de buques, ya que actualmente solo cubre vertidos acaecidos en caso de hundimiento o colisión, ampliándolo a casos en la que los vertidos ocurren como consecuencia de explosiones, incendios, caída de rayos o avería de maquinaria.

→ En caso de anomalías en el cumplimiento de la póliza se le debe proporcionar tiempo suficiente de reacción para enmendarlas, de forma que un asegurado no quede sin cobertura en ningún momento.

b. Por parte de las compañías aseguradoras:

La aseguradora plantea situaciones y prácticas de las empresas que deberían solucionarse, tales como:

→ La reutilización de las redes en jaulas marinas y el riesgo que esto supone. Se proponen controles y mediciones que aseguren su correcto estado y mantengan sus propiedades tras varios ciclos de utilización.

→ Las empresas deberían llevar los registros al día. Ello contribuiría a cuantificar correctamente las pérdidas y su posterior indemnización.

→ Colaboración por parte de las instalaciones siniestradas con sus técnicos, lo que favorecería el pertinente peritaje.

→ Cumplimiento en el envío de los partes.

2.4.2. ACTUACIÓN 2: CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DE LOS DISTINTOS TIPOS DE REDES PARA CULTIVOS MARINOS EN JAULAS

2.4.2.1. CARACTERIZACIÓN DIMENSIONAL

CORELSA 210/60 HEXAGONAL NYLON

Para la caracterización dimensional de la malla de este tipo de red, se han definido 4 parámetros.

- Parámetro A: Espesor en milímetros del entrelazado grueso
- Parámetro B: Espesor en milímetros del entrelazado fino
- Parámetro C: Longitud en milímetros del entrelazado grueso
- Parámetro D: Longitud en milímetros del entrelazado fino

En la siguiente tabla, se recogen los valores obtenidos tras la medida de los diferentes parámetros dimensionales descritos anteriormente:

PARÁMETRO	MEDIDA 1 (MM)	MEDIDA 2 (MM)	MEDIDA 3 (MM)	VALOR MEDIO (MM)
Parámetro A	2,030	2,131	2,049	(2,070 ± 0,054)
Parámetro B	1,450	1,302	1,278	(1,343 ± 0,093)

Parámetro C	9,28	9,04	9,34	(9,22 ± 0,16)
Parámetro D	9,20	9,47	9,32	(9,33 ± 0,14)

Tabla 13. Caracterización dimensional de la muestra Corelsa Hexagonal **Fuente.:** TITANIA

MORENOT 210/90 BLANCA NYLON

En el caso concreto de esta muestra, se han definido los siguientes parámetros para su caracterización dimensional.

- Parámetro A: Espesor en milímetros de los lados
- Parámetro B: Longitud en milímetros de los lados

A continuación, se presentan los valores obtenidos tras realizar las medidas a estos dos parámetros.

Tabla. Caracterización dimensional de la muestra Morenot Blanca **Fuente.:** TITANIA

PARÁMETRO	MEDIDA 1 (MM)	MEDIDA 2 (MM)	MEDIDA 3 (MM)	VALOR MEDIO (MM)
Parámetro A	1,566	1,547	1,535	(1,549 ± 0,016)
Parámetro B	21,67	21,72	21,96	(21,78 ± 0,16)

CORELSA 210/60 CUADRADA NYLON

Para la realización del análisis dimensional de esta muestra, se han definido diferentes parámetros:

- Parámetro A: Espesor en milímetros de los lados
- Parámetro B: Longitud en milímetros de los lados

En la tabla que se muestra a continuación, se recogen los valores de las medidas realizadas sobre esta muestra.

Tabla. Caracterización dimensional de la muestra Corelsa Cuadrada **Fuente.:** TITANIA

PARÁMETRO	MEDIDA 1 (MM)	MEDIDA 2 (MM)	MEDIDA 3 (MM)	VALOR MEDIO (MM)
Parámetro A	1,278	1,258	1,269	(1,268 ± 0,010)
Parámetro B	8,77	8,86	8,71	(8,78 ± 0,08)

NET SYSTEM DYNEEMA

Se ha procedido a la realización de medidas dimensionales a la muestra. Para ello, a los parámetros que se definen a continuación

- Parámetro A: Espesor en milímetros del entrelazado grueso
- Parámetro B: Espesor en milímetros del entrelazado fino
- Parámetro C: Longitud en milímetros del entrelazado grueso
- Parámetro D: Longitud en milímetros del entrelazado fino

En la siguiente tabla, se recogen los resultados obtenidos, para las medidas de espesor y longitud de los dos tipos de entrelazado descritos anteriormente.

PARÁMETRO	MEDIDA 1 (MM)	MEDIDA 2 (MM)	MEDIDA 3 (MM)	VALOR MEDIO (MM)
Parámetro A	1,958	1,938	1,975	(1,957 ± 0,019)
Parámetro B	1,232	1,244	1,265	(1,247 ± 0,017)
Parámetro C	7,62	7,52	7,84	(7,66 ± 0,16)
Parámetro D	10,19	10,25	10,24	(10,23 ± 0,03)

Tabla 14. Caracterización dimensional de la muestra Net System Fuente.: TITANIA

MORENOT 210/42 PLEXUS CON ANTIFOULING

Para finalizar con la caracterización dimensional de las redes recibidas, se definieron los siguientes parámetros:

- Parámetro A: Espesor en milímetros de los lados
- Parámetro B: Longitud en milímetros de los lados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para los dos parámetros analizados:

PARÁMETRO	MEDIDA 1 (MM)	MEDIDA 2 (MM)	MEDIDA 3 (MM)	VALOR MEDIO (MM)
Parámetro A	1,488	1,507	1,483	(1,493 ± 0,013)
Parámetro B	22,34	22,37	22,27	(22,33 ± 0,05)

Tabla 15 Caracterización dimensional de la muestra Morenot Verde Fuente.: TITANIA

Finalmente de los 6 set fondeados en cada uno de los 7 emplazamientos (6 + 1 sometido a lavado), y los distintos modelos de red sin someter a envejecimiento fueron enviados al laboratorio:

PANELES RECEPCIONADOS POR EL LABORATORIO							
MES	1 Pontevedra	2 A Coruña	3 Cataluña	4 Gran Canaria	5 Tenerife	6 Pontevedra Lavado	7 Andalucía
2º	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1
4º	1.2	2.2		4.2	5.2	6.2	7.2
6º	1.3	2.3		4.3	5.3	6.3	7.3
8º	1.4	2.4		4.4	5.4	6.4	7.4
10º	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5
12º	1.6	2.6	3.6	4.6	5.6	6.6	7.6

Tabla 16: Paneles enviados al laboratorio. Fuente.: ETSIN

Por razones ajenas al equipo investigador, tres set pertenecientes a la ubicación de Cataluña y correspondientes a los meses de envejecimiento 4º, 6º y 8º, no fueron enviados al laboratorio de ensayos, por lo que el registro de este emplazamiento aparece sesgado.

A cada muestra de red recibida se le realizaron una media de 10 ensayos de tracción con el fin de obtener un resultado medio estadísticamente significativo.

2.4.2.2. RESULTADO Y DISCUSIÓN DE ENSAYOS DE TRACCIÓN POR EMPLAZAMIENTO

Se muestran a continuación, como ya se hiciera en el apartado 5.2.2.3., el código de colores utilizado a la hora de nombrar los distintos modelos de red, para codificar el nombre del fabricante al laboratorio de ensayos:

MODELO DE RED	ASIGNACIÓN DEL COLOR
Corelsa 210/60 Cuadrada	Red tipo Naranja
Corelsa 210/60 Hexagonal	Red tipo Amarilla
Morenot 210/42 Plexus	Red tipo Verde
Morenot 210/90 Nylon	Red tipo Blanca
Net System Dyneema	Red tipo Azul

Tabla 17. Código de Colores. Fuente: Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero.

A continuación se recogen los resultados medios de carga de rotura expresados en Newton, de cada muestra de red en cada emplazamiento. En el informe aportado por el laboratorio de la ETSIN, correspondiente al **Anexo 6**, pueden verse los resultados en bruto:

RESULTADOS MEDIOS ENSAYOS DE ROTURA (N)					
MUESTRAS	AMARILLA	BLANCA	NARANJA	AZUL	VERDE
Nuevas	649,50	1157,55	639,67	1027,73	1008,13

Tabla 18. Cargas de rotura medias de las redes nuevas. Fuente.: ETSIN

EMPLAZAMIENTO 1: PONTEVEDRA

Se muestran a continuación los resultados correspondientes al primer emplazamiento. En éste se colocaron los set de redes por duplicado con el fin de someter, a la mitad de ellos, a lavado en lavadora convencional antes de ser analizados, y de esta forma cuantificar el efecto que produce esta acción sobre las redes.

COMUNIDAD: GALICIA

EMPLAZAMIENTO: Isla de Arousa (Pontevedra)

RESULTADOS MEDIOS ENSAYOS DE ROTURA (N)					
MUESTRAS	AMARILLA	BLANCA	NARANJA	AZUL	VERDE
Nuevas	649,50	1157,55	639,67	1027,73	1008,13
2 meses	583,41	913,21	609,48	704,66	907,41
4 meses	549,05	959,64	637,85	806,92	980,85
6 meses	636,48	942,59	619,87	729,58	905,61
8 meses	557,96	872,26	609,76	670,06	901,41
10 meses	503,15	747,07	586,32	923,12	885,47
12 meses	568,59	879,79	603,30	639,38	862,30
Promedio	578,31	924,59	615,18	785,92	921,60
Máximo	649,50	1157,55	639,67	1027,73	1008,13
Mínimo	503,15	747,07	586,32	639,38	862,30

Tabla 19. Cargas de rotura medias emplazamiento Pontevedra SIN LAVADO Fuente.: ETSIN

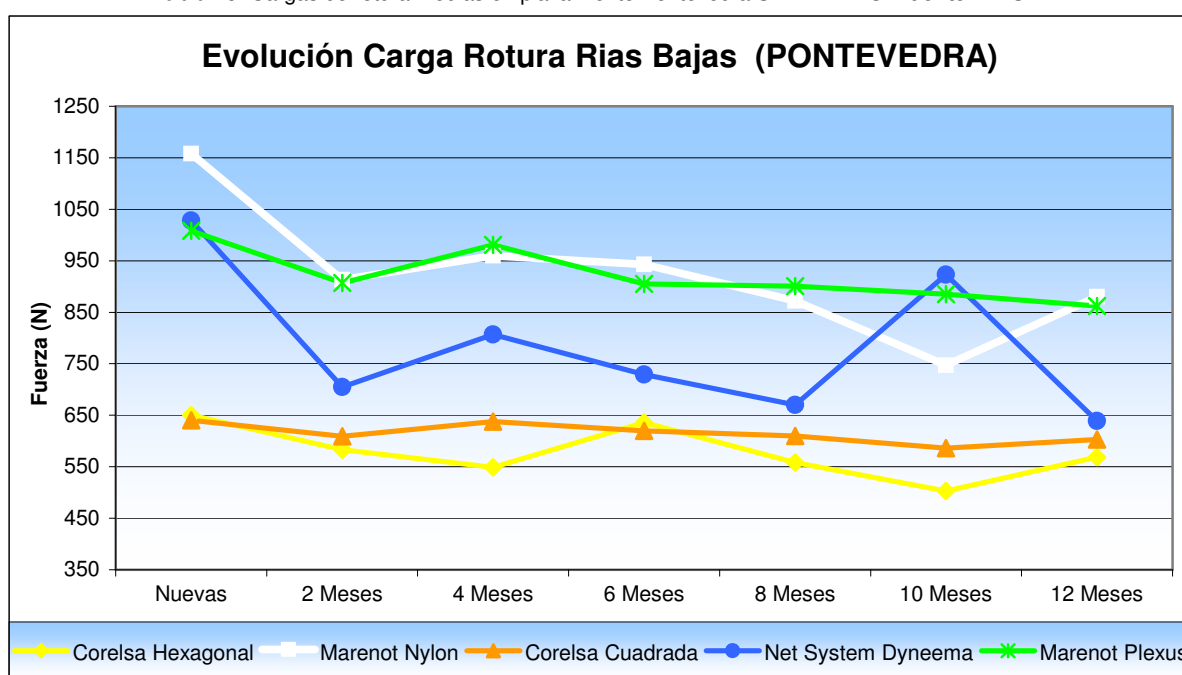


Figura 1. Representación cargas de rotura medias emplazamiento Pontevedra SIN LAVADO. Fuente.: DAP

Se observa que las redes con mayor carga de rotura tras el experimento en Pontevedra son las redes Morenot nylon y Morenot plexus con antifouling. Siendo esta última más estable con el tiempo y perdiendo menos resistencia respecto a la red nueva (14,47%).

En valores absolutos, la red que más resistencia a la rotura perdió fue la red Net System con un 37,8% y la que menos la red Corelsa cuadrada con un 5,7% de pérdida.

RESULTADOS MEDIOS ENSAYOS DE ROTURA (N)					
MUESTRAS	AMARILLA	BLANCA	NARANJA	AZUL	VERDE
Perdida N fin	80,91	277,76	36,37	388,36	145,83
Perdida %	12,46%	24,00%	5,69%	37,79%	14,47%

Tabla 20 .Perdida de carga en Pontevedra. Fuente.: ETSIN

Las redes Corelsa cuadrada y Corelsa hexagonal son las que presentan un comportamiento tras un año mas estable. No se aprecia una pérdida significativa de

propiedades mecánicas, manteniendo una carga de rotura prácticamente constante (12% y 6% de pérdida de resistencia a rotura por tracción respectivamente).

Al ensayar la red Net System (red azul) con la metodología propuesta por la norma ISO 1806:2003 de una muestra normalizada (una unidad de malla individualizada), se observó que ésta sufría un fenómeno de destrenzado que daba lugar a que los valores obtenidos no correspondieran al proceso de rotura sino a la pérdida de carga al deslizar los nudos.

Debido al diseño inicial de los paños (20 x 20 cm) no se han podido realizar los ensayos a la red Net System de las dos formas posibles, con muestras normalizadas y con muestras con más de una unidad de malla, por lo que se han obtenido comportamientos anómalos sin resultados concluyentes para ninguno de los emplazamientos.

COMUNIDAD: GALICIA. EMPLAZAMIENTO: Pontevedra Lavado

RESULTADOS MEDIOS ENSAYOS DE ROTURA (N)					
MUESTRAS	AMARILLA	BLANCA	NARANJA	AZUL	VERDE
Nuevas	649,50	1157,55	639,67	1027,73	1008,13
2 meses	597,84	959,07	622,75	634,07	974,31
4 meses	551,07	974,08	631,64	628,70	946,33
6 meses	563,45	941,46	608,95	629,69	903,92
8 meses	512,38	929,19	609,43	513,65	903,06
10 meses	658,99	902,43	624,88	567,35	910,44
12 meses	544,55	892,77	617,10	475,30	920,05
Promedio	582,54	965,22	622,06	639,50	938,04
Máximo	658,99	1157,55	639,67	1027,73	1008,13
Mínimo	512,38	892,77	608,95	475,30	903,06

Tabla 21. Cargas de rotura medias Pontevedra CON LAVADO Fuente.: ETSIN

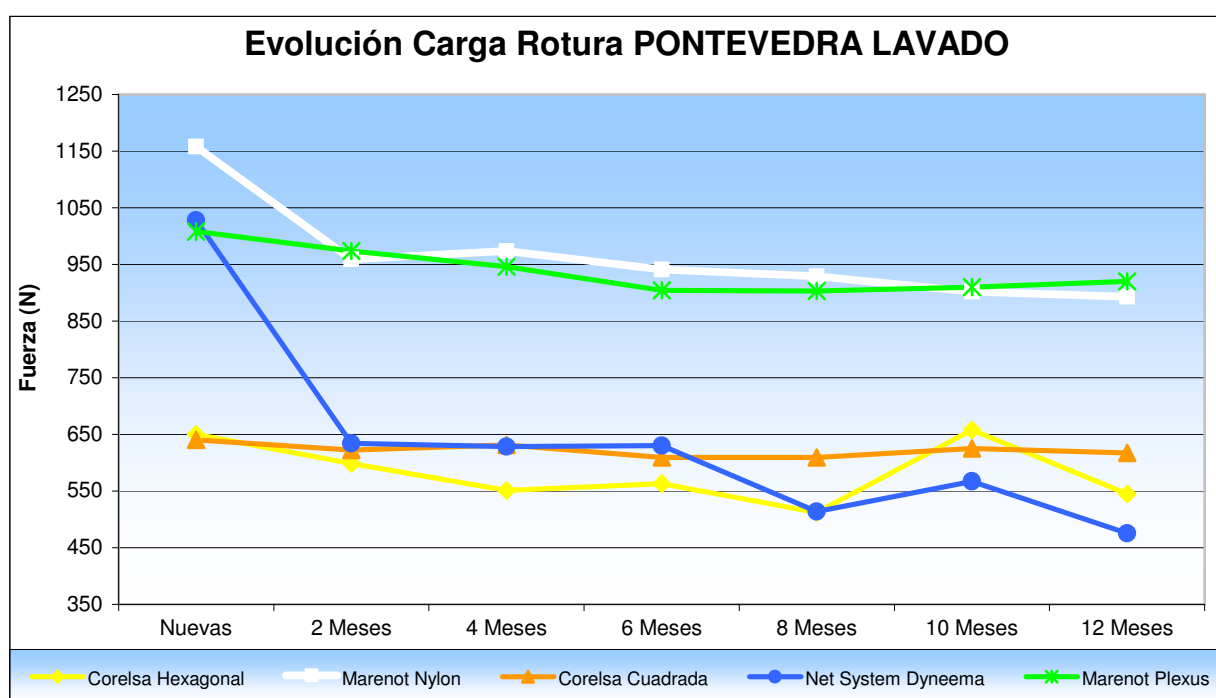


Figura 2. Representación cargas de rotura medias emplazamiento Pontevedra CON LAVADO. **Fuente.:** DAP

En este caso el comportamiento es muy similar al observado en las redes que no se sometieron a lavado, siendo las redes con mayor carga de rotura las redes Morenot plexus con antifouling y Morenot nylon respectivamente.

RESULTADOS MEDIOS ENSAYOS DE ROTURA (N)					
MUESTRAS	AMARILLA	BLANCA	NARANJA	AZUL	VERDE
Perdida N fin	104,95	264,78	22,57	552,43	88,08
Perdida %	16,16%	22,87%	3,53%	53,75%	8,74%

Tabla 22. Perdida de carga PONTEVEDRA LAVADO **Fuente.:** ETSIN

Las redes Corelsa hexagonal y Corelsa cuadrada (amarilla y naranja) son las que presentan un comportamiento más estable tras un año de exposición. No se aprecia una pérdida significativa de propiedades mecánicas, manteniendo una carga de rotura prácticamente constante (16% y 3,5% de pérdida de resistencia a rotura por tracción respectivamente). La red Net System es la que presenta, con gran diferencia, una mayor pérdida de resistencia. Siendo en valores absolutos de un 54% y la que menos la red Corelsa cuadrada con un 3,53 %.

De los resultados obtenidos se puede concluir que, a priori, el efecto de lavado de las redes en la maquina utilizada en este experimento parece no tener consecuencias negativas sobre los distintos modelos de red analizados, a excepción de la red Net System que sufre una pérdida media de unos 145 N al ser sometida a este proceso.

EMPLAZAMIENTO 2: A CORUÑA

COMUNIDAD: GALICIAEMPLAZAMIENTO: Lorbé (A Coruña)

RESULTADOS MEDIOS ENSAYOS DE ROTURA (N)					
MUESTRAS	AMARILLA	BLANCA	NARANJA	AZUL	VERDE
Nuevas	649,50	1157,55	639,67	1027,73	1008,13
2 meses	521,04	951,09	603,40	743,42	926,55
4 meses	610,38	948,92	633,65	748,36	932,94
6 meses	520,83	807,51	615,12	896,28	865,11
8 meses	497,46	817,00	577,05	936,48	844,84
10 meses	508,00	811,72	580,29	690,08	864,90
12 meses	710,96	863,42	590,09	710,97	917,70
Promedio	574,02	908,17	605,61	821,90	908,60
Máximo	710,96	1157,55	639,67	1027,73	1008,13
Mínimo	497,46	807,51	577,05	690,08	844,84

Tabla 23. Cargas de rotura medias emplazamiento A Coruña. **Fuente.:** ETSIN

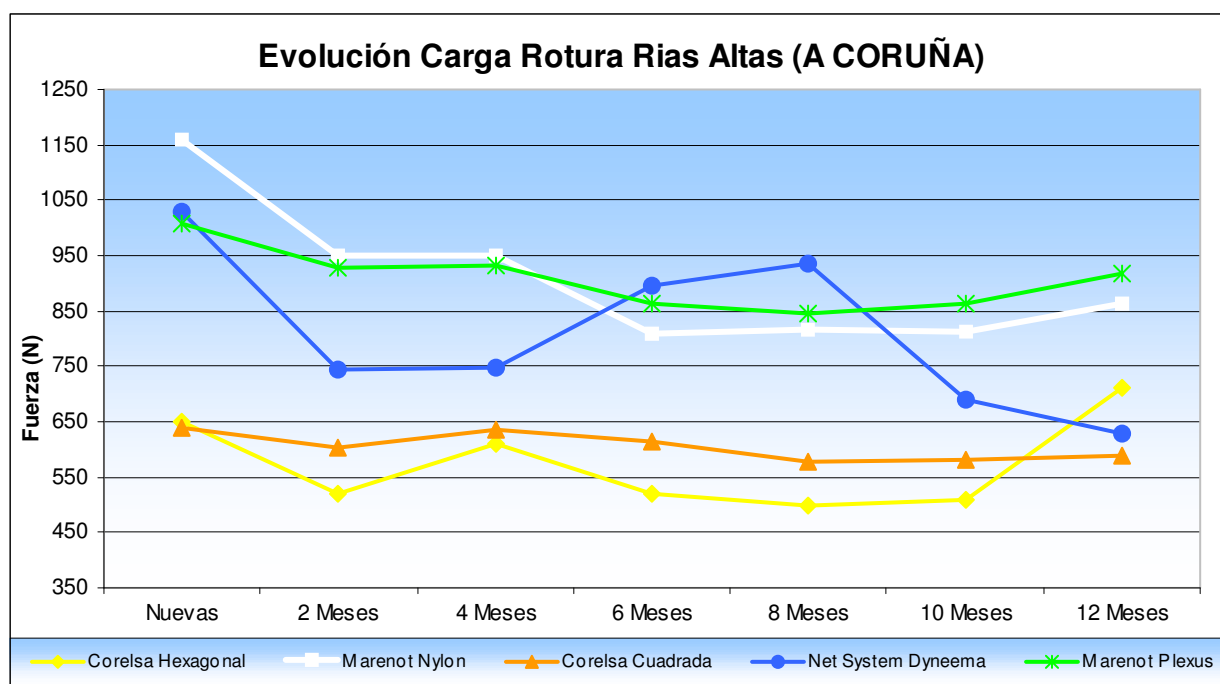


Figura 3. Representación cargas de rotura medias emplazamiento A Coruña. Fuente.: DAP

El comportamiento observado en este emplazamiento es muy similar al de las rías bajas. La red Morenot plexus con antifouling es la que presenta, en valores absolutos, una mayor resistencia tras los ensayos, aproximándose bastante la red Morenot nylon.

