



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



grupo
culmarex



VNIVERSITAT
DE VALÈNCIA

MASTER INTERUNIVERSITARIO DE ACUICULTURA
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

``Evaluación del peso medio y del
crecimiento de dorada y lubina en jaulas
marinas mediante Biometrías y VICASS ``

TRABAJO FIN DE MASTER

AUTOR:

Pablo Miguel Martínez Pérez

DIRECTOR:

Miguel Jover Cerdá

VALENCIA, SEPTIEMBRE 2014

Índice

1. Introducción	1
1.1. Acuicultura en el mundo	2
1.2. Acuicultura en la Unión Europea.....	3
1.3. Acuicultura en España	4
2. Actividades realizadas en la empresa	8
2.1. Alimentación.....	8
2.2. Muestreos y biometrías	11
2.3. Control sanitario.....	13
3. Investigación realizada.....	16
3.1. Tecnología del VICASS	16
3.2. Materiales y métodos.....	19
3.3. Resultados y discusión.....	21
4. Posibles mejoras y futuros proyectos	36
5. Referencias.....	39

Lista de Figuras:

Figura 1. Evolución de la producción acuática (acuicultura y pesca) mundial.	2
Figura 2. Evolución de la producción de acuicultura y pesca mundial en el periodo 1950-2012 (FAO).	3
Figura 3. Evolución de la producción total de acuicultura y pesca de los 28 Estados miembros de la Unión Europea entre 1950 y 2012, en miles de toneladas (FAO).	4
Figura 4. Distribución de la producción de acuicultura y de su valor en los Estados miembros de la Unión Europea en 2012 (FAO).	5
Figura 5. Pala de alimentación manual.	9
Figura 6. Cañón de alimentación.	10
Figura 7. Esquema del barco silo de alimentación.	11
Figura 8. Proceso de levantar el copo para realizar un muestreo de lubina.	12
Figura 9. Modo de envío de las muestras a analizar al laboratorio del grupo Culmarex. ...	13
Figura 10. Rash en piel de dorada.	14
Figura 11. VICASS utilizado en la investigación (derecha), VICASS actual (izquierda).	17
Figura 12. Ordenador de campo utilizado en la investigación, tablet VICASS actual.	17
Figura 13. Método de análisis de los peces con el software del sistema VICASS.	18
Figura 14. Valores calculados por el software de VICASS.	19
Figura 15. Comparación de los cuatro muestreos de dorada para biometrías y VICASS. ...	24
Figura 16. Comparación de los cuatro muestreos de lubina para biometrías y VICASS.	24
Figura 17. Gráficos del crecimiento para los puntos de muestreo en los lotes de dorada (datos de la empresa, biometrías y VICASS).	27
Figura 18. Gráficos del crecimiento para los puntos de muestreo en los lotes de lubina (datos de la empresa, biometrías y VICASS).	28
Figura 19. Mújoles en el interior de la jaula y aves en el interior de red antipajaros.	37
Figura 20. Banco de anjovas dentro de jaula de dorada observados con VICASS.	37

Lista de Tablas:

Tabla 1. Datos de inicio en jaulas de dorada 2013.	20
Tabla 2. Datos de inicio en jaulas de lubina 2013.	20
Tabla 3. Tablas resumen de los cuatro muestreos de VICASS y biometrías clásicas en dorada.	22
Tabla 4. Tablas resumen de los cuatro muestreos de VICASS y biometrías clásicas en lubina.	22
Tabla 5. Tabla resumen de los datos según el modelo de crecimiento de la empresa.	25
Tabla 6. Coeficientes de Variación (C.V) según los datos de las biometrías y el sistema VICASS.	29
Tabla 7. Factor K y longitud media de los lotes de lubina L39 y L48.	30
Tabla 8. Índices calculados con los datos propios de Bersolaz, Biometrías y VICASS.	31
Tabla 9. Calculo del CCT para datos de Bersolaz, biometrías y VICASS en lotes de dorada y lubina.	33
Tabla 10. Resumen de los datos económicos (ICE y IBE) para datos de Bersolaz, biometrías y VICASS.	34
Tabla 11. Análisis de la dispersión en los lotes L39 y D21 según tallas comerciales del Grupo Culmarex.	35