Siendo las redes Corelsa hexagonal y Corelsa cuadrada las que presentan una menor pérdida de resistencia tras el experimento, estando en valores muy próximos a ellas la red Morenot plexus.

RESULTADOS MEDIOS ENSAYOS DE ROTURA (N)					
MUESTRAS	AMARILLA	BLANCA	NARANJA	AZUL	VERDE
Perdida N fin	-61,46	294,13	49,58	316,76	90,43
Perdida %	-9,46%	25,41%	7,75%	30,82%	8,97%

Tabla 24. Perdida de carga en A Coruña. Fuente.: ETSIN

Cabe destacar que al final del experimento la Corelsa hexagonal dio una carga de rotura superior a la de los ensayos de red nueva, aunque esta situación sólo se dio en el ensayo del último lote de muestras.

En valores absolutos, la red que más resistencia a la rotura perdió fue la Net System con un 30,8% y la que menos la Corelsa hexagonal que ganó un 9,5% al final de los ensayos, aunque esta situación es un caso puntual de repunte en la última tanda de ensayos tal y como se comentó anteriormente.

EMPLAZAMIENTO 3: BARCELONA

En este emplazamiento los set de redes correspondientes a los periodos de envejecimiento 6, 8 y 10 meses, no pudieron ser analizados, por lo que solamente se disponen de datos del inicio y del final de la experiencia.

COMUNIDAD: CATALUÑA EMPLAZAMIENTO: Barcelona

RESULTADOS MEDIOS ENSAYOS DE ROTURA (N)					
MUESTRAS	AMARILLA	BLANCA	NARANJA	AZUL	VERDE
Nuevas	649,50	1157,55	639,67	1027,73	1008,13
2 meses	536,91	987,17	630,29	723,68	936,13
10 meses	474,77	773,02	554,68	729,39	834,20
12 meses	545,61	602,63	480,06	814,95	760,15
Promedio	551,70	880,09	576,17	823,94	884,65
Máximo	649,50	1157,55	639,67	1027,73	1008,13
Mínimo	474,77	602,63	480,06	723,68	760,15

Tabla 25. Cargas de rotura medias emplazamiento Barcelona Fuente.: ETSIN

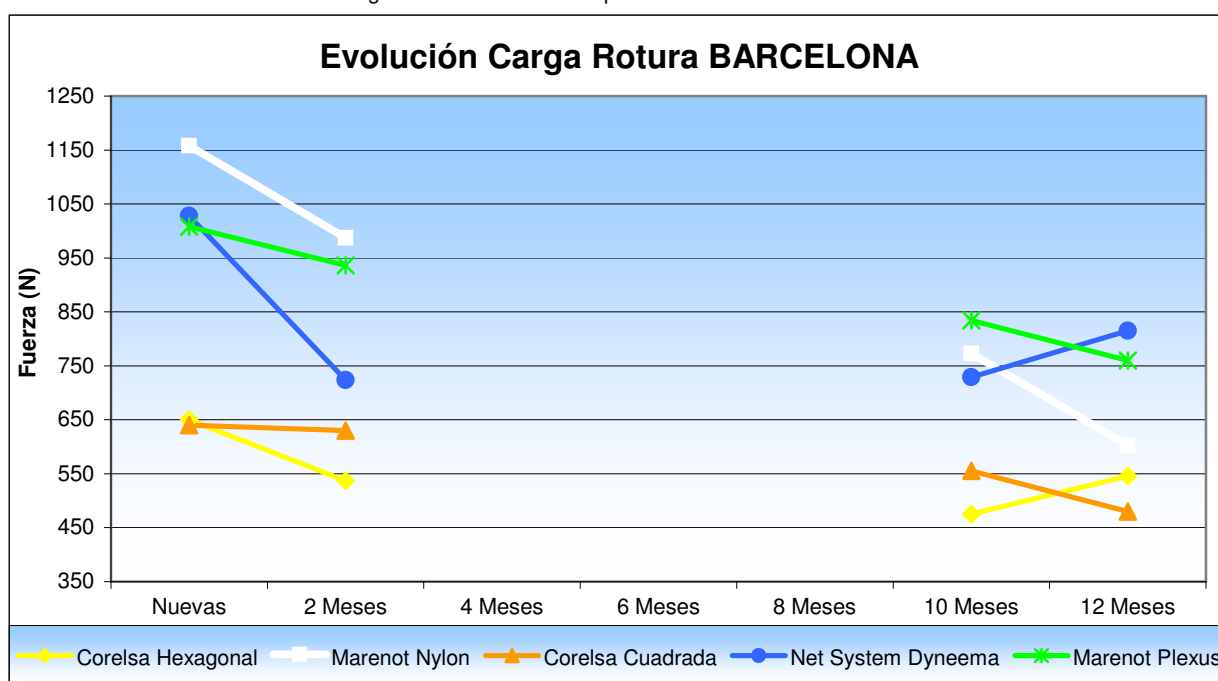


Figura 4. Representación cargas de rotura medias emplazamiento Barcelona. Fuente.: DAP

Se aprecia un cambio notable en el comportamiento de las redes en comparación con las aguas gallegas debido, principalmente, al cambio en las condiciones oceanográficas.

En esta ubicación la red con mayor carga de rotura absoluta tras el experimento fue la Net System, presentando además la segunda menor pérdida de resistencia con un 20,7% respecto a la red nueva.

RESULTADOS MEDIOS ENSAYOS DE ROTURA (N)					
MUESTRAS	AMARILLA	BLANCA	NARANJA	AZUL	VERDE
Perdida N fin	103,89	554,93	159,61	212,78	247,98
Perdida %	15,99%	47,94%	24,95%	20,70%	24,60%

Tabla 26. Pérdida de carga en Barcelona Fuente.: ETSIN

En valores absolutos, la red que más resistencia a la rotura perdió fue la Morenot nylon con un 47,9%, lo que supone casi el doble de la pérdida observada en Galicia. Destacar la notable pérdida de carga de las redes Corelsa cuadrada y Morenot plexus con antifouling, de aproximadamente un 25%, cosa que no se observa en aguas atlánticas gallegas.

Por su parte la que menor resistencia perdió fue la Corelsa hexagonal con un 16% manteniéndose a niveles similares a lo observado en Pontevedra.

EMPLAZAMIENTO 4: GRAN CANARIA

COMUNIDAD: CANARIASEMLAZAMIENTO: Telde (Gran Canaria)

CANARIAS 1	RESULTADOS MEDIOS ENSAYOS DE ROTURA (N)				
MUESTRAS	AMARILLA	BLANCA	NARANJA	AZUL	VERDE
Nuevas	649,50	1157,55	639,67	1027,73	1008,13
2 meses	709,69	923,43	625,04	883,10	860,96
4 meses	611,54	918,74	598,68	905,23	908,97
6 meses	617,97	891,03	587,09	771,84	868,32
8 meses	521,50	718,89	478,64	747,86	810,57
10 meses	550,12	637,78	533,44	860,23	803,38
12 meses	461,33	475,27	376,61	702,77	762,20
Promedio	588,81	817,53	548,45	842,68	860,36
Máximo	709,69	1157,55	639,67	1027,73	1008,13
Mínimo	461,33	475,27	376,61	702,77	762,20

Tabla 27. Cargas de rotura medias emplazamiento Gran Canaria Fuente.: ETSIN

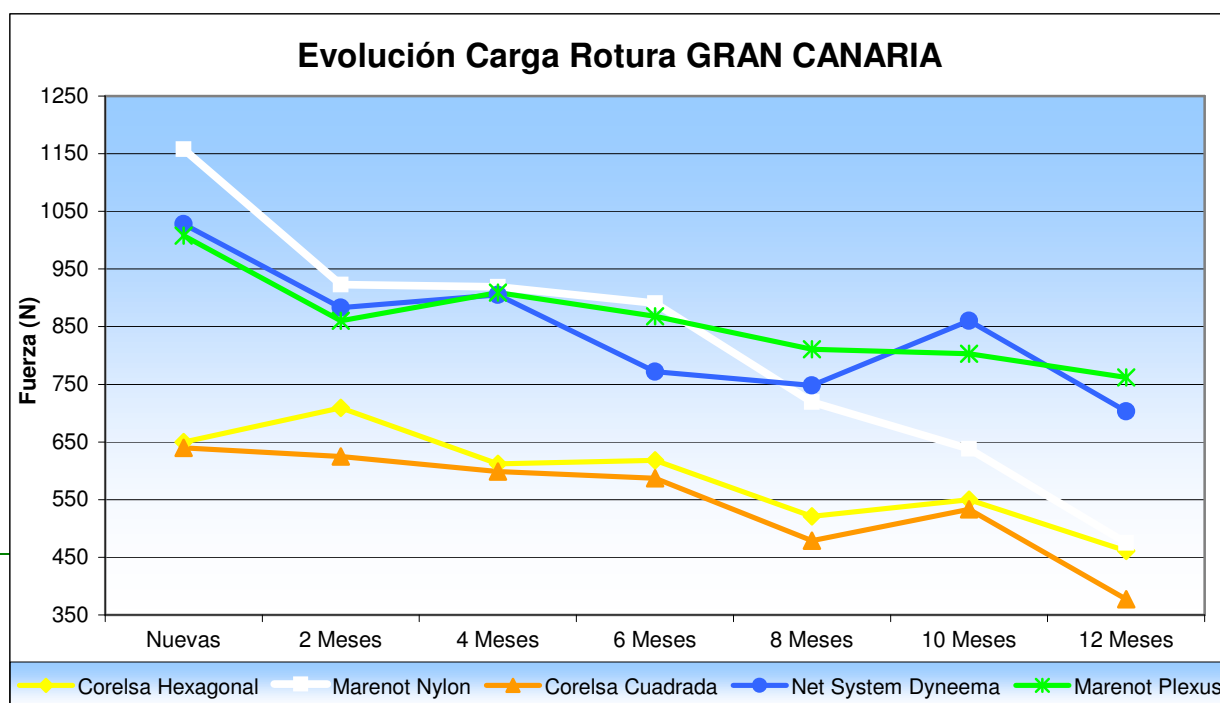


Figura 5. Representación cargas de rotura medias emplazamiento Gran Canaria. **Fuente.:** DAP

En el emplazamiento de Gran Canaria las redes con un mayor valor de carga de rotura tras 12 meses de exposición son las redes Morenot plexus con antifouling y Net System respectivamente pero con valores menores a los obtenidos en Barcelona.

Además la red Morenot plexus es la que presenta un menor porcentaje de pérdida de resistencia con el tiempo (24,39%). Ambas redes están compuestas por dyneema en parte o en su totalidad.

RESULTADOS MEDIOS ENSAYOS DE ROTURA (N)					
MUESTRAS	AMARILLA	BLANCA	NARANJA	AZUL	VERDE
Perdida N fin	188,17	682,28	263,06	324,96	245,93
Perdida %	28,97%	58,94%	41,12%	31,62%	24,39%

Tabla 28. Pérdida de carga en Gran Canaria **Fuente.:** ETSIN

Las redes que más resistencia pierden con el tiempo son la red Morenot nylon (58,94%) y la Corelsa cuadrada (41,12%). Se observa que todas las redes sufren una mayor pérdida absoluta de resistencia a rotura que en los emplazamientos anteriores, seguramente debido a una mayor temperatura del agua de mar y al aumento de la incidencia de radiación solar, siendo cuantitativamente más significativo para las redes compuestas por nylon y a partir del 6º mes de exposición.

EMPLAZAMIENTO 5: TENERIFE

COMUNIDAD: CANARIASEMPLAZAMIENTO: Arona (Tenerife)

CANARIAS 2	RESULTADOS MEDIOS ENSAYOS DE ROTURA (N)				
MUESTRAS	AMARILLA	BLANCA	NARANJA	AZUL	VERDE
Nuevas	649,50	1157,55	639,67	1027,73	1008,13
2 meses	552,25	890,49	580,69	711,83	899,43
4 meses	497,10	885,35	591,81	911,08	911,35
6 meses	579,71	866,30	643,36	885,10	900,35
8 meses	571,03	776,49	520,16	815,70	818,51
10 meses	524,69	631,29	508,85	895,44	794,78
12 meses	504,76	601,61	433,64	738,73	781,07
Promedio	554,15	829,87	559,74	855,09	873,37
Máximo	649,50	1157,55	643,36	1027,73	1008,13
Mínimo	497,10	601,61	433,64	711,83	781,07

Tabla 29. Cargas de rotura medias emplazamiento Tenerife **Fuente.:** ETSIN

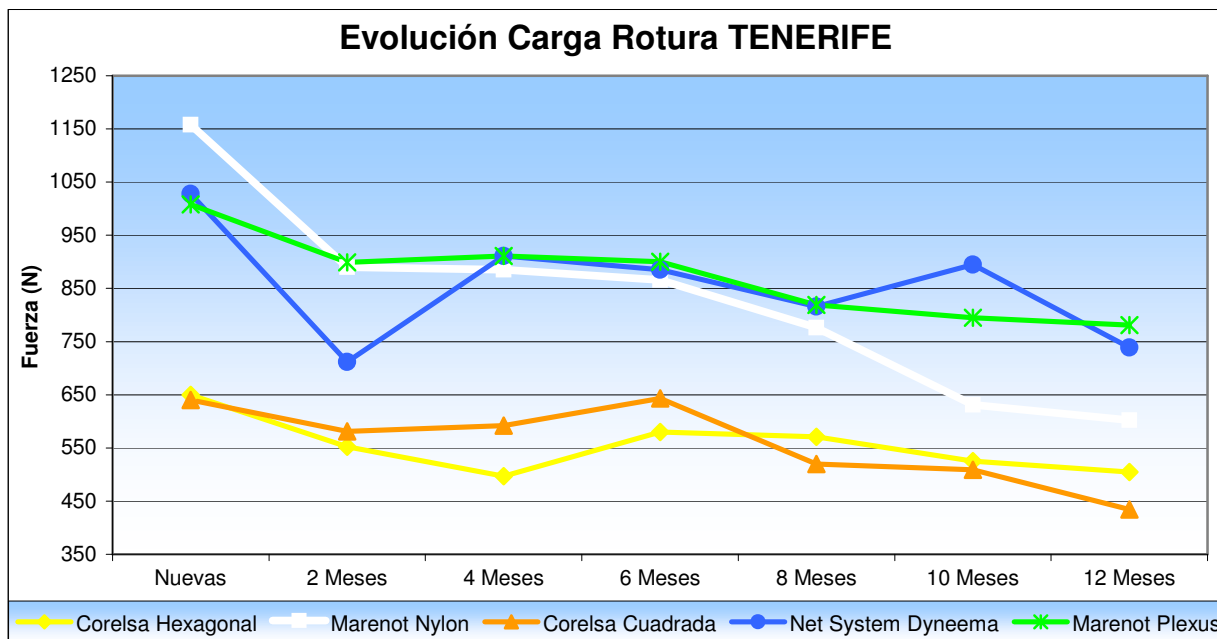


Figura 6. Representación cargas de rotura medias emplazamiento Tenerife. Fuente.: DAP

En este emplazamiento las redes presentan un comportamiento muy similar a lo ocurrido en Gran Canaria. Las redes que presentan un mayor valor absoluto de carga son Morenot plexus con antifouling y Net System. siendo además estos valores mayores que los obtenidos en Gran Canaria.

Aunque en este caso es la red Corelsa hexagonal la que presenta una menor pérdida de resistencia tras el experimento (22,28%), con valores muy próximos a Morenot plexus (22,52%).

RESULTADOS MEDIOS ENSAYOS DE ROTURA (N)					
MUESTRAS	AMARILLA	BLANCA	NARANJA	AZUL	VERDE
Perdida N fin	144,74	555,94	206,03	289,00	227,06
Perdida %	22,28%	48,03%	32,21%	28,12%	22,52%

Tabla 30. Perdida de carga en Tenerife Fuente.: ETSIN

Al igual que en el emplazamiento anterior, es la red Morenot nylon la que presenta, con gran diferencia, una mayor pérdida de resistencia con un 48%, seguida de la red Corelsa cuadrada con un 32,21%.

Destacar que todas las redes sufren una mayor pérdida absoluta de resistencia a rotura que en los emplazamientos de Galicia, aunque menor que en el emplazamiento de Gran Canaria.

En vista a los resultados obtenidos se puede concluir que las condiciones oceanográficas de las Islas Canarias son más agresivas para las redes analizadas que en Galicia y Barcelona, especialmente para las redes compuestas por nylon. De los dos emplazamientos canarios, destacar que en Gran Canaria se obtienen los valores mínimos de carga para todas las redes tras el periodo final de envejecimiento.

EMPLAZAMIENTO 6: CÁDIZ

COMUNIDAD: ANDALUCIA EMPLAZAMIENTO: Conil (Cádiz)

RESULTADOS MEDIOS ENSAYOS DE ROTURA (N)					
MUESTRAS	AMARILLA	BLANCA	NARANJA	AZUL	VERDE
Nuevas	649,50	1157,55	639,67	1027,73	1008,13
2 Meses	591,73	750,22	618,70	1004,46	948,43
4 Meses	640,59	970,06	634,96	720,74	962,23
6 Meses	745,25	889,12	617,12	628,31	899,36
8 Meses	717,71	863,57	600,68	925,44	899,74
10 Meses	567,43	839,10	564,45	734,53	899,37
12 Meses	554,86	750,76	573,34	714,51	880,85
Promedio	638,15	888,63	606,99	822,25	928,30
Máximo	745,25	1157,55	639,67	1027,73	1008,13
Mínimo	554,86	750,22	564,45	628,31	880,85

Tabla 31. Cargas de rotura medias emplazamiento Cádiz Fuente.: ETSIN

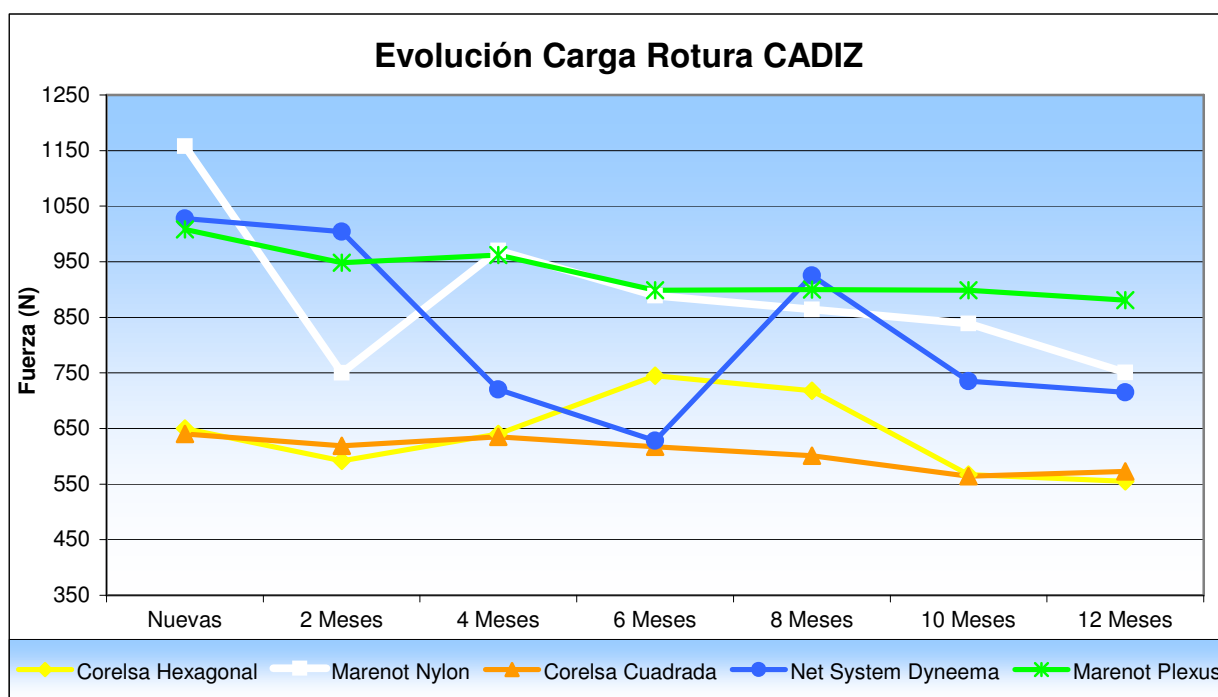


Figura 7. Representación cargas de rotura medias emplazamiento Cádiz. Fuente.: DAP

En el emplazamiento de Cádiz vuelve a ser la Morenot plexus con antifouling la que arroja mayores valores de carga tras el periodo de 12 meses de exposición, además de presentar una pequeña pérdida de carga de un 12,63%.

RESULTADOS MEDIOS ENSAYOS DE ROTURA (N)					
MUESTRAS	AMARILLA	BLANCA	NARANJA	AZUL	VERDE
Perdida N fin	94,64	406,79	66,33	313,22	127,28
Perdida %	14,57%	35,14%	10,37%	30,48%	12,63%

Tabla 32. Pérdida de carga en Cádiz Fuente.: ETSIN

Seguida en valor absoluto de carga está la red Morenot nylon, que vuelve a tener un comportamiento parecido al observado en Galicia aunque sigue siendo la red con mayor pérdida de resistencia con un 35,15% respecto a la inicial.

Las red Corelsa cuadrada es la que presenta una menor pérdida de resistencia tras el experimento (10,37%).

2.4.2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ENSAYOS DE TRACCIÓN POR RED

A continuación, se muestra una tabla resumen con los datos medios de carga de rotura obtenidos en los test y ordenados por modelo de red, con la finalidad de mostrar la tendencia de una misma red en los distintos emplazamientos utilizados:

MODELO	UBICACIÓN	PERIODO DE ENVEJECIMIENTO						
		NUEVA	2 MESES	4 MESES	6 MESES	8 MESES	10 MESES	12 MESES
CORELSA HEXAGONAL 210/60 NYLON (AMARILLA)	PONTEVEDRA	649,50	583,41	549,05	636,48	557,96	503,15	568,59
	PONT, LAVADO	649,50	597,84	551,07	563,45	512,38	658,99	544,55
	A CORUÑA	649,50	521,04	610,38	520,83	497,46	508,00	627,91
	BARCELONA	649,50	536,91				474,77	545,61
	GRAN CANARIA	649,50	706,69	611,54	617,97	521,50	550,12	461,33
	TENERIFE	649,50	552,25	497,10	579,71	571,03	524,69	504,76
	CADIZ	649,50	591,73	640,59	745,25	717,71	567,43	554,86
MORENOT 210/90 NYLON (BLANCA)	PONTEVEDRA	1157,55	913,21	959,64	942,59	872,26	747,07	879,79
	PONT, LAVADO	1157,55	959,07	974,08	941,46	929,19	902,43	892,77
	A CORUÑA	1157,55	951,09	948,92	807,51	817,00	811,72	863,42
	BARCELONA	1157,55	987,17				773,02	602,63
	GRAN CANARIA	1157,55	923,43	918,74	891,03	718,89	637,78	475,27
	TENERIFE	1157,55	890,49	885,35	866,30	776,49	631,29	601,61
	CADIZ	1157,55	750,22	970,06	889,12	863,57	839,10	750,76
CORELSA CUADRADA 210/60 NYLON (NARANJA)	PONTEVEDRA	639,67	609,48	637,85	619,87	609,76	586,32	603,30
	PONT, LAVADO	639,67	622,75	631,64	608,95	609,43	624,88	617,10
	A CORUÑA	639,67	603,40	633,65	615,12	577,05	580,29	590,09
	BARCELONA	639,67	630,29				554,68	480,06
	GRAN CANARIA	639,67	625,04	598,68	587,09	478,64	533,44	376,61
	TENERIFE	639,67	580,69	591,81	643,36	520,16	508,85	433,64
	CADIZ	639,67	618,70	634,96	639,67	600,68	564,45	573,34
NET SYSTEM DYNEEMA (AZUL)	PONTEVEDRA	1027,73	704,66	806,92	729,58	670,06	923,12	639,38
	PONT, LAVADO	1027,73	634,07	628,70	629,69	513,65	567,35	475,30
	A CORUÑA	1027,73	743,42	748,36	896,28	936,48	690,08	710,97
	BARCELONA	1027,73	723,68				729,39	814,95
	GRAN CANARIA	1027,73	883,10	905,23	771,84	747,86	860,23	702,77
	TENERIFE	1027,73	711,83	911,08	885,10	815,70	895,44	738,73
	CADIZ	1027,73	1004,46	720,74	1027,73	925,44	734,53	714,51
MORENOT 210/42 PLEXUS ANTIFOULING (VERDE)	PONTEVEDRA	1008,13	907,41	980,85	905,61	901,41	885,47	862,30
	PONT, LAVADO	1008,13	974,31	946,33	903,92	903,06	910,44	920,05
	A CORUÑA	1008,13	926,55	932,94	865,11	844,84	864,90	917,70
	BARCELONA	1008,13	936,13				834,20	760,15
	GRAN CANARIA	1008,13	860,96	908,97	868,32	810,57	803,38	762,20
	TENERIFE	1008,13	899,43	911,35	900,35	818,51	794,78	781,07
	CADIZ	1008,13	948,43	962,23	899,36	899,74	899,37	880,85

Tabla 33. Resumen cargas de rotura media Fuente.: DAP

RESULTADOS CORELSA 210/60 HEXAGONAL NYLON

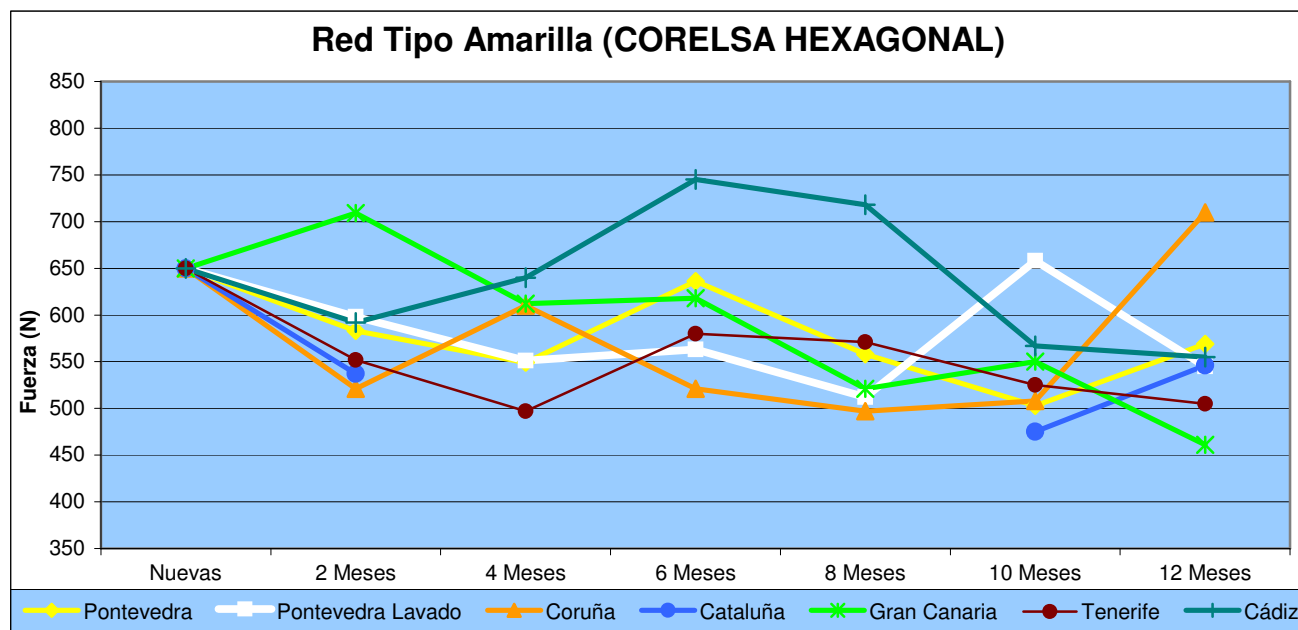


Figura 8. Representación evolución Corelsa hexagonal en cada emplazamiento. Fuente.: DAP

El fabricante de esta red facilita una carga de rotura inicial para este modelo de 617N y el resultado medio obtenido en laboratorio para la red nueva es de 649N, lo que supone una carga un 5% superior a lo esperado.

Se observa que para la mayoría de los emplazamientos esta red posee un comportamiento muy estable con el tiempo, con una pérdida media de resistencia en todos los emplazamientos de un 14,42% al final de la experiencia, siendo la pérdida máxima de un 29% en el emplazamiento de Gran Canaria dando lugar a un repunte en los emplazamientos de Barcelona, Pontevedra y Coruña, obteniendo una ganancia con respecto a la red nueva de un 9% en este último.

Destacar que tras la caída inicial de carga, en todos los emplazamientos se observa un aumento relativo entre el 2º y el 6º mes de exposición que puede deberse a la compactación de las fibras por fijación de organismos.

Del comportamiento observado en esta red se puede concluir que aun sin mostrar valores absolutos de carga de rotura muy elevados, es una red idónea para utilizar en cualquier lugar dado su estable comportamiento y su baja pérdida de resistencia con el tiempo de exposición.

RESULTADOS MORENOT 210/90 NYLON

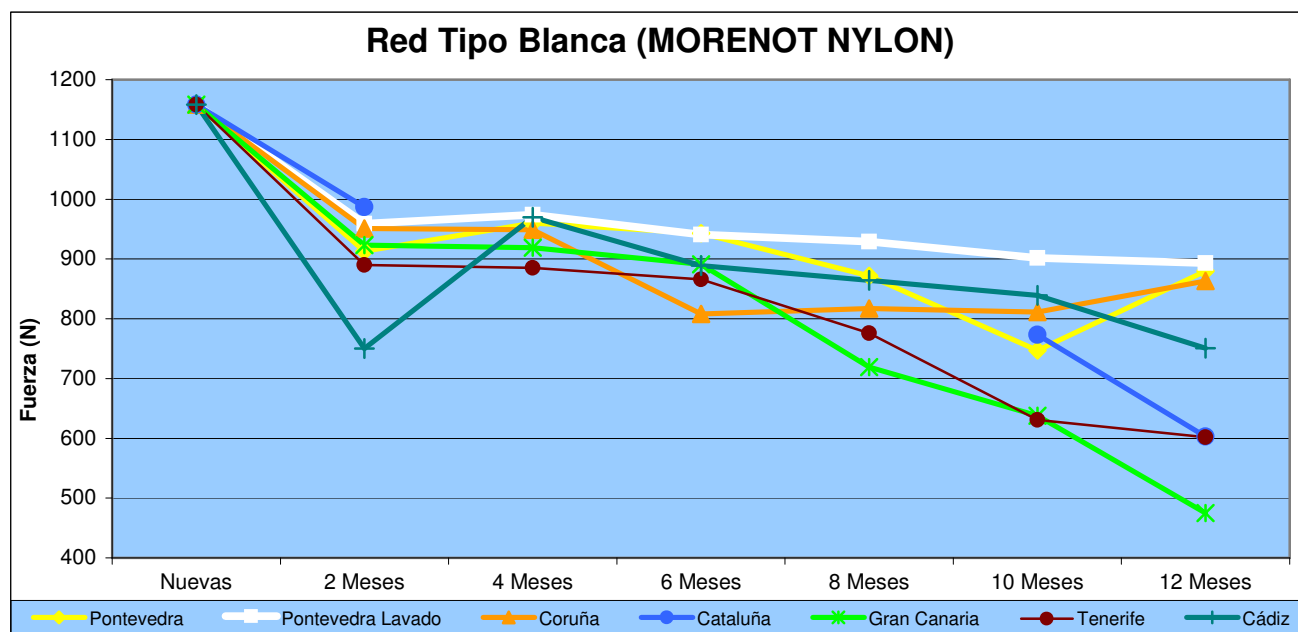


Figura 9. Representación evolución Morenot nylon en cada emplazamiento. Fuente.: DAP

El fabricante de esta red da una carga de rotura inicial para este modelo de 1038 N y el resultado medio obtenido en laboratorio para la red nueva es de 1158 N, lo que supone una carga un 11,5% superior a lo esperado.

Destacar la importante caída de carga máxima que se observa en todos los emplazamientos en los primeros dos meses de exposición. Esta tendencia parece estar más relacionada con una sobrestimación del valor inicial de pérdida por parte del laboratorio que con un comportamiento propio de la red, ya que si se toma como valor inicial el ofrecido por el fabricante o por el laboratorio de contraste (922N), esta pérdida de resistencia queda notablemente atenuada.

Se observa que para los emplazamientos de Galicia esta red posee un comportamiento muy estable, con unos valores medios al final de los 12 meses en torno a 880N, lo que supone una pérdida que ronda el 24% (15% si se toma como valor inicial el dado por el fabricante).

Por el contrario, en los emplazamientos de las Islas Canarias, a partir del 6º mes de exposición y hasta el final, sufre una importante pérdida de carga de rotura, hasta un valor mínimo tras 12 meses en Gran Canaria de 475N lo que supone una pérdida del 59% con la red nueva. Y 601N con una pérdida del 48% en Tenerife. Este descenso brusco puede estar relacionado, además de con el notable efecto de la incidencia de rayos U.V., con la acción de algún tipo de organismo que prolifere en estas aguas y que acelera la degradación de este modelo de red.

El mismo comportamiento parece intuirse de los resultados obtenidos en Barcelona, que aunque aparecen sesgados, la tendencia final es de una importante caída que supone una pérdida cercana a la de Tenerife de un 48%.

En cuanto a las redes sometidas a lavado en Pontevedra, destacar que en todas las replicas se han obtenido valores mayores de carga que los obtenidos en el mismo emplazamiento sin someter a las redes a lavado, por lo que parece que para este modelo de red la acción de la lavadora no solo no disminuye la carga de rotura sino que parece que la potencia.

Del comportamiento observado en esta red se puede concluir que es una red con 2 comportamientos muy diferenciados en función del lugar de exposición. Siendo una red muy estable y con valores máximos de carga de rotura muy elevados durante todo el periodo de exposición en los emplazamientos de Galicia (Pontevedra y Coruña) y en el de Cádiz. Por otro lado, en los emplazamientos Canarios muestran un comportamiento estable hasta el 6º mes de exposición, a partir de entonces comienza un descenso pronunciado hasta el final del experimento que refleja que esta red no es idónea para estos emplazamientos.

RESULTADOS CORELSA 210/60 CUADRADA NYLON

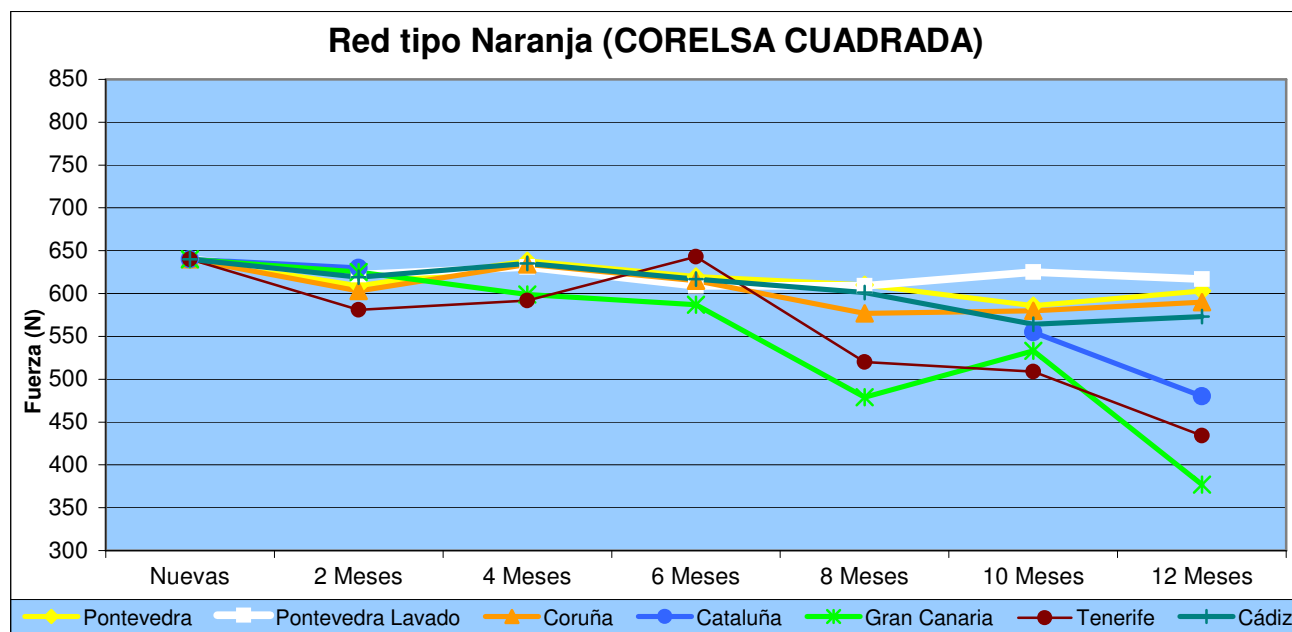


Figura 10. Representación evolución Corelsa cuadrada en cada emplazamiento. Fuente.: DAP

El fabricante de esta red da una carga de rotura inicial para este modelo de 617 N y el resultado medio obtenido en laboratorio para la red nueva es de 639 N, lo que supone una carga un 3,5% superior a lo esperado.

Se observa para este modelo un comportamiento muy parecido al observado en la red anterior, Morenot 210/90, ambas compuestas por nylon.

En los emplazamientos de Galicia y en el de Cádiz, presenta un comportamiento muy estable con el tiempo, con un valor medio de resistencia a la rotura de 595N, lo que supone una pérdida en torno al 8% al final de la experiencia.

Por el contrario en las Islas Canarias muestra un comportamiento estable hasta el 6º mes y a partir de ahí comienza una caída en la resistencia a la rotura que continua hasta el final del experimento, dando como valor mínimo el obtenido en Gran Canaria con 376N, 42% de pérdida final.

En Barcelona, con los datos registrados, parece darse un comportamiento muy similar al acontecido en Canarias, pero no se puede constatar a partir de que mes de exposición comienza el descenso de carga.

En cuanto a las redes de lavado, no parecen existir diferencias significativas con sus homólogas no sometidas a este proceso, por lo que se vuelve a poner de manifiesto la no influencia del lavado en los procesos de rotura de redes.

RESULTADOS NET SYSTEM

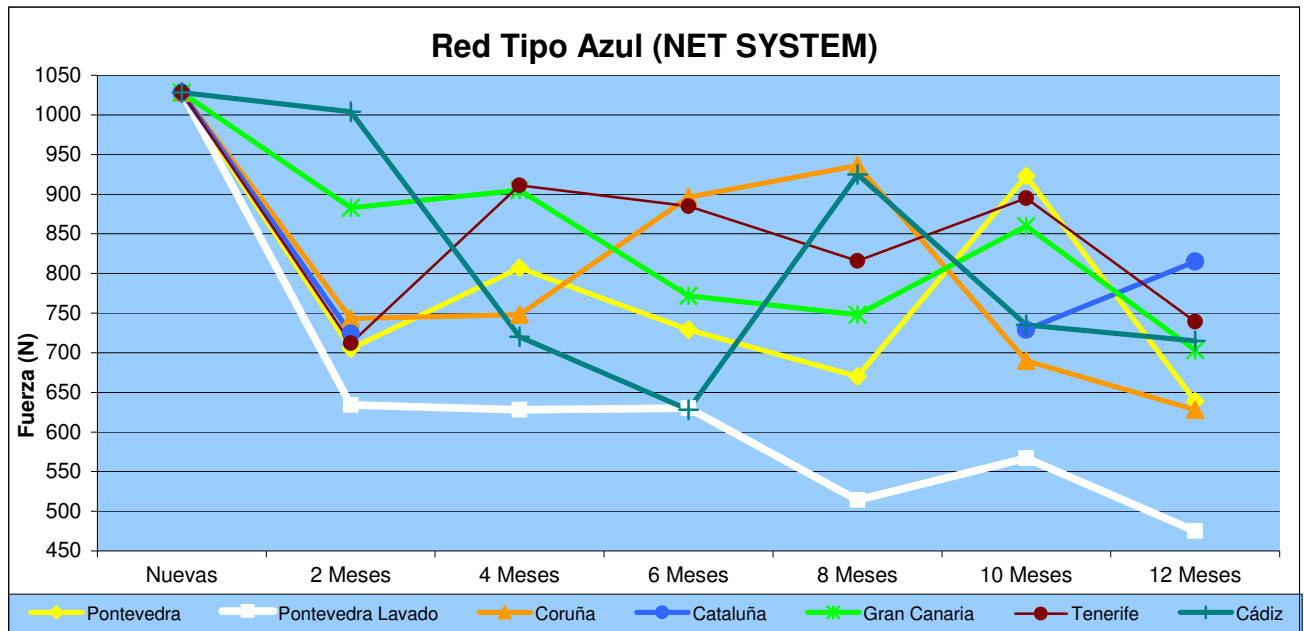


Figura 11. Representación evolución Net System en cada emplazamiento. Fuente.: DAP

El fabricante de esta red da una carga de rotura inicial para este modelo de 735N y el resultado medio obtenido en laboratorio para la red nueva es de 1027N, lo que supone una carga casi un 40% superior a lo esperado.

Como ya se ha comentado anteriormente, al ensayar la red Net System con la metodología propuesta por la norma ISO 1806:2003 de una muestra normalizada (una unidad de malla individualizada), se observó que ésta sufría un fenómeno de destrenzado que daba lugar a que los valores obtenidos no correspondieran al proceso de rotura sino a la pérdida de carga al deslizar los nudos.

Para intentar corregir este fenómeno, se ha intentado ensayar esta red de manera que al menos las muestras estuvieran compuestas por 3x3 unidades de malla, pero no ha sido siempre posible debido al diseño inicial de los paños (20 x 20 cm) por lo que se han obtenido comportamientos anómalos de los que no es posible sacar resultados concluyentes para ninguno de los emplazamientos. Cuando se ensayaron paños de red mas grandes (aproximadamente 10x10 unidades de malla) donde el fenómeno de destrenzado desaparecía, los valores obtenidos eran considerablemente mayores a los de las muestras normalizadas por la ISO 1806:2003.

En general cabe destacar que, a excepción de las redes sometidas a lavado, se han obtenido valores medios de carga para cada emplazamiento muy elevados aunque sin una tendencia clara de comportamiento, siendo la media final tras un año de exposición de 745N, valor superior al ofrecido por el fabricante para la red nueva.

Las redes sometidas a lavado en Pontevedra, muestran un comportamiento prácticamente idéntico a la red sin lavado pero con valores de carga considerablemente menores, siendo al final de la experiencia un 25% menor a ésta. Por lo que en este caso parece que el proceso de lavado afecta ampliamente a este modelo de red.

De los resultados obtenidos se puede concluir que, aunque no se ha podido conocer exactamente su evolución, parece ser una red idónea para utilizar en cualquier instalación, independientemente del lugar en el que se encuentre.

RESULTADOS MORENOT 210/42 PLEXUS ANTIFOULING

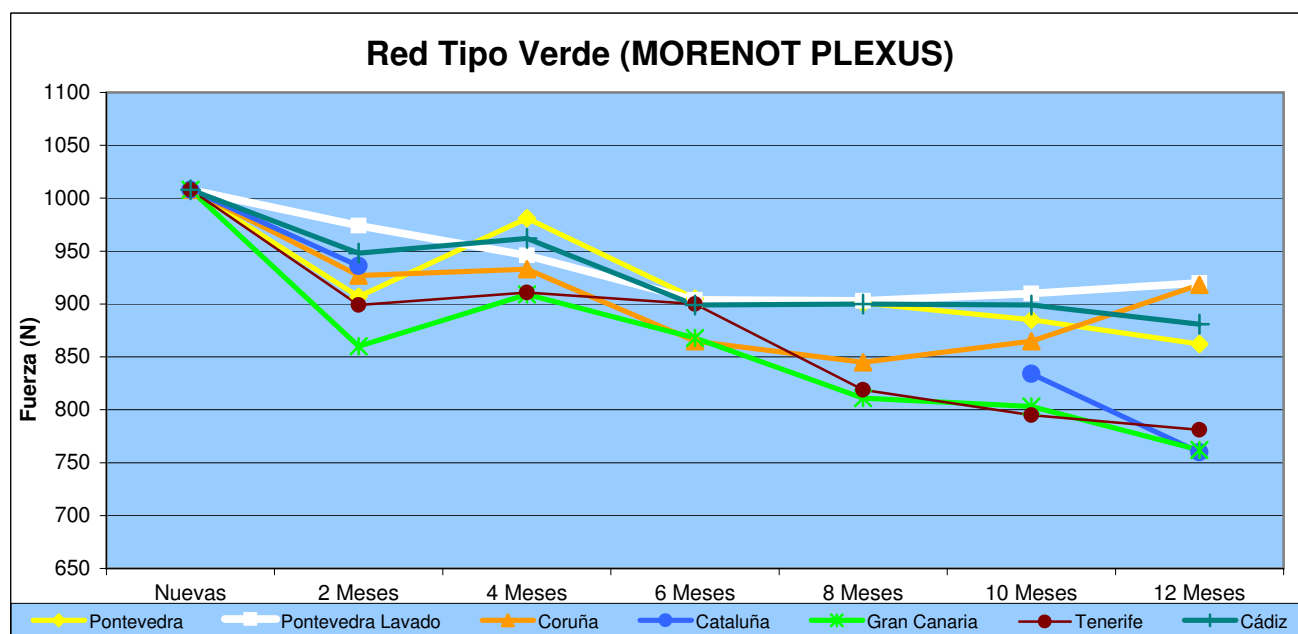


Figura 12. Representación evolución Morenot plexus en cada emplazamiento. Fuente.: DAP

El fabricante de esta red da una carga de rotura inicial para este modelo de 1098N y el resultado medio obtenido en laboratorio para la red nueva es de 1008N, lo que supone una carga casi un 9% inferior a lo esperado.