1. Introducción

En el mundo actual se pronostica un aumento de la población de 2.000 millones hasta 2050 para llegar a un total de 9.600 millones. Los recursos naturales del planeta son limitados, siendo limitadas las fuentes de alimento. Por todo esto, se debe de hacer un aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. En la actualidad la alimentación está volviendo a ser un reto de primer orden para la humanidad. Las previsiones de la Organización para la Agricultura y la Alimentación de Naciones Unidas (FAO, 2014) apuntan a que la producción mundial de comida debe crecer un 70% entre 2010 y 2050 para hacer frente al aumento de la población, a los cambios en la dieta relacionados con los incrementos en la renta de los países y a la creciente urbanización.

Los productos de origen acuático son un pilar básico en la alimentación mundial. El pescado es extraordinariamente nutritivo: una fuente vital de proteínas y nutrientes esenciales. Sin embargo, los recursos naturales del planeta tierra son limitados. Incluso los océanos y ríos han mostrado su finitud como origen de alimentos silvestres. Por lo tanto la acuicultura se convierte en una actividad esencial. En la *Figura 1* se ve la evolución al alza del consumo de productos de acuicultura y pesca.

La acuicultura tiene una historia de 4.000 años, pero ha sido desde hace 50 cuando se ha convertido en una actividad socioeconómica relevante, dando empleo a más de 12 millones de personas en el mundo. Tiene a su favor que el 70% de la superficie del planeta es agua, que no requiere del consumo de agua dulce, que los animales acuáticos son más eficientes convertidores de su alimento que los vertebrados terrestres y que sus tasas de reproducción son muy superiores a las de estos. Los principales obstáculos que se encuentra son la disponibilidad de materias primas para sus piensos, la generación de avances tecnológicos que permitan la adaptación de las granjas a condiciones marinas más expuestas y el control de la sanidad de las especies cultivadas. Mirando al futuro, FAO estima que antes de 2030 más del 65% de los alimentos acuáticos procederán de la acuicultura.

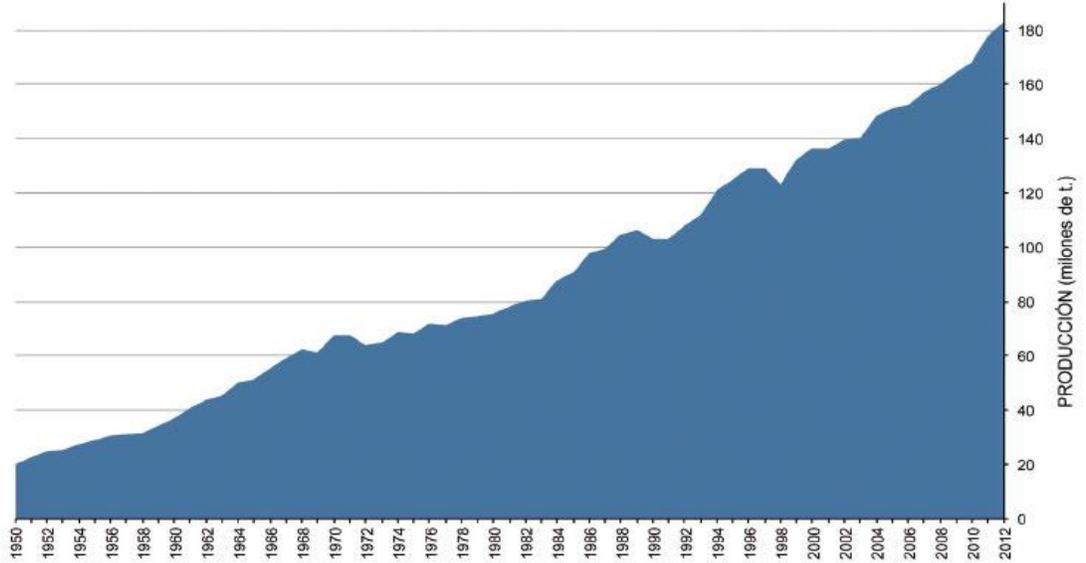


Figura 1. Evolución de la producción acuática (acuicultura y pesca) mundial.