Este modelo de red es el que presenta un mayor valor medio de carga tras finalizar el experimento en todos los emplazamientos, siendo la media de 840,6N, lo que supone una pérdida media del 16,6%.

Los valores mas altos de carga se obtienen en los emplazamientos de Galicia, con un máximo para la red sometida a lavado de 920N con un 8% de pérdida comparada con la red nueva.

Los valores menores de carga de rotura se obtienen en el emplazamiento de Barcelona, con un resultado de 760N, lo que supone un 24,5% de pérdida.

Se observa que esta red sufre el mismo fenómeno que la red Morenot 210/90 y Corelsa 210/60 cuadrada en los emplazamientos de Canarias, de manera que entre el 4º y el 6º mes de exposición comienza una tendencia de pérdida de carga de rotura que continúa hasta el final del experimento y que puede estar asociado a la acción de determinados organismos que aceleran su degradación.

Destacar que, al igual que ocurre en la red Corelsa 210/60 hexagonal, tras la caída inicial de carga, en todos los emplazamientos se observa un aumento relativo entre el 2º y el 4º mes de exposición que puede deberse a la compactación de las fibras por fijación de organismos.

Con los resultados obtenidos se puede concluir con que la red Morenot plexus con antifouling es idónea para cualquier emplazamiento, tanto por sus elevados valores de resistencia a la rotura como por su estable comportamiento con el tiempo.

2.4.2.4. RESULTADOS CONTROL DE CALIDAD

Como se ha comentado anteriormente y dado el carácter novedoso de este experimento, del cual no se conocen antecedentes, se decidió por parte del equipo investigador realizar una serie de pruebas de control para disponer de datos de contraste con los resultados que arrojaron las redes analizadas por la ETSIN.

De manera que se decidió enviar unas muestras de los últimos set de redes que faltaban por ensayar a un laboratorio de contraste. El laboratorio elegido fue "TITANIA, Ensayos y Proyectos Industriales S.L." perteneciente a la Universidad de Cádiz, que dispone de la maquinaria apropiada para la realización de este tipo de ensayos.

En los ensayos realizados por TITANIA, se han analizado y comparado tanto las cargas máximas de rotura como el alargamiento y el módulo que presentan las muestras durante el ensayo. Se enviaron muestras de todas las redes nuevas y de los siguientes paños envejecidos:

- Cataluña 10 y 12 meses de exposición
- Gran Canaria 12 meses de exposición
- Tenerife 12 meses de exposición
- Cádiz 10 y 12 meses de exposición

A continuación se muestra los resultados medios de carga de rotura obtenidos por estos ensayos, comparándolos con los obtenidos anteriormente:

	NUEVAS		
	ETSIN	TITANIA	% Variación
Corelsa 210/60 cuadrada	650	630	3,0
Morenot 210/90	1158	922	20,3
Corelsa 210/60 hexagonal	640	632	1,2
Net System	1028	1084	5,0
Morenot 210/42	1008	974	3,4

Tabla 34. Valores ambos laboratorios para las redes nuevas Fuente.: DAP

Se observa en las redes nuevas que, ha excepción de la red Morenot 210/90, ambos laboratorios muestran unos resultados similares del mismo orden de magnitud. Existe una variación media entre ambos laboratorios para las redes nuevas de un 6,5%.

	BARCELONA					
	ETSIN10meses	TITANIA10meses	%Variación	ETSIN12meses	TITANIA12meses	%Variación
Corelsa21060cuadrada	475	488	38	546	485	11,2
Morenot 21090	773	778	06	608	641	6,3
Corelsa21060hexagonal	555	535	36	480	440	8,3
Net System	729	727	03	815	760	6,7
Morenot 21042	834	805	35	760	765	0,7

Tabla 35. Valores ambos laboratorios para las redes de Barcelona Fuente.: DAP

La mayor diferencia entre ambos laboratorios en las redes expuestas en Barcelona, la muestra la red Corelsa 210/60 tras 12 meses de exposición con un 11%. El resto de los valores son prácticamente iguales. La variación media a los 10 meses es de un 2,5% y a los 12 meses de un 8%.

	CADZ					
	ETSIN10meses	TITANIA10meses	%Variación	ETSIN12meses	TITANIA12meses	%Variación
Corelsa210/60cuadrada	557	492	132	555	502	95
Morenot 210/90	839	809	36	751	734	23
Corelsa210/60hexagonal	564	508	99	573	549	42
Net System	735	811	103	715	849	187
Morenot 210/42	889	903	04	881	883	02

Tabla 36. Valores ambos laboratorios para las redes de Cádiz Fuente.: DAP

En cuanto a las redes envejecidas en Cádiz, la máxima variación entre ambos resultados es para la red Net System a los 12 meses de envejecimiento, donde el laboratorio TITANIA ofrece un resultado un 18% mayor que el da la ETSIN. La media de variación es de un 7,5% y 7% para los 10 y 12 meses respectivamente.

	GRAN CANARIA		
	ETSIN 12 meses	TITANIA 12 meses	% Variación
Corelsa 210/60 cuadrada	461	488	5,9
Morenot 210/90	475	580	22,1
Corelsa 210/60 hexagonal	377	396	5,0
Net System	703	640	9,0
Morenot 210/42	762	614	19,4

Tabla 37. Valores ambos laboratorios para las redes de Gran Canaria Fuente.: Elaboración propia

Con respecto a las redes de Gran Canaria se observan las mayores diferencias entre ambos laboratorios, con una variación media en torno al 12%. Puede deberse a que las muestras enviadas al laboratorio TITANIA fueron demasiado pequeñas como para realizar un número de ensayos de los que se pudieran obtener resultados concluyentes.

	TENERIFE		
	ETSIN 12 meses	TITANIA 12 meses	% Variación
Corelsa 210/60 cuadrada	505	463	8,3
Morenot 210/90	602	607	0,8
Corelsa 210/60 hexagonal	434	413	4,8
Net System	739	780	5,5
Morenot 210/42	781	726	7,0

Tabla 38. Valores ambos laboratorios para las redes de Tenerife Fuente.: Elaboración propia

Por último, las muestras de Tenerife muestran una variación media entre laboratorios de un 5%, por lo que se pone de manifiesto la similitud entre ambos resultados.

Concluyendo, se observa que de las muestras contrastadas con el laboratorio TITANIA, existe una pequeña variación entre los resultados obtenidos de aproximadamente un 7%, que puede deberse principalmente a la diferencia en la maquinaria empleada. Para la mayoría de las redes, el resultado medio de cada laboratorio se encuentra dentro del rango de variación del otro y viceversa, por lo que se puede concluir con la convicción sobre los valores determinados.

2.4.2.5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Tras un periodo de envejecimiento de un año, las redes expuestas a la acción del agua marina, del fouling y los rayos ultravioleta, sufren una pérdida de carga de rotura que puede llegar hasta un 39% del valor inicial. Siendo ésta pérdida muy diferente en función del emplazamiento, de la composición y diseño de la red.

En cuanto a las ubicaciones, son Gran Canaria y Tenerife los emplazamientos donde las redes experimentan una mayor pérdida de propiedades, obteniéndose los menores valores de carga de rotura para cada una de ellas. Se observa además, que la importante pérdida de resistencia a la rotura ocurre a partir del 6^º mes de exposición.

Los emplazamientos donde se obtienen los mayores valores de carga al finalizar la exposición son Coruña y Pontevedra, donde la máxima pérdida fue de un 25% y 23% respectivamente sobre la red Morenot 210/90.

Paradójicamente, la red Corelsa 210/60 hexagonal presentó valores de resistencia mayores a los 12 meses de exposición que sin envejecer, lo que puede deberse a un fenómeno de cementación de fibras por parte de los organismos fijados.

Las redes tipo Corelsa 210/60 hexagonal, Morenot 210/42 plexus con antifouling y Corelsa 210/60 cuadrada son las que presentan un comportamiento más estable en todos los emplazamientos y durante todo el período de exposición, sufriendo una pérdida media de resistencia a la rotura del 14%, 16% y 18% respectivamente.

La red Morenot 210/42 plexus con antifouling es la que mayor carga de rotura tiene en la mayoría de los emplazamientos, siendo además la que presenta una mayor uniformidad en todos ellos.

Por otro lado, las redes Net System y Morenot 210/90 nylon presentan comportamientos diferentes dependiendo de los emplazamientos. Así, la red Net System ofrece sus mejores resultados en aguas de Tenerife y Gran Canaria, quedando de manifiesto que es una red que no se debe someter al proceso de lavado en lavadora convencional. Por su parte la red Morenot 210/90 nylon ofrece sus mejores resultados en las aguas gallegas, siendo una red menos recomendable para los emplazamientos canarios.

En cuanto a las muestras sometidas a lavado, a excepción de lo observado con la red Net System Dyneema, no ofrecen diferencias significativas comparándolas con las redes del mismo emplazamiento que no se sometieron a este proceso, por lo que no se advierte como una de las causas que provoca los accidentes de rotura de redes.

Cabe destacar que todas las redes presentan valores de carga de rotura mayor a lo esperado, cumpliendo holgadamente las exigencias a la hora de contratar un seguro de accidentes, cuando han sido sometidas a los tres agentes comentados anteriormente. Siendo en el peor de los casos, superior en más de un 28% del valor umbral establecido por AGROSEGUROS, 294N para mallas de entre 10mm y 30mm. (BOE num26. 2007).

En líneas generales se puede decir que los factores analizados parecen no ser la causa determinante en los accidentes de redes, y que éstos pueden deberse a la sinergia de estos factores con otros como el rozamiento con elementos del entramado o las tensiones a las que están sometidas por las corrientes, por lo que con este trabajo se abren las puertas a futuras líneas de investigación en este sentido.

Por todo esto se pone de manifiesto que las redes disponibles en el mercado, cada una con sus propiedades distintivas, presentan calidades óptimas para ser empleadas en cultivos en jaulas en mar abierto. Siendo por tanto, responsabilidad del acuicultor elegir la red más adecuada en función de las necesidades de su instalación, ya que aportándole el mantenimiento correcto y la frecuencia de cambio y lavado requerida, el riesgo a sufrir pérdidas de biomasa por la rotura de éstas quedará minimizado.

2.4.3. ACTUACIÓN 3: ADECUACIÓN DE TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN DE BIOMASA DE PECES APLICADO A LOS CULTIVOS EN JAULAS

A continuación se muestran los resultados obtenidos por parte de las Comunidades Autónomas de Murcia y Andalucía.

La Comunidad de Murcia ha centrado sus trabajos en varias líneas, como son:

- ✓ comprobación de la fiabilidad de los algoritmos de medida que dispone la aplicación para dorada, lubina y besugo mediante la comparación entre muestreos con VICASS y muestreos manuales. Obtención algoritmos propios que transformen la longitud y altura en peso del individuo y cálculo del tamaño mínimo muestral para estas especies.
- ✓ comprobación de la funcionalidad del aparato para muestreos de atún rojo en jaulas flotantes. Obtención de algoritmo de medida para esta especie.
- ✓ obtención de algoritmos de medida para nuevas especies de interés comercial como es el caso del sargo picudo.

Por su parte la Comunidad de Andalucía, tras el cambio sufrido en el subproyecto y dado que los objetivos de trabajo con el VICASS estaban cubiertos por la Comunidad de Murcia, decidió centrar sus esfuerzos en realizar muestreos con nuevas especies de interés comercial para el sector como son la urta, la corvina y el pargo, ampliando de esta forma el número de especies capaces de ser medidas con el aparato.

2.4.3.1. MURCIA

A lo largo del Plan la Comunidad de Murcia ha ejecutado una serie de trabajos, aplicando la tecnología de visión estereográfica para estudiar estos aspectos en varias especies de peces, como son la dorada, la lubina, el atún, el besugo, el sargo picudo, etc. Así como una evaluación comparativa entre el peso medio obtenido mediante el Vicass y muestreo manual, con el fin de comprobar el error en la estimación del sistema de visión estereográfica

RELACIONES BIOMÉTRICAS

De las especies de interés para la acuicultura española, la aplicación VICASS solo dispone de ecuaciones para convertir las dimensiones de los peces en biomasa para la dorada, la lubina y recientemente el besugo. Se han venido realizando muestreos biométricos en algunas de las nuevas especies de interés para la acuicultura española, con las que están trabajando diversos equipos de investigación.

El objetivo de obtener estas biometrías, es la realización de modelos matemáticos que nos permitan transformar las dimensiones medidas con el VICASS en datos de biomasa. Hasta la fecha se ha completado la biometría del atún rojo y del sargo picudo. Las biometrías de las restantes especies (hurta, pargo y besugo), que debían haberse llevado a cabo por investigadores de otros centros, tuvieron que descartarse, pues los valores de longitud furcal (L_f) y altura máxima (H_m) se tomaron con una precisión de 0,5cm, cuando tenían que haberse tomado con precisión de 0,1cm, lo que supuso que los modelos resultantes no fuesen adecuados.

Se propuso a los investigadores responsables de otros centros que realizasen los sucesivos muestreos con una precisión de 0,1cm para la longitud furcal y altura máxima, pero solo recibimos datos aceptables para el besugo por parte del IGAFSA, y aunque mientras se desarrollaba el proyecto el fabricante del VICASS nos proporcionó una ecuación para el besugo, también elaboramos una propia para comparar entre ambas.

Los datos de peso fueron obtenidos, para el sargo picudo y el besugo, en balanza con precisión de 0,1g, y para atún rojo con dinamómetro con precisión de 1kg. La Lf y la Hm fueron medidas con ictiómetro, con una precisión de 0,1cm para el sargo picudo y el besugo, y de 1cm para el atún rojo.

Las ecuaciones de transformación de las dimensiones de los peces en biomasa se llevó a cabo mediante análisis de regresión lineal, ajustando los datos observados a una ecuación del tipo:

$$\text{Peso} = a + b \times (\text{Lf}^2 \times \text{Hm}) \text{ (Shieh \& Petrell, 1998)}$$

EXPERIENCIAS EN TANQUES DE CULTIVO

Las experiencias en tanques de cultivo fueron las primeras en realizarse, y sirvieron principalmente para familiarizarse en el manejo del equipo y en el cálculo del error de estimación de peso medio. Estas experiencias se realizaron en tanques tipo raceway de 5 x 1 x 1m, con un volumen operativo de 3500L, con poblaciones de dorada (*Sparus aurata*), lubina (*Dicentrarchus labrax*) y sargo picudo (*Diplodus puntazzo*).

	N	Rango peso	Rango Lf	Rango Hm
Sargo picudo	1176	5,1 – 426,2g	2,7 – 28,4cm	1,3 – 10,2cm
		Peso = 14,47 + 0,0536 x (Lf ² x Hm) ANOVA P < 0,0001; R ² = 0,9662		
Atún rojo	223	18 – 480kg	24 – 284cm	22 – 78cm
		Peso = 7,8 x 10 ⁻⁵ x (Lf ² x Hm) ANOVA P < 0,001; R ² = 0,9826		
Besugo	110	24 – 1707g	12,7 – 38,5cm	3,3 – 14,0cm
		Peso = -16,41 x 0,0842 x (Lf ² x Hm) ANOVA P < 0,001; R ² = 0,9929		

Tabla 39: Biometrías y ecuaciones para transformar las dimensiones en peso para el sargo picudo, atún rojo y besugo
Fuente: IMIDA

a. Dorada (*Sparus aurata*)

Se llevó a cabo un muestreo con VICASS en un tanque raceway con una población de 213 ejemplares de dorada. El par de cámaras se introdujo en el tanque en uno de sus extremos, apoyado sobre un bloque para que estuviesen separadas del fondo (Figura 38). Se tomaron 180 pares de imágenes, de las que se procesaron 30 ejemplares al azar. Seguidamente se pescaron, anestesiaron y muestrearon 30 ejemplares al azar con balanza e ictiómetro. En las Tabla 2, 3 y 4 se muestran los estadísticos descriptivos de ambos muestreos.

	NP min	P med	P max	d.s. Error (%)	
MANUAL	3994	206	263	39,87	-
Vicass30141		196	235	25,33	5,19

Tabla 40: Estadísticos descriptivos de los muestreos de dorada con VICASS y manual, y error de estimación de peso (gr.) medio del VICASS respecto al manual. **Fuente:** IMIDA

N	P min	P med	P max	d.s.	Error (%)	
MANUAL	30	16,6	21,1	23,5	1,40	-
Vicass	30	17,3	20,3	22,4	1,21	3,46

Tabla 41: Estadísticos descriptivos de los muestreos de dorada con VICASS y manual, y error de cálculo de la longitud furcal (cm) con VICASS respecto al manual. **Fuente.:** IMIDA

N	Hm min	Hm med	Hm max	d.s.	Error (%)	
MANUAL	30	5,6	7,1	7,9	0,56	-
Vicass	30	6,7	7,6	8,3	0,36	5,86

Tabla 42: Estadísticos descriptivos de los muestreos de dorada con VICASS y manual, y error de cálculo de la altura máxima (cm) con VICASS respecto al manual. **Fuente.:** IMIDA

b. Lubina (*Dicentrarchus labrax*)

El comportamiento de la lubina, tanto en estado salvaje como en cautividad, es mucho más esquivo y desconfiado que el de la dorada u otras especies que se cultivan, mostrándose huidizas y extremadamente alteradas ante la presencia del par de cámaras en el interior del tanque. Cuando se introducían las cámaras en el tanque, las lubinas se movían a gran velocidad, y pasado un tiempo en el que se dejaban las cámaras en el interior del tanque para que las lubinas se adaptasen a su presencia, éstas se concentraban en el extremo opuesto del tanque, imposibilitándose la adquisición de imágenes. Este mismo comportamiento ha sido observado cuando se trató de muestrearlas en jaulas flotantes, de modo que, para evitar males mayores por la facilidad para estresarse que tiene esta especie, tanto en condiciones experimentales como en las instalaciones de las empresas colaboradoras, se decidió dejar de trabajar con esta especie y centrarnos en otras de mayor interés para la diversificación de los cultivos marinos.

c. Sargo picudo (*Diplodus puntazzo*)

Del mismo modo que se procedió con la dorada, se realizó un muestreo con VICASS a sargos picudos. El tanque raceway contenía 342 ejemplares. Se muestrearon al azar 30 ejemplares tanto con VICASS como manualmente. Las Tablas 5, 6 y 7 muestran los estadísticos descriptivos de ambos muestreos.

	N	P min	P med	P max	d.s.	Error (%)
MANUAL	30	74,8	161,1	265,3	43,50	-
VICASS	30	96,1	151,8	267,9	30,97	5,73

Tabla 43: Estadísticos descriptivos de los muestreos de sargo picudo con VICASS y manual, y error de estimación de peso (g) medio del VICASS respecto al manual. **Fuente.:** IMIDA

	N	L _r min	L _r med	L _r max	d.s.	Error (%)
MANUAL	30	14,6	18,4	21,4	1,58	-
VICASS	30	15,3	18,1	21,8	1,36	1,99

Tabla 44: Estadísticos descriptivos de los muestreos de sargo picudo con VICASS y manual, y error de cálculo de la longitud furcal (cm) con VICASS respecto al manual. **Fuente.:** IMIDA

	N	H _m min	H _m med	H _m max	d.s.	Error (%)
MANUAL	30	5,3	7,1	8,5	0,67	-
VICASS	30	5,9	7,5	9,1	0,56	6,60

Tabla 45: Estadísticos descriptivos de los muestreos de sargo picudo con VICASS y manual, y error de cálculo de la altura máxima (cm) con VICASS respecto al manual. **Fuente.:** IMIDA

d. Discusión a los muestreos en tanque

Teniendo en cuenta que los peces muestreados manualmente al azar, no fueron los mismos (o al menos no todos) que los procesados con la aplicación VICASS, los errores observados en el cálculo de las dimensiones de los peces y en la estimación de la biomasa se pueden considerar aceptables, pero es necesario hacer algunas consideraciones. Por una parte, dadas las dimensiones del tanque, con una anchura de tan solo un metro y una profundidad inferior a un metro, se pudo constatar que en muchas de las imágenes procesadas tanto de dorada como de sargo picudo, los peces se encontraban con el cuerpo parcialmente girado, lo que produce una subestima la longitud furcal y por consiguiente, la estimación de biomasa no resultó tan precisa como debiera. Por otra parte, y como se comentará con mas profundidad más adelante, a estos errores se añade el error de cálculo que vaya asociado a la ecuación que se utiliza para estimar la biomasa, bien por la aplicación VICASS o por la ecuación desarrollada por nosotros para el sargo picudo.

De cualquier modo, el principal interés de estos muestreos en tanque radica en el entrenamiento en el manejo del VICASS, para su posterior utilización en condiciones de cultivo intensivo en jaulas flotantes. Estos resultados iniciales, aunque válidos para conocer la potencialidad del equipo en cuanto a su precisión, fueron muy útiles para identificar puntos críticos, como los descritos en la parte empírica de la presente memoria, y que fueron tenidos en cuenta en los muestreos en jaulas, que es donde realmente se requiere un entrenamiento intenso y un manejo apropiado del equipo.

EXPERIENCIAS EN JAULAS DE CULTIVO

La aplicación VICASS está verdaderamente diseñada para trabajar en jaulas de cultivo, mejor que en tanques, ya que en una jaula, si las cámaras están correctamente ubicadas, éstas pueden abrir completamente su ángulo de visión sin encontrar obstáculos que entorpezcan la adquisición y procesado de las imágenes. En condiciones de cultivo en jaulas en mar abierto, la realización de muestreos convencionales está bastante dificultada o incluso imposibilitada o no recomendada, ya que para tomar una muestra representativa, hay que molestar a toda la población.

Sin embargo, salvo en especies como la lubina que se estresan con facilidad y se alejan del campo visual de las cámaras, la utilización de sistemas de visión estereográfica no suponen manipulación ni molestia alguna a los peces en cultivo. Incluso en tamaños pequeños, el exceso de curiosidad de los peces puede resultar un inconveniente, ya que se aproximan en exceso a las cámaras impidiendo la correcta adquisición de imágenes.

En este apartado se exponen los resultados obtenidos al muestrear diferentes especies de peces en condiciones de cultivo en jaulas flotantes. En el caso de la dorada, las estimaciones de peso se realizan con el algoritmo incluido en la aplicación VICASS. Para el caso del atún rojo, puesto que la aplicación no incorpora ecuación para esta especie, los datos de Lf y Hm se vuelcan de la base de datos a una hoja de cálculo donde se calcula la biomasa con la ecuación descrita en el apartado 3 (Tabla 1). En el caso del besugo, se realiza una comparación entre el muestreo manual y la biomasa estimada tanto con la ecuación que incorpora el VICASS como con la desarrollada en este proyecto.

a. Experiencias con dorada cultivada en jaulas flotantes

Las experiencias con dorada se realizaron en una granja en mar abierto situada frente a las costas de San Pedro del Pinatar. Las jaulas flotantes donde se cultivaban las doradas tenían un diámetro de 25m. El par de cámaras es introducido en la jaula (Figura 40) por dos operarios que situados sobre el aro de flotación, van ubicando las cámaras en el lugar correcto, con las indicaciones de otro operario que desde la embarcación de apoyo les señala cuando se obtienen imágenes con nitidez, siendo entonces fijadas las cámaras para la realización del muestreo.