1.1. Acuicultura en el mundo

El 2012 es el año más reciente del que se disponen estadísticas de producción global de acuicultura. Conforme a FAO, la acuicultura mundial produjo 90,4 millones de toneladas de productos acuáticos ese año (83,7 en 2011, contabilizando algas), frente a las 92,5 millones de toneladas capturadas por la pesca. Considerando los 24 millones de toneladas de la pesca que no van destinados a consumo humano directo, la acuicultura ya provee más alimento a la humanidad que la pesca (*Figura 2*). En un futuro próximo la acuicultura será la manera habitual de aprovisionamiento de productos acuáticos para la mayor parte de la humanidad, como ocurre hoy con la ganadería terrestre frente a la caza.

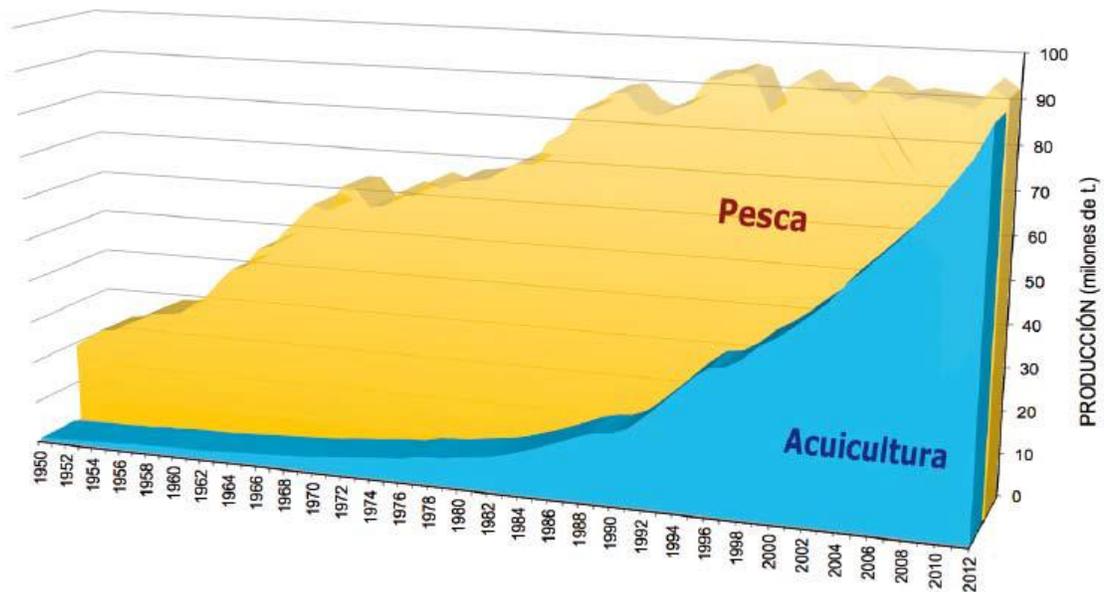


Figura 2. Evolución de la producción de acuicultura y pesca mundial en el periodo 1950-2012 (FAO).

China es el primer país productor mundial de acuicultura con 53,9 millones de toneladas en el 2012. Entre las principales naciones productoras de acuicultura destaca el fuerte crecimiento observado durante 2012 en Indonesia (algas, tilapia, carpas y langostinos) e India (carpas y langostinos). En relación con los países desarrollados es de destacar el imponente crecimiento de la producción acuícola en Noruega, que con un incremento del 15,5% superó en 2011 las 1,3 millones de toneladas, cuando ya en 2011 había crecido el 13,0%.

Los 10 principales países productores de acuicultura en el mundo produjeron en 2012 el 89,0% de la cantidad total producida (80,5 millones de toneladas). En relación con el valor económico de la producción mundial de acuicultura, su cuantía superó en 2012 los 115.459 millones de euros en su primera venta.

1.2. Acuicultura en la Unión Europea

En 2012 la UE produjo 1,27 millones de toneladas de productos de la acuicultura. Este dato supone una reducción del 1,3% respecto de lo puesto en el mercado en 2011, y un descenso acumulado del 12% desde el pico de producción acuícola europea que tuvo lugar en 1999. La acuicultura representa el 21,2% del volumen de la producción acuática total (acuicultura

+ pesca) de la UE, lo que supone un incremento en su importancia relativa respecto del año anterior, en el que fue del 20,0% este incremento es debido a la reducción de la pesca desembarcada (Figura 3).

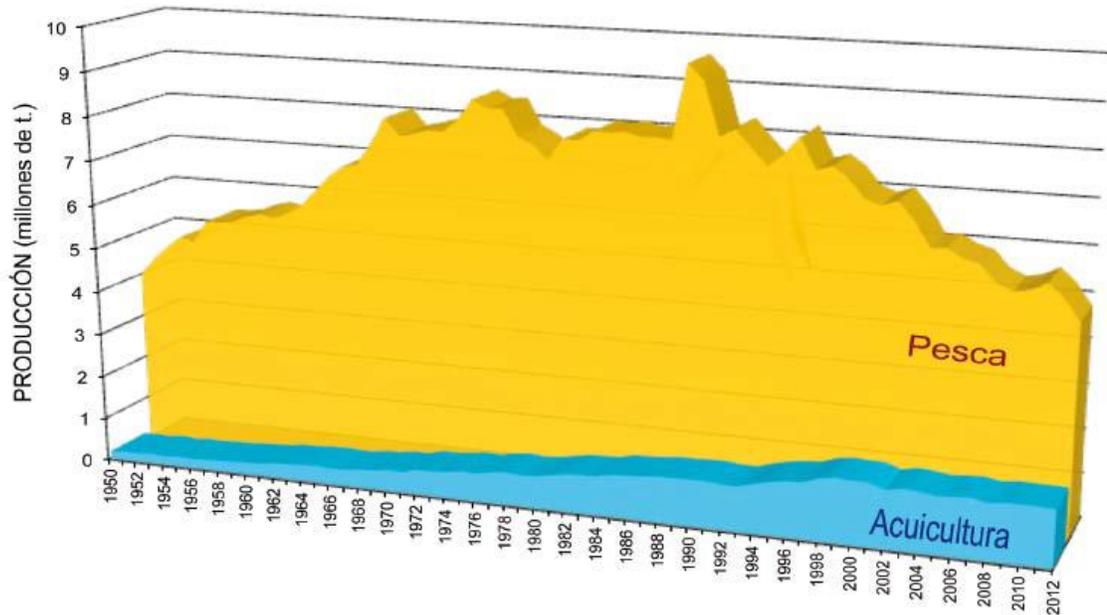


Figura 3. Evolución de la producción total de acuicultura y pesca de los 28 Estados miembros de la Unión Europea entre 1950 y 2012, en miles de toneladas (FAO).

1.3. Acuicultura en España

España es el Estado miembro de la UE con un mayor volumen de producción en acuicultura, con 264.162 t en 2012 (21,0% del total de la UE), seguido por Francia con 205.210 t (el 16,3%) y el Reino Unido con 203.036 t (16,1%). Sin embargo, cuando se considera el valor de la producción, el Reino Unido es el principal Estado miembro productor con 853 millones de euros (22,5% del valor total), seguido por Francia con 704 millones de euros (18,6%) y Grecia con 623 millones de euros. España ocupa la quinta posición con 395 millones (10,4%) (Figura 4).