Se obtuvieron imágenes en tres profundidades distintas, aproximadamente a -3, -10 y -15m. En cada muestreo de cada jaula se capturaron 250 pares de imágenes, siendo procesadas todas ellas para obtener el mayor tamaño muestral posible.

Se realizaron muestreos en 10 jaulas flotantes con doradas de tamaños diferentes, abarcando todo el rango de tallas desde que son incluidas en las jaulas (aprox. 20g) hasta que alcanzan la talla comercial (aprox. 450g), con una periodicidad entre 20 y 60 días dependiendo del régimen de temperaturas o del estado de la mar, durante todo el año, desde noviembre de 2004 hasta noviembre de 2006. Se registró la temperatura media superficial del agua durante todo el período de estudio. En la Tabla 8 se muestran todos los datos y estadísticos descriptivos relativos a los muestreos.

Modelo de crecimiento en condiciones de cultivo intensivo en mar abierto

Con los datos de peso medio de cada lote al principio y al final de un período de muestreo, se calcula la Tasa Específica de Crecimiento:

TEC: = $100 \times (\ln Pf - \ln Pi) / t$, donde Pf es el peso medio en gramos al final del período, Pi es el peso medio en gramos al inicio del período y t es el tiempo en días. TEC representa el % de incremento de peso diario con respecto al peso inicial.

Con los valores de TEC, el peso medio correspondiente a cada período entre muestreos y la temperatura media del agua, y mediante regresión múltiple, se desarrollan ecuaciones de crecimiento a partir del siguiente modelo general:

$\ln TEC = a + b \ln P + c T \ln P + d T + e T^2$, donde a, b, c, d y e son la constante y los coeficientes correspondientes en el modelo de regresión, P es el peso medio en gramos del período de crecimiento y T es la temperatura en °C. Esta ecuación general integra diferentes aspectos del crecimiento que de manera aislada son explicadas por ecuaciones como:

Fecha	Jaula	N	Pmin	Pmed	Pmax	s.d.	Err.rel (%)	CV (%)	N min
25/11/04	1	61	11.11	21.92	46.29	5.50	6.26	25.09	97
22/4/05	1	252	20.41	42.33	114.20	12.13	3.54	28.65	126
14/6/05	1	106	43.89	71.53	125.50	16.48	4.39	23.04	82
13/7/05	1	251	52.89	112.12	310.60	28.93	3.19	25.80	102
26/8/05	1	246	94.43	187.15	354.12	39.41	2.63	21.06	68
23/9/05	1	179	121.60	264.49	435.00	55.62	3.08	21.03	68
	2	158	61.11	138.92	382.11	35.93	4.03	25.86	103
	3	214	81.08	228.73	408.09	47.62	2.79	20.82	67
	4	130	15.28	64.34	104.85	15.72	4.20	24.44	92
	5	159	24.72	44.21	91.45	11.44	4.02	25.88	103
28/10/05	1	266	168.63	327.74	533.64	68.61	2.52	20.93	67
	2	161	117.02	206.51	338.30	41.38	3.10	20.04	62
	3	155	145.85	312.92	498.96	61.86	3.11	19.77	60
	4	113	31.74	94.47	147.63	20.60	4.02	21.80	73
7/11/05	5	159	55.26	100.49	184.91	23.38	3.62	23.27	83
23/12/05	1	205	117.35	375.13	607.10	86.31	2.76	23.01	81
	2	188	125.52	278.27	539.75	58.89	2.54	21.16	69
	3	165	97.15	345.26	593.72	77.20	2.69	22.36	77
	4	166	59.02	133.00	208.60	30.98	2.80	23.30	83
	5	144	81.13	152.20	290.73	33.65	2.66	22.11	75
	6	132	119.58	333.52	552.81	71.44	2.57	21.42	71
6/02/06	1	190	214.86	396.25	630.82	82.92	2.51	20.93	67
	2	133	188.10	304.79	501.50	58.06	2.29	19.05	56

Fecha	Jaula	N	Pmin	Pmed	Pmax	s.d.	Err.rel (%)	CV (%)	N min
6/2/06	3	136	190.84	381.50	693.92	80.15	2.52	21.01	68
	4	93	100.50	169.86	321.50	36.09	2.55	21.25	69
	5	90	104.22	166.07	280.70	34.88	2.52	21.00	68
	6	129	227.59	345.78	500.77	64.50	2.24	18.65	53
21/4/06	1	351	170.09	414.61	697.33	98.22	2.47	23.69	86
	2	431	164.93	310.09	582.54	68.65	2.09	22.14	75
	4	148	81.65	210.68	330.51	47.06	2.11	22.34	77
	5	160	146.78	221.90	392.00	45.39	1.93	20.46	64
	6	291	230.36	382.32	678.00	79.53	1.96	20.80	66
19/5/06	2	162	171.65	352.43	677.65	72.53	1.94	20.58	65
	3	168	234.66	442.44	788.22	96.31	2.06	21.77	73
30/6/06	1 bis	28	13.68	21.09	33.22	4.85	2.17	23.02	81
	2	124	231.84	404.98	662.30	90.02	2.10	22.23	76
	3	128	272.25	481.48	681.76	91.37	1.79	18.98	55
	4	131	127.56	314.81	465.42	62.06	1.86	19.71	60
	5	146	143.00	261.07	445.40	55.08	1.99	21.10	68
	6	124	241.08	455.26	755.48	92.10	1.91	20.23	63
11/8/06	1 bis	99	46.87	72.18	104.50	12.18	1.59	16.87	44
	9	42	14.63	22.84	31.95	3.51	1.45	15.39	36
	10	87	16.60	30.40	48.51	6.71	2.09	22.09	75
	11	63	22.77	41.52	64.81	9.72	2.21	23.41	84
29/08/06	1 bis	91	53.72	98.40	125.11	12.75	1.22	12.95	26
	9	30	27.82	33.93	45.96	4.81	1.34	14.20	31
	10	88	40.23	60.32	86.95	11.63	1.82	19.29	57
	11	132	43.12	68.71	96.09	12.24	1.68	17.81	49

Tabla 46: Datos y estadísticos descriptivos relativos a los muestreos de dorada con VICASS Fuente.: IMIDA

Fecha	Jaula	N	Pmin	Pmed	Pmax	s.d.	Err.rel (%)	CV (%)	N min
11/10/06	1 bis	101	101.96	165.08	242.10	26.10	1.49	15.81	38
	9	82	45.34	74.51	97.51	12.16	1.54	16.31	41
	10	55	72.72	104.75	136.72	16.93	1.52	16.14	40
16/11/06	1 bis	73	126.93	210.68	287.88	42.32	1.90	20.09	62
	9	96	80.23	125.58	180.26	24.20	1.82	19.27	57
	10	121	72.82	144.18	206.10	26.67	1.75	18.50	53
	11	98	91.58	162.02	221.11	28.24	1.65	17.43	47

N = tamaño muestral; Pmin, Pmed y Pmax = peso mínimo, medio y máximo en gramos; s.d. = desviación estándar; Err.rel (%): error relativo = $100 \times (s.d. / \sqrt{N}) \times 1.96 / Pmed$; CV (%): coeficiente de variación = $100 \times s.d. / Pmed$; Nmin: tamaño mínimo muestral para que con una confianza del 95%, el error de estimación de Pmed sea inferior al 5% = $s.d. \times 1.96 / 0.05 \times Pmed$.

$Y = a \times P^b$ o en su forma lineal $\ln Y = \ln a + b \ln P$, siendo Y el crecimiento y P el peso, que explica que los peces pequeños tienen un mayor crecimiento en proporción a su peso que los peces grandes.

$Y = a + bT + cT^2$, siendo Y el crecimiento y T la temperatura, que explica que el crecimiento en peces incrementan con la temperatura (explicado por el término bT) hasta alcanzar un valor óptimo y decrecen posteriormente (explicado por el término cT²) hasta que se alcanza la temperatura máxima de supervivencia.

También se ha descrito en algunas especies de peces un efecto combinado de peso y temperatura sobre el crecimiento, de tal forma que la temperatura óptima disminuye a incrementos del tamaño del pez. Esto es descrito por el término cT ln P en la ecuación general.

La ecuación general solo realiza buenos ajustes cuando se trabaja con un rango de pesos amplio y se alcanzan temperaturas por encima de la óptima de crecimiento, y además existe un efecto combinado de peso y temperatura, lo cual no se da en todas las especies, ni siempre ocurre en todas las condiciones experimentales o de engorde intensivo. Por ello, y partiendo de esa ecuación general, se ajustarán los datos a las siguientes 4 ecuaciones:

- (1) $\ln TEC = a + b \ln P + c T \ln P + d T + e T^2$
- (2) $\ln TEC = a + b \ln P + d T + e T^2$
- (3) $\ln TEC = a + b \ln P + d T$
- (4) $\ln TEC = a + c T \ln P + d T$

En la Tabla 9 se muestra el resultado del análisis de regresión múltiple para las cuatro ecuaciones propuestas. Para todas ellas el R²aj., la significación del modelo (ANOVA) y el error estándar de la estimación (ESE) tienen valores similares, aunque son más favorables para las ecuaciones 3 y 4. Sin embargo, en la ecuación 1 ningún coeficiente es significativamente distinto de 0; en la ecuación 2 que se elimina el término de interacción, el coeficiente b del peso si es significativo, aunque el de la temperatura y el cuadrático de la temperatura no; en la ecuación 3, donde solo aparecen los términos del peso y la temperatura, ambos son significativos; y en la ecuación 4 los términos de la temperatura y de interacción son también significativos.

	Ecuación 1	Ecuación 2	Ecuación 3	Ecuación 4
a	-2,1434 (ns)	0,2314 (ns)	-0,0067 (ns)	-2,9819 (P<0,001)
b	-0,2624 (ns)	-0,5847 (P<0,001)	-0,5888 (P<0,001)	-
c	-0,0169 (ns)	-	-	-0,0289 (P<0,001)
d	0,2615 (ns)	0,0981 (ns)	0,1253 (P<0,001)	0,2689 (P<0,001)
e	-0,0013 (ns)	0,0007 (ns)	-	-
R ² _{aj.}	0,8404	0,8425	0,8465	0,8457
ANOVA	P<0,0001	P<0,0001	P<0,0001	P<0,0001
ESE	0,3611	0,3587	0,3541	0,3550

Tabla 47. Resultados del análisis de regresión múltiple para las cuatro ecuaciones. **Fuente.:** IMIDA

En definitiva, para el rango de temperaturas estudiado, que por otro lado es el que usualmente se registra en mar abierto, no se alcanza una temperatura para la que el crecimiento alcance un valor máximo. Para esta especie, en condiciones experimentales se ha descrito que esta temperatura máxima de crecimiento es de 27°C, y en nuestras condiciones la temperatura máxima fue de 26,7°C, por lo que no se puede describir este efecto al no haberse registrado. Por tanto, las ecuaciones 1 y 2 se pueden descartar. La interacción de peso y temperatura sobre el crecimiento si es significativa, al ser significativo el coeficiente de este término en la ecuación 4. En la ecuación 3 el crecimiento depende significativamente del peso y la temperatura pero independientemente, es decir, sin haber un efecto combinado, y en principio, es prácticamente equivalente a la 4, luego ambas podrían ser igualmente apropiadas.

Para analizar la bondad de ambas ecuaciones (3 y 4) se realizaron simulaciones. En la siguiente figura se estima la TEC en función del peso corporal y la temperatura. La ecuación 4 estima un rango más amplio de TEC para los pesos bajos, de tal forma que para temperaturas altas (26°C) sobreestima y para temperaturas bajas (14 °C) subestima en relación a la ecuación 3. Para pesos altos ocurre lo contrario.

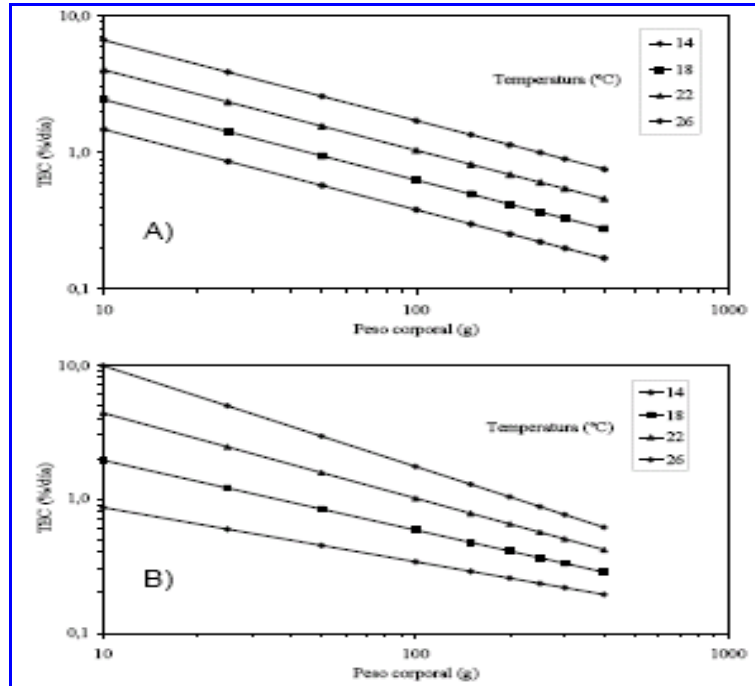


Figura 13. Estimación de la TEC en función del peso corporal y la temperatura (A: ecuación 3, B: ecuación 4) Fuente.: IMIDA

En la próxima Figura se muestra el crecimiento en función del tiempo comenzando el engorde en Enero y en Agosto. En el primer caso el crecimiento estimado es más bajo con la ecuación 4 y cuando comienza en Agosto el crecimiento es superior con la ecuación 4 aunque se alcanzan los 400g al mismo tiempo. Esto es debido a que la ecuación 4 sobreestima el crecimiento para pesos bajos y los subestima para los altos.

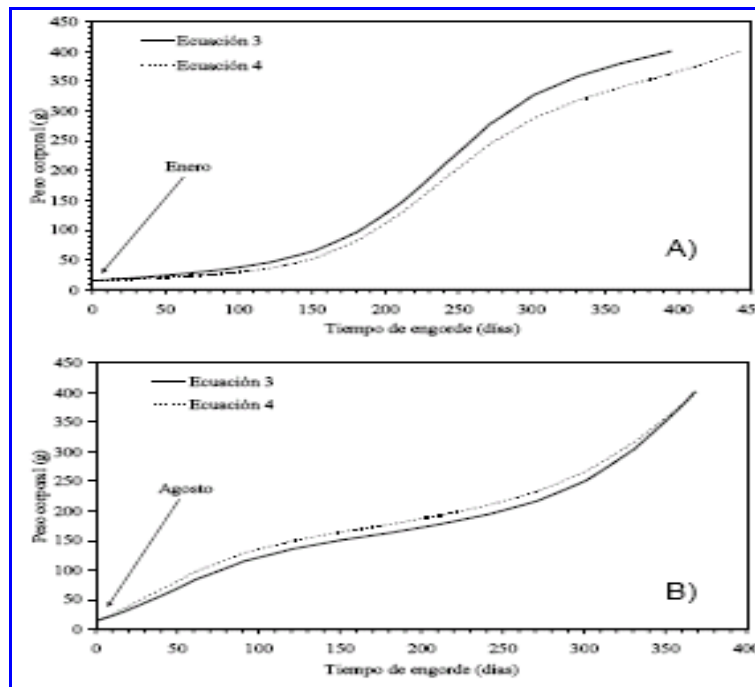


Figura 14. Estimación del crecimiento en peso hasta alcanzar los 400 g con las ecuaciones 3 y 4. En A el engorde comienza en Enero y en B en Agosto. Fuente.: IMIDA

En la Figura 15 se muestra la duración del engorde en función del mes en que se inicia el engorde con ejemplares de 15g y hasta que alcanzan los 400g, por tanto, es también función del distinto régimen de temperaturas. La ecuación 4 estima mayores diferencias entre en la duración según esta se haya iniciado en los meses cálidos o fríos, variando entre 12 y 15 meses. Mientras que con la ecuación 3 esta variación es tan sólo de un mes (12 y 13 meses). En conclusión, para realizar estimaciones de ciclos completos de engorde parece más adecuada la ecuación 4, pero teniendo en cuenta que en estimaciones para periodos cortos sobreestima el crecimiento para pesos pequeños y temperaturas altas; en estas condiciones parece más adecuada la ecuación 3.

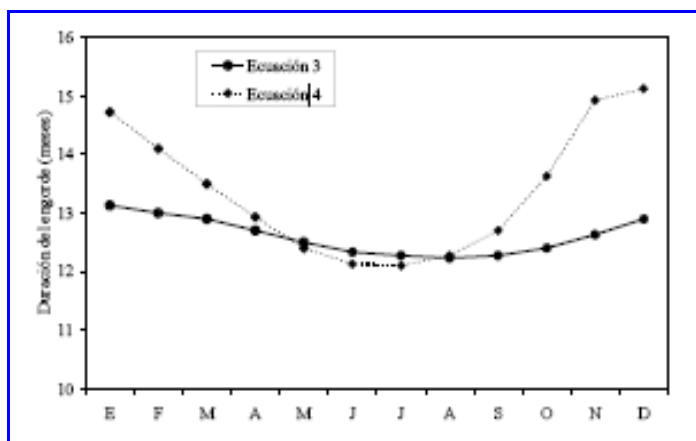


Figura 15. Estimación del tiempo necesario para alcanzar los 400g de peso corporal partiendo de ejemplares de 15g, en función del mes en que se inicia el engorde. **Fuente.:** IMIDA

Cálculo del tamaño mínimo muestral.

Cuando nos planteamos realizar un muestreo biométrico en una jaula de cultivo donde el tamaño de la población es muy elevado, entre 60.000 y 300.000 individuos, dependiendo del tamaño de la jaula, conocer cual es el tamaño mínimo de la muestra que hemos de tomar para estimar el peso medio de los individuos con cierta fiabilidad, es una cuestión importante. Lógicamente, el tamaño mínimo de la muestra con la finalidad de estimar el peso medio, va a depender de la dispersión de tamaños existente dentro de la población. Llega un momento en el cual por mucho que incrementemos el tamaño de la muestra, el peso medio no varía, o lo hace insignificadamente. Por tanto, debe haber un equilibrio entre el esfuerzo de muestreo y la representatividad de los resultados del mismo.

A partir de los muestreos realizados con VICASS descritos en el apartado anterior, tomando los valores de CV y Nmin (Tabla 8) hemos construido mediante análisis de regresión simple, un modelo que nos calcula el tamaño mínimo muestral para que con una fiabilidad del 95%, el error en la estimación del peso medio se inferior al 5%. En la Tabla 9 se exponen los resultados de dicho análisis de regresión, y en la siguiente figura se muestran los valores de Nmin observados para sus CV frente a los estimados por el modelo.

	a	b
	-63,1178	6,2962
ES	2,0715	0,0984
t – Student	P < 0,00001	P > 0,00001

N = 55; R² = 0,9872; ANOVA P < 0,00001
Nmin = 6,2962 x CV – 63,1178

Tabla 48. Resultados del análisis de regresión simple entre CV y Nmin. Ecuación resultante. **Fuente.:** IMIDA

En la próxima figura, se representa el peso medio acumulado conforme se incrementa el tamaño de la muestra, junto con el error relativo al 95% acumulado, de uno de los muestreos de doradas con VICASS. Se obtuvo para este caso concreto un CV = 21,03% y un Pmed = 265g al muestrear N = 179 individuos. Aplicando la ecuación anterior, se obtiene un Nmin = 69. Para este Nmin, el peso medio sería de 259g, tan solo un 2,26% menor que el obtenido para N = 179, lo que nos confirma que el modelo es capaz de determinar el tamaño mínimo muestral cometiendo un error inferior al 5%. El error relativo al 95% nos indica que el tamaño mínimo muestral sería de 82 individuos, ligeramente superior al estimado por el modelo, pero esta diferencia es lógica, pues ese error relativo solo ha considerado los valores de peso medio acumulado, d.s. acumulada hasta N = 82, mientras que el Nmin del modelo se obtiene a partir de la media y d.s. de toda la muestra (N = 172). El modelo desarrollado nos permite estimar el Nmin de forma rápida, pero el error relativo al 95% acumulado, al ser un poco más estricto pues se calcula con el peso medio acumulado conforme se incrementa N, nos proporciona un valor de Nmin más precautorio. Como es lógico, al aumentar la dispersión de tamaños de la población, el tamaño mínimo muestral necesario se incrementa, lo cual es importante tener en cuenta a para que los muestreos sean representativos.