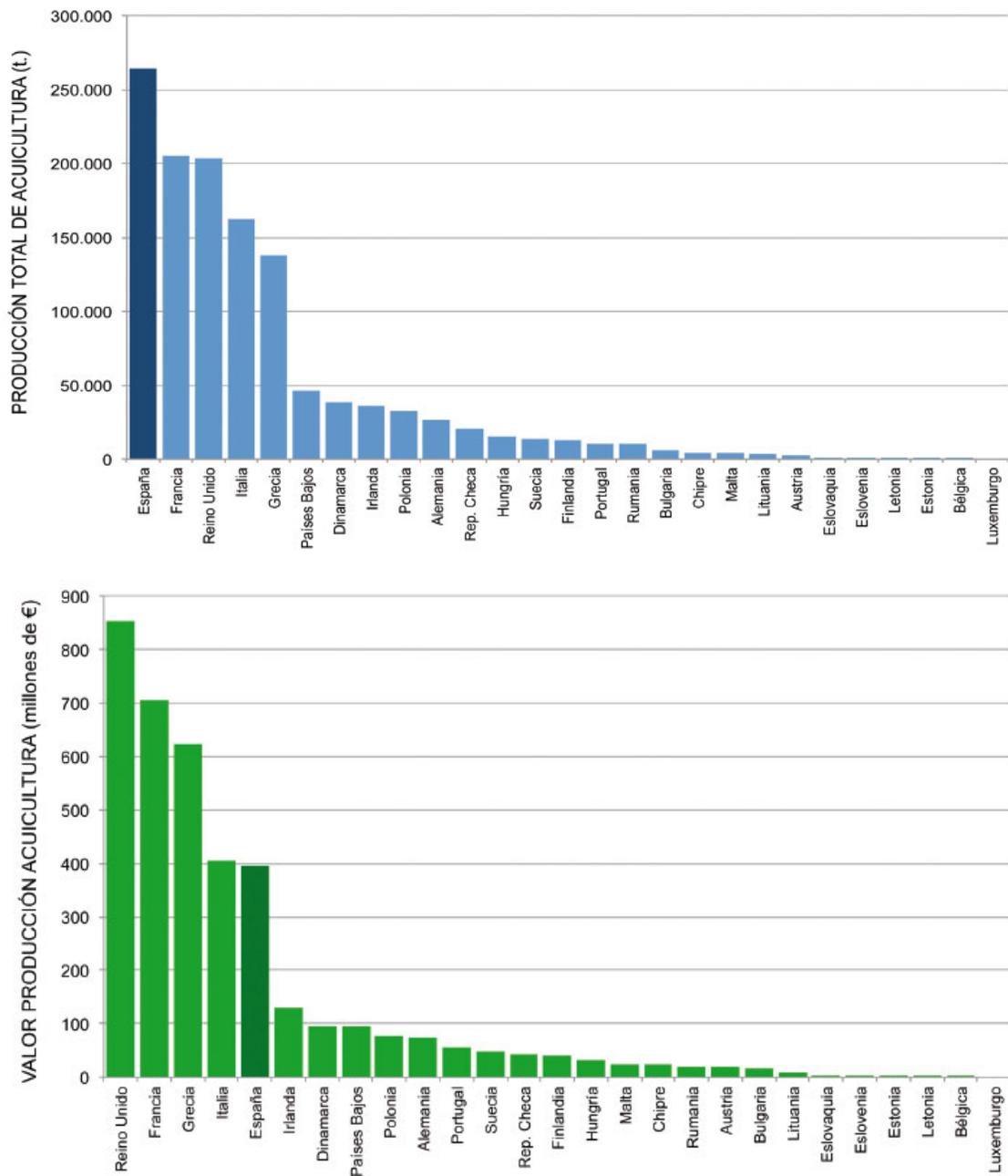


Figura 4. Distribución de la producción de acuicultura y de su valor en los Estados miembros de la Unión Europea en 2012 (FAO).

Las principales conclusiones que se sacan del informe La Acuicultura en España 2014 son las siguientes:

- ❖ El principal recurso acuático vivo producido en España, tanto de pesca como de acuicultura, es el mejillón, del que en 2012 se produjeron 231.754 toneladas, provenientes íntegramente de la acuicultura. En relación con la acuicultura de peces, las tres primeras especies son la dorada, la trucha arco iris y la lubina.
- ❖ La producción de dorada en España en 2013 ha sido de 16.795 t., un 13,6% menos que en 2012. Esta circunstancia supone una nueva caída de la producción de esta especie tras un ligero repunte en 2012. La máxima producción anual española de dorada tuvo lugar en 2009, con 23.930 t.
- ❖ La producción de lubina en España en 2013 ha sido de 14.707 t., un 3,1% más que en 2012.
- ❖ La producción de rodaballo en 2013 ha sido de 6.814 t., un 14,5% menor que la de 2012.
- ❖ En 2012 se encontraban en funcionamiento en España un total de 5.132 establecimientos de acuicultura. De ellos, 179 lo eran de acuicultura continental y 4.953 de acuicultura con aguas marinas.
- ❖ En 2013 se encontraban operando 94 establecimientos de piscicultura marina en España, cuando en 2012 habían sido 108.
- ❖ En la acuicultura marina (excluyendo mejillón) el número de empleos completos directos existentes en 2013 fue de 1.912, de los cuales 1.615 correspondieron a contratos indefinidos y 297 a eventuales. Este dato supone una disminución del 1,2% sobre 2012.