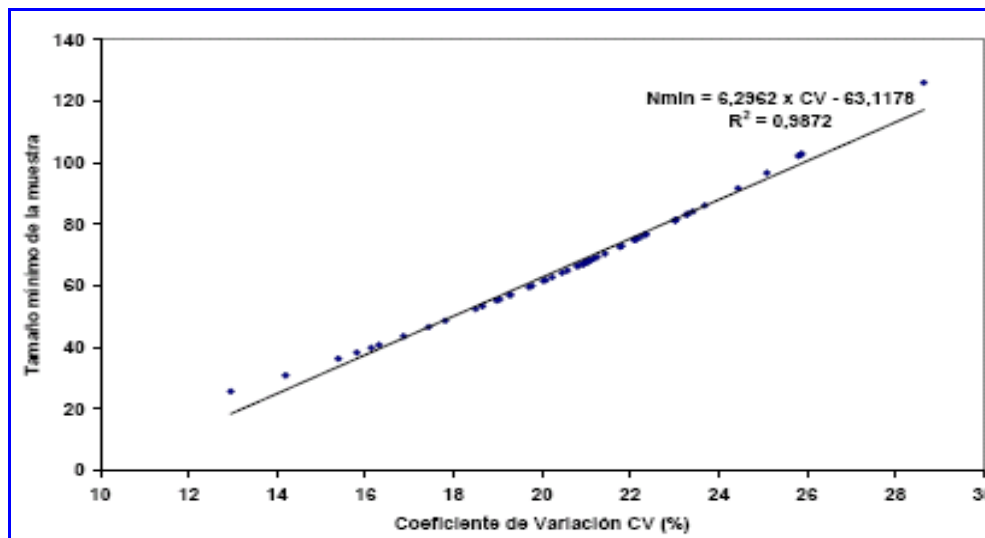


Figura 16. Valores de Nmin observados para un CV determinado, y los esperados por el modelo. **Fuente.:** IMIDA

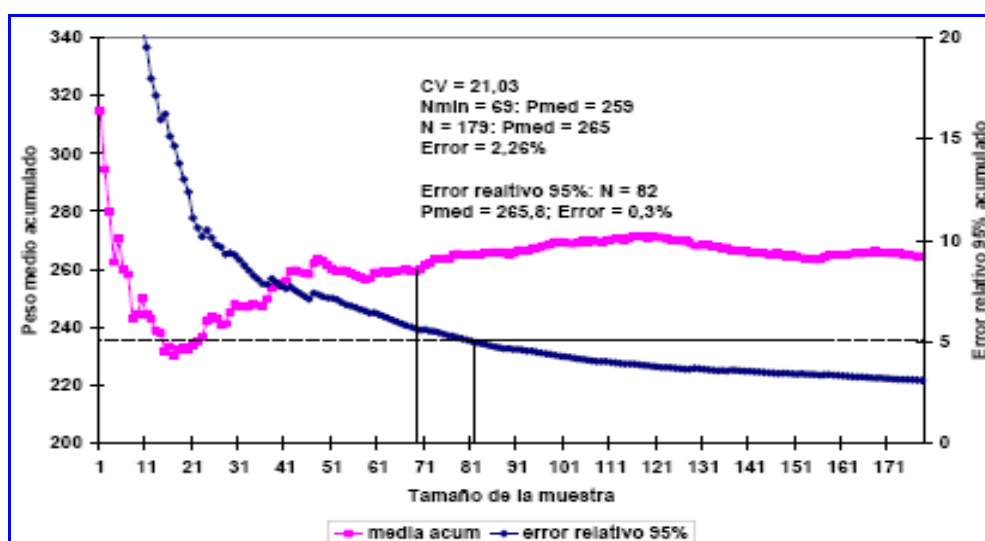


Figura 17. Peso medio acumulado conforme se incrementa el tamaño de la muestra. **Fuente.:** IMIDA

b. Experiencias con atún rojo (*Thunnus thynnus*) engrasado en jaulas flotantes en mar abierto

Uno de los retos de trabajar con el VICASS era precisamente el poder hacerlo con atún rojo por varios motivos. El engrase de atún rojo en el Mediterráneo a escala industrial comenzó a mediados de la década de los 90 del siglo pasado, experimentando un incremento exponencial. Ha sido probablemente la actividad acuícola productiva que más rápido ha crecido en el Mediterráneo, estimulada por los altos precios de venta que se conseguían en el mercado asiático. No obstante, es una actividad controvertida en tanto que depende de las capturas de ejemplares del medio natural, habiendo aumentado sensiblemente la presión pesquera como consecuencia de las expectativas del negocio. La captura por los barcos españoles y la transferencia se lleva a cabo estando presentes observadores gubernamentales, cosa que no sucede en el resto de la flota mediterránea. El trato entre el que captura y el que engrasa se hace en base a un número de ejemplares incierto, cuya biomasa ha sido estimada “a ojo”. Bien es cierto, que los años de experiencia han propiciado que los encargados de estimar el número de ejemplares y la biomasa global de los mismos, cometan errores relativamente pequeños para la imprecisión del método.

Por lo general, cuando el cerquero ha capturado un cardumen, se filma la transferencia a las jaulas de transporte para determinar el número de individuos y su tamaño, o bien son buceadores experimentados los que realizan la estimación. La realidad es que, a pesar de la experiencia, ni el vendedor ni el comprador de atún vivo saben con exactitud ni cuantos peces han transferido ni que biomasa suponían. En definitiva, existe un interés generalizado por incrementar y mejorar la información que se obtiene a cerca de la estructura poblacional de los atunes capturados tanto por las administraciones pesqueras como por los productores de atún engrasado. Esto, unido al hecho de que en el momento de la adquisición del VICASS aún no se había desarrollado el método para estimar biomasa, fueron las razones que motivaron la evaluación de la potencialidad de este equipo con esta especie.

Las pruebas con atún rojo y VICASS se realizaron en varias empresas con jaulas de tamaños muy diferentes, pero la parte experimental que se expone a continuación se realizó en una única granja localizada frente a las costas de San Pedro del Pinatar (Murcia).

Comparación entre muestreo biométrico manual frente a VICASS en atún rojo

Después de haber realizado varias pruebas de entrenamiento en el manejo del VICASS trabajando con atún rojo, lo que procedía era comprobar el error de medición de las dimensiones en peces tan grandes, y el error de estimación de biomasa del algoritmo que habíamos desarrollado previamente (Tabla 1 apartado 3). Esta tarea no es fácil, ya que hay que muestrear a los mismos ejemplares con el VICASS, y luego pesarlos y medirlos, lo que es sinónimo de sacrificarlos, ya que el atún rojo es una especie RAM-ventiladora y en cuanto para de nadar se asfixia y muere, por lo que no se puede muestrear y devolver a la jaula. Por tanto, debíamos aprovechar alguna de las matanzas no muy numerosas programadas por la empresa colaboradora, y trabajar con rapidez, ya que para el sacrificio, los peces son transferidos a un copo de dimensiones reducidas (10 x 15 x 10m aprox.), y si permanecen mucho tiempo allí se estresan, lo que supone un descenso de la calidad de la carne por acidificación láctica (“yake” en japonés) y una devaluación del producto.

Se introdujeron 11 ejemplares dentro del copo de sacrificio, que fueron muestreados inicialmente con VICASS y una vez sacrificados fueron pesados con una balanza de precisión 1kg, y medidos con un calibre de precisión 0,5cm. En el muestreo con VICASS se tomaron 50 pares de imágenes, de las que se pudieron procesar 18 individuos. Al comparar los datos del muestreo con VICASS con los reales, comprobamos por equivalencia entre las medidas de Lf, qué atunes fueron muestreados varias veces y cual era la correspondencia más probable entre

las medidas de Lf reales y las calculadas con VICASS. En la Tabla 9 se muestran los resultados de ambos muestreos.

L _r (cm)			H _m (cm)			Peso (kg)		
Manual	VICASS	Error (%)	Manual	VICASS	Error (%)	Manual	VICASS	Error (%)
116	122	5,30	30	36	20,00	50	42	16,00
132	127	3,98	32	34	6,17	39	43	9,42
132	137	3,78	35	41	16,14	55	60	8,42
148	144	2,57	38	41	8,37	78	67	14,17
165	172	4,21	44	50	14,10	114	116	1,80
209	199	4,65	56	57	1,10	189	176	6,99
210	206	2,06	55	62	12,20	198	204	3,07
215	207	3,93	55	59	6,64	204	196	4,10
219	210	3,92	56	63	12,02	223	217	2,63
239	228	4,72	63	71	12,13	285	286	0,48
248	249	0,57	66	76	15,72	373	371	0,41
Media =		3,61	Media =		11,33	Media =		6,14
Promedios			Promedios			Promedios		
185	182	1,57	48	54	11,08	164	162	1,67

Tabla 49. Resultados de los muestreos manual y VICASS en atún rojo. **Fuente.:** IMIDA

Los errores de cálculo de las dimensiones con VICASS, que para dorada y sargo picudo habíamos comprobado que eran bajos, no se corresponden con el error observado para el cálculo de H_m por el VICASS, mientras que el error observado en el cálculo de L_f se podría considerar como bajo. Este error tan alto en el cálculo de H_m podría achacarse más a fallos en el procesado de imágenes, que a la capacidad del equipo. En cuanto a la estimación de biomasa, el bajo error obtenido en el cálculo de L_f parece que amortigua el error alto en el cálculo de H_m, de modo que el error observado en la estimación de peso, aunque mejorable se puede considerar asumible. No obstante, al tratar los datos globalmente, es decir, con los resultados promedio de los tres parámetros, vemos que aunque para H_m media el error sigue siendo alto, para L_f media y Peso medio, los errores son bajísimos.

Crecimiento en condiciones de engrase intensivo

En la campaña de engrase de atún del año 2005, se llevó a cabo un seguimiento con VICASS de la evolución de la población contenida en una jaula de 50m. de diámetro perteneciente a una empresa localizada frente a las costas de San Pedro del Pinatar, desde que comenzó el proceso (Agosto 2005) hasta el momento en que se decide empezar a sacrificar ejemplares (Diciembre 2005). En la Tabla 10 se muestran los resultados y estadísticos descriptivos correspondientes al seguimiento. Con los datos de peso medio al principio y al final de cada período de muestreo, se calcula la Tasa Específica de Crecimiento:

TEC: = $100 \times (\ln Pf - \ln Pi) / t$, donde Pf es el peso medio en kg al final del período, Pi es el peso medio en kg al inicio del período y t es el tiempo en días. TEC representa el % de incremento de peso diario con respecto al peso inicial. En la Tabla 11 se muestran los resultados de crecimiento.

Fecha	N	Pmin	Pmed	Pmax	s.d.	Err. rel (%)	CV	Nmin
8/08/05	92	39,4	139,8	251,6	44,6	4,96	31,9	156
9/09/05	181	62,6	149,4	337,4	53,9	5,62	36,1	201
7/11/05	247	67,4	165,9	389,0	61,2	5,73	36,8	209
23/12/05	75	73,7	173,8	337,3	55,3	7,20	31,8	156

N = tamaño muestral; **Pmin**, **Pmed** y **Pmax** = peso mínimo, medio y máximo en kg; **s.d.** = desviación estándar; **Err.rel (%)**: error relativo = $100 \times (\text{s.d.} / \sqrt{N}) \times 1,96 / \text{Pmed}$; **CV (%)**: coeficiente de variación = $100 \times \text{s.d.} / \text{Pmed}$; **Nmin**: tamaño mínimo muestral para que con una confianza del 95%, el error de estimación de Pmed sea inferior al 5% = $\text{s.d.} \times 1,96 / 0,05 \times \text{Pmed}$.

Tabla 50. Resultados y estadísticos descriptivos del seguimiento de atún rojo con VICASS. **Fuente.:** IMIDA

Fecha ini	Fecha fin	t (días)	Peso ini (kg)	Peso fin (kg)	Δ peso (kg)	TEC
8/08/05	9/09/05	35	139,8	149,4	9,6	0,19
9/09/05	7/11/05	58	149,4	165,9	16,5	0,18
7/11/05	23/12/05	45	165,9	173,8	7,9	0,10

Tabla 51. Resultados de crecimiento en atún rojo.

Se puede observar que el crecimiento va disminuyendo conforme pasa el tiempo y desciende la temperatura del agua. Estos valores concuerdan con los obtenidos por otros autores (Lioka et al., 2000; Katavic et al., 2002; Aguado-Giménez y García-García, 2006), en los que se demuestra que la TEC del atún rojo es significativa y relativamente más bajo que en otras especies de peces cultivados, aunque en términos absolutos el crecimiento es muy alto, y que como en la mayoría de peces, la temperatura también influye en su crecimiento. La imposibilidad de trabajar con lotes de pesos más homogéneos y diversos impide la realización de modelos de crecimiento basados en el peso de los individuos y la temperatura del agua, como el desarrollado en este trabajo para dorada. El modelo propuesto por Aguado-Giménez y García-García (2006), aunque no tiene en cuenta el efecto que la temperatura tiene sobre el crecimiento, podría resultar orientativo en tanto no se tengan las facilidades para trabajar con lotes diversos y homogéneos, lo cual resulta por otra parte complicado, dado el elevado coste de mantenimiento de esta especie, las necesidades de instalaciones específicas y la dependencia de capturas del medio natural.

$$TEC = 3,45 \times \text{Peso} - 0,72 \quad (N = 7; R^2 = 0,9580; \text{Aguado-Giménez y García-García, 2006}).$$

Cálculo del tamaño mínimo muestral

Al igual que se realizó con los datos obtenidos en la experiencia con dorada, se desarrolló una ecuación con los resultados obtenidos de CV y Nmin en atún rojo. En la Figura 50 se observa esta relación y la ecuación resultante. Hay que considerar que el modelo fue construido sólo con cuatro valores, y que además éstos fueron bastante similares entre sí por pares, lo que favorece que el ajuste de los datos sea casi perfecto.

Esto es un artefacto matemático ocasionado por el escaso número de observaciones y su homogeneidad. A continuación, se representa la media acumulada conforme se incrementa el tamaño de la muestra junto con el error relativo al 95% acumulado, de uno de los muestreos de doradas con VICASS. Se obtuvo para este caso concreto un CV = 36,8% y un Pmed = 165,9kg al muestrear N = 247 individuos. Aplicando la ecuación anterior, se obtiene un Nmin = 209. Para este Nmin, el peso medio sería de 162,2kg, tan solo un 2,23% menor que el obtenido para N = 247, lo que nos confirma que el modelo es capaz de determinar el tamaño mínimo muestral cometiendo un error inferior al 5%. En este caso, a diferencia de lo ocurrido en el cálculo del Nmin en dorada, la diferencia entre el valor de Nmin estimado por el modelo y el correspondiente al error relativo al 95% es insignificante porque este último se ha obtenido para un peso medio acumulado muy próximo al peso medio absoluto para el número total de individuos muestreados, que es el que se emplea para calcular el Nmin del modelo.

Los CV obtenidos para la población de atún rojo estudiada son bastante elevados, por lo que el tamaño mínimo de la muestra tiene que ser bastante grande. Si tenemos en cuenta que en una jaula de engrase de atún de 50m. de diámetro, lo normal es que se estabulen entre 500 y 1000 individuos, y considerando la imposibilidad o al menos gran dificultad para establecer lotes homogéneos (lo cual tampoco es de interés para los productores), la intensidad del

muestreo tiene que ser alta para que la estima de peso medio sea precisa, en torno al 25% de los ejemplares. Una cuestión técnica que dificulta el muestreo de poblaciones tan dispersas de atún rojo, es el hecho de que los individuos más pequeños tienden a agruparse en la parte central de la jaula, quedando menos disponibles para ser observados con el VICASS, y además al estar tan alejados, el error en el cálculo de sus dimensiones aumenta.

Al posicionar la cámara en la parte central de la jaula, tienden a dispersarse a las zonas externas de la jaula, huyendo de las cámaras. La única manera de poder observarlos de cerca es en el momento de la alimentación, pero entonces se mueven tan rápido que es prácticamente imposible obtener buenas imágenes, la base para el trabajo con este tipo de equipos.

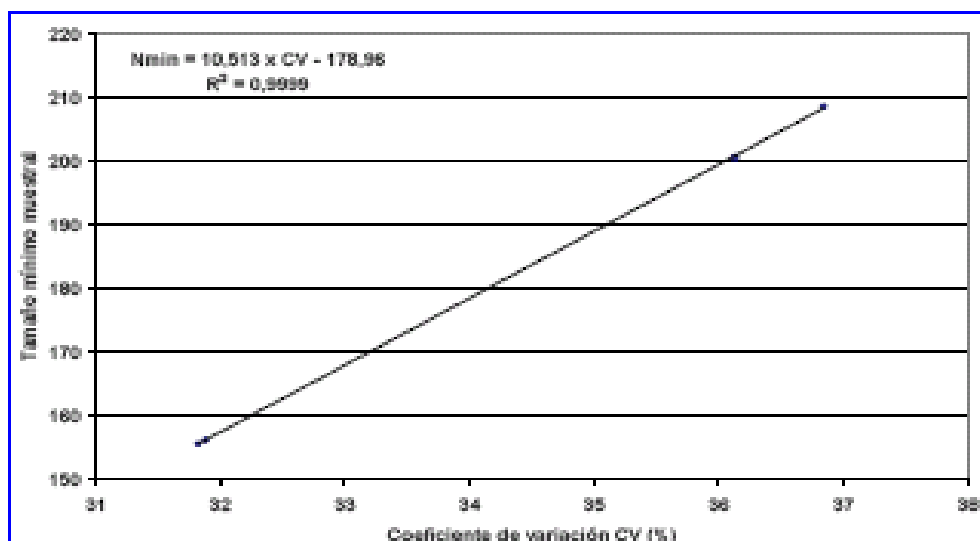


Figura 18. Valores de Nmin observados para un CV determinado, y los esperados por el modelo. Fuente.: IMIDA

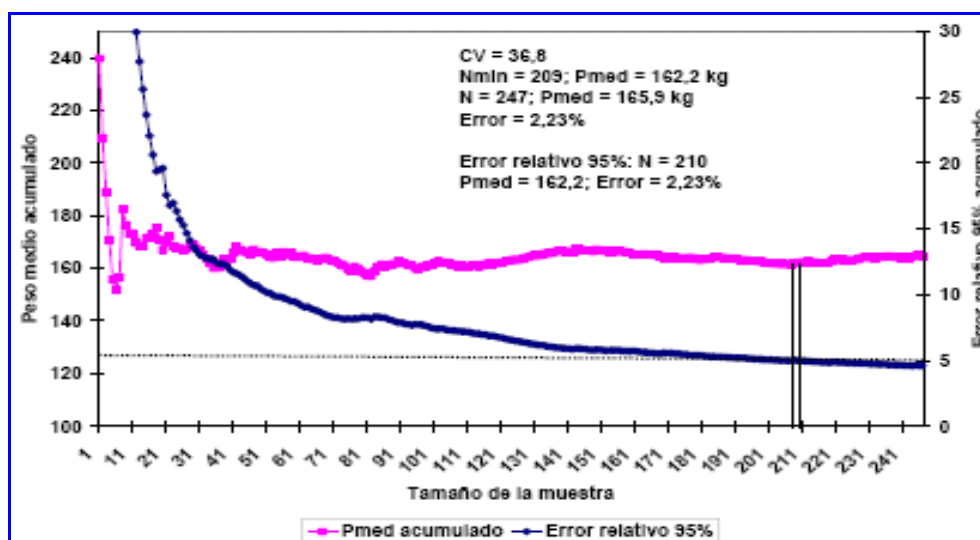


Figura 19. Peso medio acumulado conforme se incrementa el tamaño de la muestra. Fuente.: IMIDA

c. Experiencias con Besugo (*Pagellus bogaraveo*)

El besugo es una especie bastante interesante para la acuicultura tanto por la demanda del mercado como por los precios que alcanza. En las demostraciones que realizamos con el VICASS en otras comunidades autónomas, de las que hablaremos más adelante, al trabajar con el besugo en las instalaciones del IGAFa en la Illa do Arousa, pudimos comprobar que los

cálculos de las dimensiones de los peces con el VICASS era bastante ajustadas (diferencia < 3%), pero a la hora de estimar la biomasa con la ecuación incorporada en la aplicación, los errores eran muy elevados (diferencia > 25%). Ante esta situación, decidimos elaborar una ecuación propia para transformar las dimensiones de los peces en biomasa, tal y como se describe en el apartado 3, Tabla 1, y comparar las estimaciones de biomasa realizadas por la aplicación VICASS frente a las de la ecuación propia y a un muestreo convencional.

Comparación entre muestreo biométrico manual frente a VICASS en besugo

El muestreo se llevó a cabo en las jaulas experimentales que el IGafa dispone en la Ría do Arousa, en junio de 2006. Se trata de una estructura flotante con cuatro jaulas cuadradas, de 5 x 5 x 5m (Figura 52), habiendo en tres de estas jaulas poblaciones de besugos de diferentes tamaños (lotes P: pequeños (N=4730), M: medianos (N=900) y G: grandes (N=550)) procedentes de un criadero en Valdoviño. Los muestreos se realizaron conforme hemos venido describiendo hasta ahora.

En la Tabla 14 se muestran los resultados de Lf y Hm medias medidas mediante vídeo estereográfico y manualmente. Los errores de medida del VICASS son relativos a la medida manual. De estos resultados se deduce la gran precisión del sistema estereográfico para realizar mediciones bidimensionales de las imágenes capturadas. En el lote G, el error de cálculo de la Lf, aunque pequeño es ligeramente superior que en el resto. Esto puede ser debido a que los peces de mayor tamaño, desarrollándose en una jaula de dimensiones reducidas, sean frecuentemente observados con su cuerpo parcialmente curvado, subestimándose su Lf real, de manera similar a como se observó al trabajar en tanques tipo raceway.

Lote	Longitud furcal (cm)			Altura máxima (cm)		
	VICASS	MANUAL	Error VICASS	VICASS	MANUAL	Error VICASS
P	14,37	14,20	1,31%	4,13	4,19	1,56%
M	30,66	30,36	1,00%	10,91	10,77	1,24%
G	35,29	34,01	3,75%	12,68	12,56	0,92%

Tabla 52. Comparación entre los resultados de longitud furcal y altura máxima obtenidos mediante muestreo manual y los obtenidos mediante vídeo estereográfico. Error de cálculo del VICASS. **Fuente:** IMIDA

En la Tabla, aparecen los estadísticos descriptivos del muestreo manual y de las estimaciones de peso medio con las ecuaciones del VICASS y alternativa. En promedio, la ecuación alternativa desarrollada en el presente trabajo ($\text{Peso} = -16,41 + 0,0842 \times (h \times Lf^2)$; $R^2 = 0,9929$), proporciona un error de estimación bastante menor.

Hay que considerar que el tamaño muestral para el muestreo manual de los lotes M y G es ligeramente inferior al tamaño mínimo muestral considerado para que con 95% de probabilidad, el error de estimación del peso medio sea inferior al 5%. Esto implica que el muestreo manual no debe considerarse como exactamente representativo, habiendo tenido que muestrearse más ejemplares, lo que sin duda redundaría en el error calculado para el VICASS, ya que si los errores de estimación de las ecuaciones VICASS y alternativa son relativos al muestreo manual, y si éste no satisfizo del todo las exigencias mínimas para considerarlo exactamente representativo, los errores de los métodos relativos a él están acumulando los errores propios y los del muestreo manual.

	Lote	N	med	min	max	d.s.	CV	Nmin	Confid	Error
Manual	P	50	59	34	79	9,80	16,54	42	95,41	
	M	25	806	469	1150	183	20,24	63	92,06*	
	G	35	1227	794	1707	213	17,39	46	94,24*	
Ecuación VICASS	P	40	56	40	85	8,70	15,45	37	95,15	5,03%
	M	85	677	476	988	111	16,36	41	96,52	15,94%
	G	76	1044	665	1453	182	17,41	47	96,09	14,91%
									Error med.:	11,96%
Ecuación alternativa	P	40	54	33	90	10,87	20,04	62	93,79*	8,47%
	M	85	835	581	1222	139	16,69	43	96,45	3,60%
	G	76	1266	844	1716	206	16,27	41	96,22	3,07%
									Error med.:	5,08%

N: tamaño de la muestra; **med:** peso medio; **min:** peso mínimo; **max:** peso máximo; **d.s.:** desviación estándar; **CV:** coeficiente de variación; **Nmin:** tamaño mínimo muestral para que con una probabilidad del 95%, el error en estimación de peso medio sea inferior al 5%; **Confid.:** confianza en cálculo del peso medio.

Tabla 52. Comparación entre los valores de peso en gramos y estadísticos descriptivos obtenidos mediante muestreo manual y los estimados con la ecuación que incorpora el VICASS y con la ecuación desarrollada en el presente trabajo. Error en las estimaciones. **Fuente.:** IMIDA

2.4.3.2. ANDALUCÍA

De los muestreos realizados, se han obtenido unos algoritmos parciales de estimación para urta, bocinegro y corvina que actualmente están siendo testados para comprobar su precisión. El objetivo en el que actualmente se está trabajando es conseguir que en un breve espacio de tiempo dichos algoritmos estén totalmente operativos para ser comercializados con el aparato.

A partir de los test, se ha realizado una evaluación comparativa entre el peso medio obtenido mediante el Vicass y el muestreo manual, con el que se ha pretendido comprobar el error en la estimación del sistema de visión estereográfica. De los muestreos realizados se han obtenido los siguientes resultados:

ESPECIE	PESO (%)	Long. Furcal (%)	Altura Máxima (%)
CORVINA	9,35	5,61	0,48

Tabla 53. Diferencias de estimación entre el método manual y los estimados con la ecuación que incorpora el Vicass (%) para el caso de la corvina. **Fuente.:** DAP

A través de estos resultados y a pesar del error obtenido, se ha corroborado el potencial del equipo en cuanto a su capacidad de estimación.

Comparando estos resultados de corvina con los resultados obtenidos por la C.A. de Murcia para besugo, se observa que ambos errores (9,35% y 11,00% respectivamente) son todavía muy superiores a los que se observan para el caso de especies ya consolidadas como la dorada, por lo que se debe seguir trabajando en esta línea hasta conseguir estimaciones óptimas.

En cuanto a la capacidad del equipo para calcular las dimensiones (longitud y altura), se observa que el error cometido es bajo, siendo prácticamente nulo para el caso de la altura, a diferencia de lo que ocurre en Murcia, donde el error en el cálculo de la longitud es superior. Este error puede deberse principalmente a fallos en el procesado de las imágenes, ya que muchas veces nos encontramos con el problema de que aparecen peces parcialmente girados, lo que produce un error en la medición.

Por otra parte, a los posibles errores de manejo hay que sumarle los errores de cálculo asociados a la ecuación del aparato, ya que actualmente el número de datos biométricos del que se disponen no es el óptimo. Por ello, y con objetivo de disminuir este error se está trabajando en obtener nuevas biometrías con mayor rango de tallas de las especies objetivo.

En cuanto a los algoritmos obtenidos para la urta y el bocinegro, de momento no han podido ser comparados con muestreos manuales, debido principalmente a la escasez de ejemplares existentes en producción, encontrándose casi exclusivamente reservados a centros de investigación. Actualmente se sigue trabajando en su mejora dejando abierta la incorporación de nuevas especies de interés comercial para el sector.

Asimismo, se está trabajando en la elaboración de una guía de apoyo, la cual contribuirá a una mejora del uso del aparato por parte del sector acuícola.

A partir de los muestreos realizados a lo largo de los meses de trabajo, se ha obtenido una serie de valoraciones, tanto en el ámbito de la manejabilidad como en el de las prestaciones que ofrece el equipo, las cuales se exponen con el objetivo de aportar información a los potenciales usuarios.

RESULTADOS

Entre las actuaciones planteadas inicialmente desde Andalucía, se consideró la posibilidad de utilizar el estimador de biomasa SEATAP-JM desarrollado por la Universidad de Ingenieros de Sevilla, con el objetivo de comprobar su funcionalidad y compararlo con el AkvaSensor VICASS. Esta actuación finalmente no pudo ser desarrollada debido al carácter experimental del equipo y el desfase en tiempo respecto al Plan en su desarrollo y puesta a punto, por lo que se optó por prescindir de él y adquirir un AkvaSensor Vicass, equipo ya presente en el mercado.

El equipo ha sido diseñado y adaptado para trabajar en un medio acuático, no debiéndose descuidar ciertos aspectos de mantenimiento que imprescindibles, tanto para el correcto funcionamiento como para alargar la vida útil del mismo. Siendo la manejabilidad del equipo relativamente sencilla, aunque la obtención de buenas imágenes y el posterior procesado de las mismas requiere de un entrenamiento adecuado.

En cuanto a la exactitud y precisión que el equipo es capaz ofrecer va a depender de diversos factores, entre los que se encuentra la correcta calibración, la fiabilidad del algoritmo de medida así como los posibles errores del procesado.

Por ello, es importante la obtención de un número suficiente de buenas imágenes y el correcto procesado de las mismas, lo que contribuirá a disminuir el posible error. Por otro lado será de vital importancia la obtención de unos buenos datos biométricos con los que construir el algoritmo, pieza que transforma la medida de longitud y altura en peso (biomasa).

Entre los factores más positivos dentro de la operatividad del equipo se encuentra la posibilidad de incluir nuevas especies capaces de ser medidas. Enviando los datos biométricos necesarios a la empresa fabricante. Lo que supone un aliciente a la hora de su adquisición.

Una de las ventajas más notables del equipo es la importante reducción del stress producido a los peces en los procesos de muestreo, sin embargo, el cuidado en el manejo del equipo dentro de la jaula debe ser máximo, ya que de lo contrario dicha ventaja se verá mermada.

En cuanto a los resultados obtenidos en los trabajos realizados con las nuevas especies, el factor que mas contribuye a error es la falta de representatividad del algoritmo elaborado, ya que el numero de individuos / datos biométricos no es el óptimo todavía.

Así, una de las conclusiones alcanzadas en los test realizados es que, además de un mayor número de datos biométricos, son necesarios ejemplares lo más parecidos posibles a los individuos a muestrear. De esta forma se obtendrá un algoritmos más ajustado y preciso, con el que los errores de estimación de biomasa se minimizarán.

Por último concluir que los objetivos planteados inicialmente, la mayoría de ellos han sido alcanzados satisfactoriamente. A partir de ellos se observa que existe un verdadero esfuerzo de investigación y desarrollo en las nuevas tecnologías, como es el caso de los estimadores de biomasa (Vicass), y que en definitiva, el sector es consciente de que la evolución de la acuicultura requiere de este tipo de inversión a largo plazo.

2.4.4. ACTUACIÓN 4: ENSAYOS DE REDES PARA JAULAS DE PECES EN EL CANAL CIEM DEL LIM/UPC

El objetivo principal consiste en determinar qué configuración de malla genera una menor agitación/turbulencia en su trasdós, es decir, en similitud al prototipo en el interior de la jaula bajo la acción del oleaje. Para ello se dispone de los sensores de nivel colocados en frente y detrás de las redes. A partir de sus registros y, por comparativa entre los distintos ensayos para cada configuración, puede seleccionarse la malla que produce menor agitación.

Aunque los esfuerzos sobre el sistema están correctamente escalados, el modelo utilizado (pañó real) no permite extrapolar los esfuerzos/axiles sobre los hilos. Aún así, los ensayos realizados y la instrumentación utilizada, permiten realizar la comparativa para seleccionar la configuración más idónea de los tipos de malla-lastre en relación al nivel de agitación y deformabilidad del modelo físico frente a las acciones de oleaje consideradas, similares a las de prototipo.

La verificación del nivel de agitación se ha efectuado analizando las señales de los sensores de nivel, previamente colocados en frente y detrás del modelo físico. Para unificar el análisis de registros de distinta duración, se ha seleccionado para cada uno de los ensayos un tramo de la serie temporal de duración 60 segundos. En este tramo se ha obtenido estadísticamente, aplicando el método de Paso por Cero Descendente, el valor de altura de ola representativa del oleaje regular Hrms (root mean square). Dicho valor de altura de ola total, está afectado por la reflexión del modelo físico ensayado y de la playa disipativa existente al final del canal de oleaje. Por este motivo los gráficos que se muestran pueden ofrecer fluctuaciones entre ensayos con distinta configuración altura de ola-periodo.

Desde el punto de vista de interés, para determinar el nivel de agitación distinto que puedan ofrecer las distintas configuraciones de paño/lastre, se ha considerado comparar las posibles diferencias existentes entre las alturas de ola transmitidas totales. Es de esperar que si existen distintos niveles de agitación provocados por las distintas configuraciones del modelo físico ensayado, entonces deben existir diferencias en el valor de altura de ola transmitido para una misma condición de oleaje incidente. Es decir, verificar que la altura de ola transmitida para una misma condición de oleaje incidente es menor en una configuración de paño que en otra, es identificar que el nivel de agitación es menor.

Las figuras muestran la comparativa del coeficiente de transmisión (ratio ola detrás de la estructura / ola delante de la estructura) entre configuraciones de malla distintas con una misma condición de lastre, para cada oleaje ensayado. Se observa que no existen diferencias significativas.

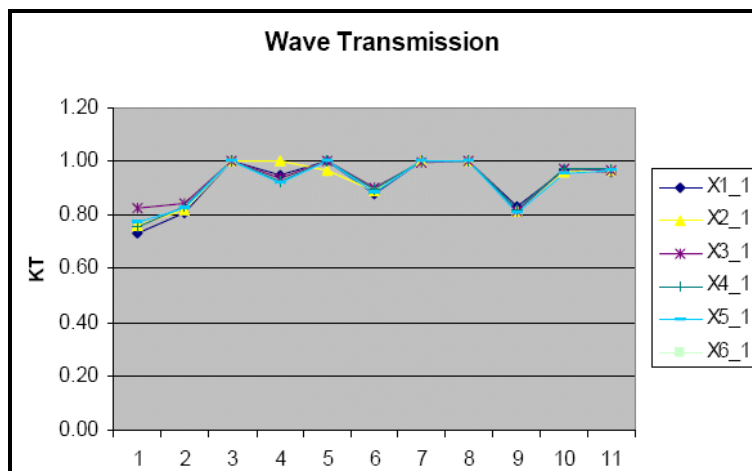


Figura 20. Comparativa entre configuraciones con lastre discontinuo. Fuente.: CIIRC

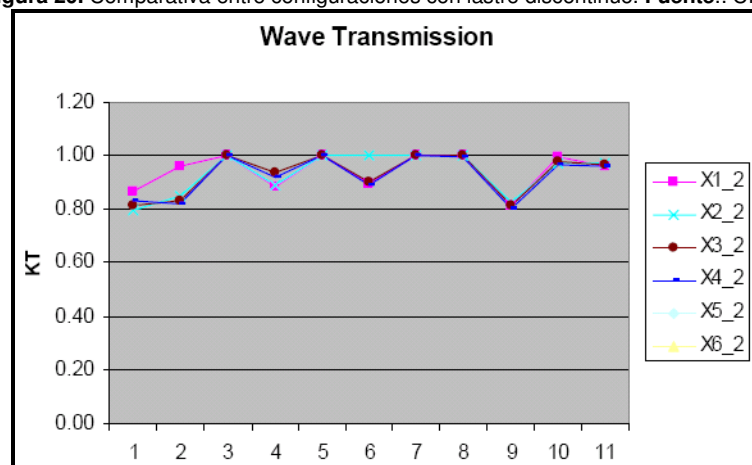


Figura 21. Comparativa entre configuraciones con lastre continuo. Fuente.: CIIRC

La figura 8.9 muestra la comparativa de oleaje transmitido para todas las condiciones de paño/lastre distintas. Se comprueba que no existen diferencias significativas.

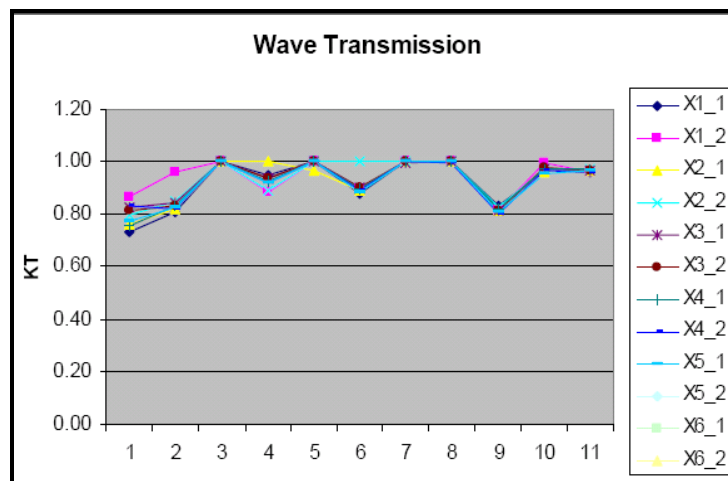


Figura 22. Comparativa entre todas las configuraciones ensayadas. Fuente.: CIIRC

Un segundo objetivo del ensayo consiste en determinar el tipo de paño que, sometido a condiciones de oleaje reales escaladas, ofrece una menor deformabilidad. El análisis de las imágenes requiere un software específico que debe desarrollarse a medida, por lo que los resultados no pueden obtenerse a corto plazo. Independientemente de este contratiempo, se realizará un análisis visual del comportamiento de las configuraciones ensayadas.

2.5. CONCLUSIONES

El Plan Nacional de cultivos marinos JACUMAR “Mejora técnica de jaulas de cultivo de peces en mar abierto” comenzó a finales del 2004 y ha concluido en julio de 2007.

La primera parte del proyecto trató de conocer con detalle las características de la acuicultura en mar abierto e inventariar los accidentes sufridos en las instalaciones en los últimos años, y de la cual podemos extraer las siguientes conclusiones:

- ❑ En el litoral español existen tres grandes zonas bien diferenciadas respecto al cultivo de especies marinas, esto es: la zona mediterránea, la zona suratlántica (incluido Canarias), y la zona gallega. En cada una de estas zonas, el tipo de piscicultura más desarrollado son las jaulas flotantes en zonas relativamente expuestas, pero próximas a la costa.
- ❑ Las tecnologías de cultivo identificadas en todas las zonas son muy similares predominando las jaulas de gravedad, típicas del mediterráneo.
- ❑ Los accidentes ocurridos en las instalaciones suelen estar relacionados con la situación de las instalaciones en lugares poco adecuados, por la ocurrencia de fuertes temporales sobre instalaciones o bien sobre instalaciones con escaso mantenimiento. Otras veces se detecta que en realidad las jaulas utilizadas no están diseñadas para la zona donde se ubican.
- ❑ Los riesgos identificados en el desarrollo de la acuicultura en mar abierto, denotan la necesidad de un respaldo desde las diversas compañías aseguradoras. En este sentido, existen diversas posibilidades de contratación de un seguro tanto para la pérdida de biomasa en cultivo, como para el aseguramiento integral de toda la instalación (incluido personal, embarcaciones, infraestructuras, etc.). Por un lado, y con carácter semiprivado al participar de manera directa con el estado, está la asociación de entidades aseguradoras, AGROSEGUROS, que ofrecen de manera parcialmente subvencionada cobertura sobre la biomasa en producción en caso de accidente. Por otro, existen varias corredurías de seguros privadas, que viendo los avances tecnológicos acaecidos en el sector en los últimos años, se han lanzado a ofertar el, hasta hace poco arriesgado, aseguramiento integral de instalaciones acuícolas, basado en una serie de premisas y condicionantes.

En segundo lugar se realizó un experimento de envejecimiento de redes de cultivo en el mar, de cuyos resultados se deduce:

- ❑ Las redes ensayadas sufrieron una pérdida media de la carga de rotura en el tiempo (12 meses), de hasta un 39% del valor inicial, variando en función del emplazamiento, de la composición y el diseño de la red.
- ❑ Las redes cuya carga de rotura disminuyó más a lo largo del año y por lo tanto experimentaron una mayor pérdida de propiedades, fueron la que se instalaron en Gran Canaria y Tenerife.

- ❑ La evolución de la carga de rotura de un modelo de red no sigue un mismo patrón bajo diferentes condiciones de exposición, dependiendo del material, trenzado y fabricante. Esta información sirve de gran ayuda a la hora de elegir la red óptima a emplear en una instalación en función de las necesidades y las condiciones oceanográficas de cada empresa.
- ❑ En general, las redes disponibles en el mercado, presentan calidades óptimas para ser empleadas en cultivos en jaulas en mar abierto. Siendo por tanto, responsabilidad del acuicultor elegir la red más adecuada en función de las necesidades de su instalación, así como realizar de forma periódica un mantenimiento correcto de las mismas con el fin de reducir el riesgos de sufrir pérdidas de biomasa por su rotura.

En tercer lugar, la actuación referente al empleo de tecnologías de estimación de biomasa no invasivas, aporta como conclusiones los siguientes:

- ❑ El nivel de fiabilidad y precisión del aparato probado depende de diversos factores, entre los que se encuentra la correcta calibración, fiabilidad del algoritmo de medida, así como los posibles errores de procesado, concretamente para el atún rojo se han obtenido errores menores al 5%. En este sentido, los trabajos realizados por el equipo de la Comunidad de Murcia han puesto de manifiesto la fiabilidad de este aparato en especies como dorada, besugo, sargo picudo y atún rojo, tanto en el peso estimado como a las medidas de longitud y altura previas. De los trabajos realizados por la Comunidad de Andalucía se han obtenido algoritmos para la utilización del VICASS, con corvina, urta y bocinero y en los que actualmente se sigue trabajando para mejorar la exactitud de la estimación y poder obtener así una herramienta fiable para la medición de estas nuevas especies tan interesantes para el sector.
- ❑ La puesta a punto de este tipo de sistemas para el atún rojo puede dar solución a los graves problemas de estimación que se generan por un lado, en el momento de transferencia entre la empresa que realiza las capturas y la dedicada al engrase y por otro, el de determinar el momento en el que alcanzan el peso óptimo de sacrificio para la venta al mercado.

Por último, los experimentos en canal de oleaje han demostrado:

- ❑ Que no existen diferencias significativas en cuanto al efecto barrera que generan las diferentes composiciones de las jaulas sobre la energía de las olas incidentes. Siendo además este efecto mínimo y únicamente cuantificable para determinadas condiciones de altura y periodo de la ola.
- ❑ La dificultad de mantener las relaciones a escala de cada uno de los parámetros que definen el comportamiento hidrodinámico de una jaula de cultivo aumenta considerablemente al reducir las escales de las maquetas de experimentación. Esto hace, que la simulación sobre jaulas completas (con sus elementos de amarre y fondeo) resulte especialmente complejo.

2.6. VALORACIÓN

En general, la valoración del Plan Nacional es positiva al considerar la **aplicabilidad** de los resultados obtenidos. Éstos se describen según finalidad de los mismos:

1. *Para la gestión de las instalaciones:* A la hora de iniciar un proyecto de acuicultura y con el fin de minimizar los riesgos de sufrir futuros accidentes, se recomienda mejorar el conocimiento oceanográfico del lugar (oleaje, corrientes, etc), e identificar el tipo de instalaciones (jaulas, fondeos, cabos,...) que mejor se adapte a dichas condiciones. Esto va ligado otro factor complementario que es el nivel de mantenimiento invertido en las instalaciones, el cual en general debe ampliarse y/o mejorarse.
2. *Para el conocimiento de las diversas opciones de aseguramiento disponibles en el mercado de las instalaciones de cultivo en mar abierto:* coberturas, garantías y condiciones de contratación.
3. *Para el conocimiento sobre los criterios de selección de redes para instalaciones de cultivo en mar abierto:* Se recomienda seleccionar la red, en función de las necesidades, características de cada instalación y las condiciones de exposición existentes, considerando factores como la relación de la inmersión y exposición con la disminución de la carga de rotura, los desgastes por uso y lavado, por rozamiento y erosión, etc.
4. *Para el desarrollo de técnicas de estimación de biomasa no invasivas:* Un sistema de estimación de biomasa correctamente utilizado puede optimizar la gestión de la producción en una instalación, minimizando el contacto con la población en cultivo. Es decir, se dispone de un mayor nivel de información invirtiendo un menor esfuerzo humano en la recopilación de dichos datos, por lo que son inversiones amortizables a corto plazo.
5. *Para el conocimiento a pequeña escala de la resistencia de las instalaciones de cultivo a diferentes condiciones oceánicas:* Bajo la premisa de la simulación de comportamiento de jaulas de cultivo en modelos a escala.

2.7. DIFUSIÓN

Durante el desarrollo del Plan Nacional JACUMAR, se han realizado varias actividades de difusión de los resultados obtenidos, tales como jornadas, comunicaciones a congresos o comunicaciones a revistas especializadas, y otras como seminarios de difusión que se pretende

Jornada de difusión del Proyecto de cultivo acuícola en mar abierto en Andalucía. 2006

El Programa de las Jornadas de difusión del “Proyecto de cultivo acuícola en mar abierto en Andalucía”, celebradas en El Puerto de Santa María, los días 13 y 14 de junio de 2006, incluía una Presentación de Planes Nacionales de Cultivos Marinos, JACUMAR desarrollados a la fecha por la Dirección General de Pesca y Acuicultura en Andalucía presentados por D. Daniel Acosta (DGPA. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía) y D. José Carlos Macías (DAP. Consejería Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía):

- Plan Nacional de cultivos marinos JACUMAR “Mejora técnica de jaulas de cultivo en mar abierto”.

- Plan Nacional de cultivos marinos JACUMAR “Técnicas de minimización y aprovechamiento de residuos en acuicultura”
- Plan Nacional de cultivos marinos JACUMAR “Mitigación de impacto ambiental en jaulas de cultivo”.

X Congreso Nacional de Acuicultura (Gandía 17-21 Octubre 2005)

En la décima edición del congreso Nacional de Acuicultura celebrada en Gandía (Valencia) en 2005, fue presentado, por parte de la Comunidad de Murcia, un avance de resultados en formato póster de los trabajos realizados con el VICASS:

- Estimaciones de biomasa, peso medio, crecimiento y distribución de frecuencias de pesos en poblaciones de peces en cultivo mediante un sistema de visión estereográfica. Resultados preliminares. Felipe Aguado Giménez, Tomás Senabre González, Antonio Belmonte Ríos y Benjamín García García. Libro de Actas. Sección Ingeniería. Páginas 11 y 12.

XI Congreso Nacional de Acuicultura (Vigo 24-28 Septiembre 2007)

En la pasada edición del Congreso Nacional de Acuicultura (XICNA), celebrada en Vigo, los días 24, 25, 26, 27 y 28 de septiembre, fueron enviados y presentados tres trabajos en formato póster, así como sus correspondientes resúmenes, basados en los resultados obtenidos durante el desarrollo del Plan:

- Descripción y siniestralidad de la acuicultura en mar abierto en Andalucía. Enaitz Aguirre, Jaime Andrés, Alejandro Martín y José Carlos Macías. Libro de Actas. Tomo II. Páginas 1565-1568.
- Evaluación técnica de distintos tipos de mallas de red para cultivos marinos en jaulas. A. Martín, E. Aguirre, J. Andrés, J.C. Macías, M. Grimón, J.L. Rodríguez y A. Marzoa. Libro de Actas. Tomo II. Páginas 1561-1564.
- Muestreo biométrico manual vs muestreo con sistema de visión estereográfica en besugo, *Pagellus bogaraveo* (Brünnich, 1768), cultivado en jaulas flotantes. F. Aguado-Giménez, J.L. Rodríguez, T. Senabre, B. García-García, J. Quintans y R. Figueiro. Libro de Actas. Tomo II. Páginas 1557-1560.
- Modelo de crecimiento para la dorada (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758) cultivada en jaulas flotantes en mar abierto, obtenido a partir de muestreos con equipo de visión estereográfica. Benjamín García-García, Felipe Aguado-Giménez, Carlos J. Carrasco. Libro de Actas. Tomo II. Páginas 1549-1552.

Revista especializada en acuicultura: Aquaculture Research. 2006

- Gross metabolic waste output estimates using a nutritional approach in Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) under intensive fattening conditions in western Mediterranean Sea. Felipe Aguado-Giménez, Benjamín García-García, María Dolores Hernández-Lorente & Jesús Cerezo-Valverde. *Aquaculture Research*, 2006, 37, 1254-1258

Previsión de acciones de difusión: Seminario de difusión al sector acuícola

Con la finalización del PNCM “Mejora Técnica en Jaulas de Cultivo en Mar Abierto”, y para hacer partícipe al sector de los resultados obtenidos, se prevé realizar unas jornadas donde se facilite información respecto a temas relacionados con el Plan, así como resultados y conclusiones.

2.8. INCIDENCIAS DE DESARROLLO

Durante el desarrollo de las actuaciones del Plan Nacional “Mejora técnica en jaulas de cultivo en mar abierto”, han surgido una serie de incidencias relacionadas con la operatividad y el grado de adecuación de estas actuaciones con las líneas de trabajo previamente descritas.

→ Actuación 1: “Determinación de los motivos que causan los accidentes en las Jaulas de cultivo”.

Inicialmente, estaba prevista la realización de una caracterización de la acuicultura en mar abierto y los posibles motivos de accidentes en este tipo de instalaciones mediante un programa de encuestas enviadas vía internet. Tras iniciar los trabajos según lo previsto inicialmente, se estimó que no daban el nivel de detalle esperado y necesario para el cumplimiento de los objetivos, por lo que las Comunidades Autónomas participantes decidieron en la mayoría de los casos realizarlo de forma presencial. Para ello, un técnico se desplazó a cada una de las instalaciones, obteniendo un mayor nivel de participación y una información más fiable.

→ Actuación 2: “Caracterización técnica de distintas mallas de red para cultivo de peces en jaulas”

Debido a que no existía precedentes en el desarrollo de experimentaciones para la caracterización técnica de mallas de red, y tras la realización de los primeros ensayos donde se obtuvieron resultados no esperados inicialmente, se decidió unánimemente enviar parte de las muestras pendientes de procesar a otro laboratorio de referencia. De este modo, se realizó un contraste de resultados con el desarrollo de ensayos en distintas máquinas de tracción procedentes de laboratorios independientes. Este contraste indicó la similitud entre ambos resultados, aportando confianza en los resultados obtenidos y conclusiones finales.

→ Actuación 3: “Adecuación de sistemas de estimación de biomasa no invasivos a jaulas de cultivo en mar abierto”

Inicialmente estaba planteado la adquisición de un sistema VICASS por parte de la Comunidad de Murcia y de un nuevo sistema denominado SEATAP-JM, que estaba desarrollando la Universidad de Sevilla, por parte de la Comunidad de Andalucía, para el estudio de la adecuación de este instrumental en la estimación de biomasa en jaulas de cultivo en mar abierto. Tras varios retrasos en la puesta a punto del nuevo sistema SEATAP, se decidió cambiar el planteamiento inicial, y adquirir Andalucía otro sistema VICASS, con el objetivo de complementar los trabajos realizados por Murcia en la adecuación del sistema para nuevas especies que se cultivan en nuestras costas.

→ Actuación 4: “Ensayos de redes para cultivos de peces en canal de oleaje”

Originariamente se plantearon varias líneas de trabajo:

1. Estudio de la energía del oleaje incidente disipada por las estructuras mediante distintas combinaciones de diferentes mallas de red y tipos de lastrado, en el canal de oleaje.
2. Construcción de una maqueta a escala de todos los elementos que conforman una jaula de cultivo, empleando la combinación de red y lastre con mejores resultados en la experimentación anterior.

Una vez puesto en marcha el experimento fueron apareciendo diversas complicaciones en los procesos de maquetación a escala de las redes. Ya que para seguir las leyes de escala se deberían emplear diámetros de hilo tan pequeños que romperían al ser ensayados. Finalmente no fue posible la construcción de esta red por parte de una empresa de fabricación, por lo que se concluyó con la realización únicamente de la Fase 1, dejando la puerta abierta para la realización de la Fase 2 en futuros trabajos en esta línea .

2.9. BIBLIOGRAFÍA

Libros, artículos y documentos:

Aarsnes, J.V., Rudi, H. & Loland, G. (1990). Current Forces on Cages and Net Deflection. In : Telford, T. (Ed.) : *Engineering for Offshore Fish Farming*. London. 137-152.

Aguado, F. y García-García, B. (2006). Growth, food intake and feed conversion rates in captive Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus* Linnaeus, 1758) under fattening conditions. *Aquaculture Research* 36: 610-614.

Aguado, F., T. Senabre-González, A. Belmonte-Ríos, B. García-García. (2005). Estimaciones de biomasa, peso medio, crecimiento y distribución de frecuencias de pesos en poblaciones de peces en cultivo mediante un sistema de visión estereográfica. Resultados preliminares. Libro de Resúmenes del X Congreso Nacional de Acuicultura, tomo I: 80-82. Gandía, Valencia. Octubre 2005.

Aguilar-Manjarrez, J. and Ross, L.G. (1993). Aquaculture development and Geographical Information Systems. Mapping Awareness and GIS Europe. 7 (4) 49-52.

Angel, D.L., Krost, P. Silvert, W.L. (1998). Describing benthic impacts of fish farming with fuzzy sets: theoretical background and analytic methods. *J. Appl. Ichthyol.* 14: 1-8.

Baldwin, K., Celikkol, B., Steen, R., Michelin, D., Muller, E. and Lavoie, P. (2000). Open ocean aquaculture engineering: Mooring and net pen deployment. *Marine Technology Society Journal* 34: 53-58.

Bas Peired, C., Suau, P. y Cruzado, A. (1974). Características hidrográficas biológicas y pesqueras del litoral catalán y Costa Sur del Delta del Ebro. [Inf. Tec. Inst. Inv. Pesq.] 1974, 21 p.

Basurco, B. (2001). Status of marine fish farming in the Mediterranean aquaculture. The offshore alternative. Advanced Course on Mediterranean Off-Shore Mariculture, Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos (CIHEAM); Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ), Food and Agriculture Organization (FAO), Zaragoza. 28 pp.

Beddow, T.A., Ross, L.G. and Marchant, J.A. (1996). Predicting salmon biomass remotely using a digital stereo-imaging technique, *Aquaculture* 146 (1996), pp. 189–203.

Black, E. and Truscott, J. (1994). Strategies for regulation of aquaculture site selection in coastal areas. *J. Appl. Ichthyol.* 10:295-306.

Boucher, E.L., Buchanan, J.M. and Clarke, S.M. (2000). Investigation of size and weight measurements of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*). South Australian Research and Development Institute (SARDI). 17 pp.

Chatain, B.; Saroglia, M.; Sweetman, J.; Lavens, P. (Ed.). (1996). Seabass and seabream culture: problems and prospects: handbook of contributions and short communications presented at the International Workshop on "Seabass and seabream culture: problems and prospects" Verona, Italy, October 16-18, 1996. European Aquaculture Society: Oostende, Belgium. 388 pp.

- Christensen, (2000).** Nets for offshore mariculture. Pages 173-178 in J. Muir and B. Basurco, editors. CIHEAM Options Mediterraneennes No. 30 Mediterranean offshore mariculture.
- Chua T-E. (1992).** Coastal Aquaculture Development and the Environment. The Role of Coastal area Management. *Marine Pollution Bulletin*. 25:98-103.
- Edward Huguenin J, Ansuini FJ. (1978).** A Review of the Technology and Economics of Marine Fish Cage Systems. *Aquaculture*. 15:151-70.
- Folke C, Kautsky N. (1992).** Aquaculture with its Environmental: Prospects for Sustainability. *Ocean & Coastal Management*. 17:5-24.
- Foster M, Petrell R, Ito MR, Ward R. (1995).** Detection and Counting of Uneaten Food Pellets in a Sea Cage Using Image Analysis. *Aquacultural Engineering*. 14(3):251-69.
- Fredriksson, D.W., M.R. Swift, E. Muller, K. Baldwin and B. Celikkol (2000).** Open Ocean Aquaculture Engineering: System Design and Physical Modeling. *Mar. Tech. Soc. J. Washington D.C.* Vol 34, No. 1, pp. 41-52.
- Fredriksson, D.W., M.R. Swift, J.D. Irish, I. Tsukrov and B. Celikkol. (2003).** Fish Cage and Mooring System Dynamics Using Physical and Numerical Models with Field Measurements. *Aqua. Eng.* Vol 27, No. 2, pp. 117-270.
- Fundación Alfonso Martín Escudero. La acuicultura. Biología, regulación, fomento, nuevas tendencias y estrategia comercial.** Tomo I, Análisis del desarrollo de los cultivos: medio, agua y especies. 1999.
- Galle, J.M. (2001).** El fondeo, su importancia. *Acuicultura mediterránea: Cultivo en mar abierto*. Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
- Geffen A. (1979).** Rotating Fish Cages to Prevent Fouling. *Aquaculture*. 16:83-5.
- Goudey, C.A. (2001).** Current and future systems for ocean-based aquaculture. Ocean Engineering Keynote Address presented during the Open Ocean Aquaculture IV Symposium, St. Andrews, NB. June 2001.
- Goudey, C.A. and Bridger, C.J. (2002).** Evolution and performance of a singlepoint mooring for an offshore aquaculture cages. Pages 126-130 in *Oceans 2002 MTS/IEEE*. October 2002, Biloxi, MS.
- Harvey, E.S. and Shortis, M. (1996).** A system for stereo-video measurement of subtidal organisms. *Mar. Tech. Soc. J.* 29(4): 10-22.
- Harvey, E. and Shortis, M. (1998).** Calibration stability of an underwater stereo-video system: implications of measurement accuracy and precision. *Marine Technology Society Journal* 32(2): 3-17.
- Harvey, E.S., Cappo, M., Shortis, M., Robson, S., Buchanan, J. and Speare, P. (2003).** The accuracy and Precision of underwater measurements of length and maximum body depth of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) with a stereovideo camera system. *Fisheries Research*. 65 (2003), pp. 175–189.
- Harvey, E.S., Fletcher, D. and Shortis, M. (2001 a).** A comparison of the precision and accuracy of estimates of reef-fish lengths made by divers and stereo-video system. *Fisheries Bulletin*, 99 (1): 63-71.
- Harvey, E.S., Fletcher, D. and Shortis, M. (2001 b).** Improving the statistical power of visual length estimates of reef fish: a comparison of estimates determined visually by divers with estimates produced by a stereo-video system. *Fisheries Bulletin*, 99 (1): 72-80.
- Harvey, E.S., Fletcher, D. and Shortis, M. (2002 a).** Estimation of reef fish length by divers and by stereo-video. A first comparison of the accuracy and precision in the field on living fish under operational conditions. *Fisheries Research*, 57(3): 257-267.

- Harvey, E.S., Shortis, M., Stadler, M. and Cappel, M. (2002 b).** A comparison of the accuracy and precision of digital and analogue stereo-video systems. *Mar. Tech. Soc. J.* 36(2): 38-49.
- Holby O, Hall POJ. (1994).** Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. III. Silicon. *Aquaculture.* 120:305-18.
- Huguenin JE. (1997).** The design, operations and economics of cage culture systems. *Aquacultural Engineering.* 16:167-203.
- Johnsen RI, Grahl-Nielsen O, Lunestad BT. (1993).** Environmental distribution of organic waste from a marine fish farm. *Aquaculture.* 118:229-44.
- Juell J-E. (1991).** Hydroacoustic Detection of Food Waste - A Method to Estimate Maximum Food Intake of Fish Populations in Sea Cages. *Aquacultural Engineering.* 10:207-17.
- Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca.** La acuicultura marina en Andalucía. 2003.
- Junta de Andalucía, Empresa pública Desarrollo Agrario y Pesquero de la Consejería de Agricultura y Pesca.** Memoria Anual de 2004 y 2005.
- Kaspar HF, Hall GH, Holland J. (1988).** Effects of Sea Cage Salmon Farming on Sediment Nitrification and Dissimilatory Nitrate Reductions. *Aquaculture.* 70:333-44.
- Kelly LA. (1995).** Predicting the effect of cages on nutrient status of Scottish freshwater lochs using mass-balance models. *Aquaculture Research.* 26:469-77.
- Kirk, R., (1987).** A history of marine fish culture in Europe and North America. Farnham, Surrey, Fishing News Books Ltd., 192 p.
- Kishi MJ, Iwata Y, Uchiyama M. (1991).** Numerical Simulation Model for Quantitative Management of Mariculture. *Marine Pollution Bulletin.* 23:765-7.
- Krost P, Chrzan T, Schomann H, Rosenthal H. (1994).** Effects of a floating fish farm in Kiel Fjord on the sediment. *J. Appl. Ichthyol.* 10:353-61.
- Landless PJ, Edwards A. (1976).** Economical ways of assessing hydrography for fish farms. *Aquaculture.* 8:29-43.
- Landless PJ, Edwards A. (1977).** Some Simple Methods for Surveying a Marine Farm Site. *Fish Farming International.* 32-4.
- LING, S.W. (1977).** Aquaculture in Southeast Asia. A historical review. University of Washington Press, Seattle, USA. Macintosh.
- Lisac, D. (1996).** Recent developments in open-sea cages: practical experience with the tension leg cage, in: Chatain, B. et al. (Ed.) (1996). *Seabass and seabream culture: problems and prospects: handbook of contributions and short communications presented at the International Workshop on "Seabass and seabream culture: problems and prospects"* Verona, Italy, October 16-18, 1996. pp. 297-300.
- Loverich G. (1997).** A summary of the Case Against the Use of Gravity Cages in the Sea Farming Industry. Ocean Spar Technologies, LLC. 8 pp.
- Loverich G, Croker TR. (1997).** Ocean Spar® net pen systems: 32 months of offshore operations. Ocean Spar Technologies, LLC. 11 pp.
- Loverich G. (1998a).** Ocean Spar® Trials at Global Aqua-Fort Ward. Ocean Spar Technologies, LLC. 3 pp.
- Loverich G. (1998b).** Stocking Density of Sea Cages. Ocean Spar Technologies, LLC. 5 pp.
- Loverich G. (1998c).** Recycling the Waste Stream From by Sea Farms. Ocean Spar Technologies, LLC. 3 pp.

- Loverich, G. (1999).** Recent practical experiences with Ocean Spar® offshore sea cages. Pages 78-79 in R.R. Stickney, compiler. *Joining forces with industry*.
- Loverich, G. and Foster, J. (2000).** Advances in offshore cage design using spar buoys. *Marine Technology Society Journal* 34: 18-28.
- Loverich, G. and Gace, L. (1997).** The affect of currents and waves on several classes of offshore sea cages. *International Conference on Open Ocean Aquaculture 1997*, Maui, HI, USA, 23-25 April 1997, pp. 131-144.
- Loverich, G.F. and Gace, L. (1998).** The effect of current and waves on several classes of offshore sea cages. Pages 131-144 in C.E. Helsley, editor. *Open Ocean Aquaculture '97, Charting the Future of Ocean Farming*.
- Macías Rivero, J.C., Castillo y Rey, F. y Alamo Zurita, C. (2003).** Zonas idóneas para el desarrollo de la acuicultura en el litoral andaluz. *Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía*. 31 pp. y mapas.
- Martínez de Dios, J.R., Serna, C., Ollero, A. (2003).** Computer vision and robotics techniques in fish farms. *Robotica* 21: 233-243.
- Matveev, S. & Bugrov, L. (1996).** Automation of Fish Farming Processes for Offshore Cages. In: Polk, M. (Ed): *Open Ocean Aquaculture: Proceedings of an International Conference*, May 8.-10., 1996, Portland, Maine. UNHMP-CP-SG-96-9, Portland, New Hampshire/Maine Sea Grant College Program. Abstract.
- McGhie, T.K., Crawford, C.M., Mitchell, I.M. and O'Brien, D. (2000).** The degradation of fish-cage waste in sediment during fallowing. *Aquaculture* 187: 351-366.
- Milne, P.H. (1974).** A visit to Japan's fish farming industry. *Fish Farming Int.*, 1(2) : 38-55.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.** El libro blanco de la acuicultura en España, Tomo I. 2001.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.** El libro blanco de la acuicultura en España, Tomo II. 2001.
- Montero D, Izquierdo MS, Tort L, Robaina L, Vergara JM. (1999).** High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, *Sparus aurata*, juveniles. *Fish Physiology and Biochemistry*. (53-60).
- Nailberg, A., Petrell, R.J., Savage, C.R. and Neufeld, T. (1993).** Non-invasive fish size assessment method for tanks and sea-cages using stereo-video. En: *Techniques for modern aquaculture* (Editor : J.K. Wang) pp. 372-381. American Society of Aquacultural Engineers.
- Ollero, A., Munárriz, D., Jiménez, A., Serna, C., Martínez de Dios, J.R. (2003).** Sistema basado en visión estéreo para la estimación automática de la distribución de tamaños de peces en jaulas marinas. Libro de Resúmenes del IX Congreso Nacional de Acuicultura. Cádiz, Mayo 2003.
- Padilla, F.J., A. Sánchez-Lamadrid y S. Cárdenas S. (2003).** Engorde de la hurta en tanques. En: *II Encuentro de Ciencias del Mar y Ambientales*. 2 al 4 de diciembre, 2003. Palacio de Congresos y Exposiciones, Cádiz. OPAM.
- Pérez, O.M., Telfer, T.C. y Ross, L.G. (2003).** On the calculation of wave climate for offshore cage culture site selection: a case study in Tenerife (Canary Islands). *Aquacultural Engineering* 29 (2003), 1-21.
- Perez, O.M., Telfer, T.C., Beveridge, M.C.M. and Ross, L.G. (2002).** Geographical Information Systems (GIS) as a Simple Tool to Aid Modelling of Particulate Waste Distribution at Marine Fish Cage Sites. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (2002) 54, 761-768.

Petridis, D., y Rogdakis, I., (1996). The development of growth and feeding equation for sea bream, *Sparus aurata* L., culture. *Aquaculture Research* 27. 413-419.

Phillips MJ, Beveridge MCM, Ross LG. (1985). The environmental impact of salmonid cage culture on inland fisheries: present status and future trends. *J. Fish Biol.* 27(A):123-37.

R.J. Petrell, X. Shi, R.K. Ward, A. Naiberg and C.R. Savage (1997). Determining fish size and swimming speed in cages and tanks using simple video techniques, *Aquac. Eng.* 16 (1997), pp. 63–84.

Ruff, B.P.; Marchant, J.A.; Frost, A.R. (1995). Fish sizing and monitoring using a stereo image analysis system applied to fish farming. *Aquacultural Engineering* 14: 155-173.

Sánchez de Lamadrid, a., Jiménez, m.t., Ruiz, j.t., Gutierrez, j.m., Muñoz , j.l., Saavedra, m., Juárez, a., Pérez, a. y Romero, M.Z. (2002). Bahía de Cádiz: Protección de los Recursos Pesqueros y Aplicación para Instalaciones Acuícolas. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 194 pp.

Schuchardt, D. (2005). Requerimientos nutricionales en bocinegro ("Pagrus pagrus") / memoria que presenta Dominique Schuchardt Lenoir para la colación del Grado de Doctor en Biología en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria pag. 244 ; [dirección, Jose Manuel Vergara Martín, Lidia Robaina Robaina].

Serna, C. and Ollero, A. (2001). A stereo vision system for the estimation of biomass in fish farms. *Proceedings from the 6th IFAC Symposium, Berlin.*

Shieh, A.C.R., Petrell, R.J. (1998). Measurement of fish size in atlantic salmon (*Salmo salar* L.) cages using stereographic video techniques. *Aquacultural Engineering* 17: 29-43.

Smart, A. and Clarke, S. (1999). Non-destructive biomass estimation devices for southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*). South Australian Research and Development Institute (SARDI) 15 pp.

Tsukrov, I., Eroshkin, O., Fredriksson, D.W. and Celikkol, B. (2003). Finite element simulation to predict the dynamic performance of the tension leg fish cage. Pages 169-175 in C.J. Bridger and B.A. Costa-Pierce, editors. *Open Ocean Aquaculture: From Research to Commercial Reality.* The World Aquaculture Society, Baton Rouge, L.A.

WhiteHead PJP, Bauchot MI, Hureau JC, Nielsen J, Tortonese E. (1986). Fishes of the North Eastern Atlantic and the Mediterranean, Vol II. Unesco Paris, 1986.

Enlaces de interés.

<http://es.wikipedia.org/>: Wikipedia, la enciclopedia libre.

<http://ressources.ciheam.org/om/pdf/b30/00600651.pdf>

<http://www.acuiculturaenmarabierto.com/sea.asp>

<http://www.apomar.es>

<http://www.apomar.es/Informes/Informe%20APROMAR%202006.pdf>:

<http://www.corelsa.com/jaulas.htm>

<http://www.fao.org/docrep/007/y5600s/y5600s00.htm>. FAO, estado mundial de la pesca y la acuicultura

http://www.mapa.es/es/pesca/pags/jacumar/presentacion/acuicultura_es.htm

http://www.nmfs.noaa.gov//gpea_forms/forms.htm

<http://www.oceanspar.com/products.htm>

<http://www.piha.com.au/aquaculture.html>

<http://www.quintasespana.com/acuicultura08.htm>

<http://www.technosea.com/TechnoSEA%20prodotti%20SPA.html>

<http://www.uma.es/aula/ecologia/confissicainter.pdf>

<http://www.vaki.is> Empresa dedicada al desarrollo de tecnologías para el equipamiento de la industria de la acuicultura.

<http://www.vaki.is/media/files/Vaki%20Voice%20September%202004%20spanish.pdf>

http://www2.uca.es/huesped/anasim_gibraltar/fotossatelites.html: Fotos aéreas del Estrecho de Gibraltar.

www.aqua.cl: Aqua.Chile: El Portal de la Acuicultura Chileno.

www.aqualine.no

www.csic.es/: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC.

www.enesa.mapya.es:

www.fao.org/docrep/X5743S/x5743s0a.htm (información sobre la situación de los seguros en acuicultura).

www.fusionmarine.com

www.mispeces.com: Mis Peces.com: El Portal de la Acuicultura.

www.mma.es: Ministerio Español de Medio Ambiente. La mayor base de datos con gestoras de residuos, legislación y publicaciones **ambientales**.

www.pescanet.net/PDF/catalogo%20rete%20SPA.pdf: información sobre redes para acuicultura.

www.pescanet.net/PDF/Gabbia%20galleggiante%20SPA.pdf jaulas flotantes para el criadero ictico.

3.- JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA DEL PRESUPUESTO ASIGNADO

Presupuesto transferido: 605.172 € (seiscientos cinco mil ciento setenta y dos euros)

El presupuesto asignado para la realización del Plan Nacional de Cultivos Marinos “Mejora de las Condiciones Técnicas de las jaulas de cultivo en España”, se ha usado en su totalidad para la consecución de los objetivos iniciales planteados en el Plan Nacional de Cultivos Marinos.

4.- ANEXOS CON LOS INFORMES DE LOS DISTINTOS GRUPOS DE TRABAJO

Adjunto se remite un Informe Técnico Final realizado por la Empresa Pública de Desarrollo Agrario y Pesquero en representación de la Comunidad Autónoma coordinadora del Plan, Andalucía, donde se integran los informes parciales elaborados por las Comunidades Autónomas participantes (Andalucía, Canarias, Cataluña, Galicia, Murcia) y se hace una descripción pormenorizada de los resultados obtenidos, así como las conclusiones y aplicabilidad del Plan para el sector acuícola.