La investigación realizada se centra en dorada y lubina, que aunque no tienen el mayor volumen de producción tienen un precio de venta elevado, a continuación se analizan sus valores de comercialización. El precio medio en primera venta de dorada de acuicultura producida en España en 2013 fue de 4,79 Euros/kg. Esta cifra es un 0,11% superior a la de 2012 (4,31 Euros/kg) y supuso una cuantía total de 80,4 millones de Euros. El consumo de dorada en los hogares españoles se redujo en 2012 en un 9,0% en cantidad respecto de 2012, quedando en 29.490 toneladas (MAGRAMA). El precio medio en primera venta de lubina de acuicultura producida en España en 2013 fue de 5,35 Euros/kg. Esta cifra es prácticamente similar a la de 2012 (5,42 Euros/kg) y supuso una cuantía total de 78,6 millones de Euros. El consumo de lubina en los hogares españoles se incrementó en 2012 en un 11,2% en cantidad respecto de 2012, quedando en 17.730 toneladas (MAGRAMA).

Uno de los principales obstáculos para la expansión de la acuicultura en España es que se trata de una actividad extremadamente regulada por parte de las administraciones. Esto conlleva la obligatoria obtención de permisos, concesiones y autorizaciones cuya consecución y renovación resultan hoy tan difíciles y lentas (varios años) que desincentivan la iniciativa empresarial. La simplificación de estos procesos administrativos y la reducción

de los plazos de las resoluciones son importantes para aumentar la competitividad y el desarrollo global de este sector económico. Los puntos a mejorar son:

- ❖ El actual contexto administrativo español produce una distorsión del mercado nacional y la inexistencia de igualdad de oportunidades a causa de normativas autonómicas.
- ❖ En materia de sanidad animal, la actual legislación europea, traspuesta a legislación nacional de forma excesivamente compleja y restrictiva, limita las posibilidades terapéuticas ante la aparición de brotes de determinadas patologías de los animales, haciendo muy complicado mantener el bienestar de los mismos en el día a día de las granjas.
- ❖ Las competencias de acuicultura se distribuyen en España según el origen del agua (continental o marina).
- ❖ No existe un procedimiento sencillo y ágil para la obtención de autorizaciones y permisos en las granjas de acuicultura.
- ❖ Existe un marco regulatorio discriminatorio en el uso no consuntivo del agua por las instalaciones de acuicultura (principalmente en las continentales).
- ❖ Reforzar la competitividad de la acuicultura de la UE, los puntos a mejorar son los siguientes: las condiciones de acceso a los mercados, proporcionar liquidez a las empresas, normalizar Tasas de Puertos dispares y desorbitadas, cumplimiento de los acuerdos y barreras no arancelarias, las tributaciones que sobrecargan fiscalmente a las empresas.

2. Actividades realizadas en la empresa

2.1. Alimentación

El mayor porcentaje del tiempo de las prácticas realizadas en la empresa ha sido en alimentación ya que es uno de los procesos más importantes porque es con diferencia el mayor gasto de una empresa de acuicultura, siendo entre el 55-60% del coste. Los piensos no consumidos, además de suponer un sobre coste, caen al fondo formando capas impermeables que impiden el paso del oxígeno y crean gases tóxicos.

Para conocer la cantidad de pienso que se va a suministrar, se utilizan las tablas de alimentación que proporcionan las propias empresas fabricantes de piensos y en base a datos históricos. Las tasas de alimentación se recalculan para cada jaula aproximadamente cada semana, en función de la ingesta la semana anterior, comportamiento de la alimentación de la semana anterior, biomasa, peso medio, temperatura del agua y también entre en juego la disposición de pienso.

La empresa trabaja con la fábrica de piensos **Biomar**, que proporciona pienso de inicio, de 1.5, de 3, de 4.5 y de 6.5 (mm). Se utilizan piensos específicos para Dorada y Lubina. El lote de Corvina es alimentado con un pienso específico de mayor calidad y contenido proteico. Todos los piensos menos los de inicio tienen incorporado proteína de origen animal de alta digestibilidad, debido al cambio de la legislación, abaratando los precios (harina de plumas y harina de sangre).

Bersolaz alimenta con una sola toma en invierno (mañana) y en veranos con dos tomas en los peces de engorde (mañana y tarde), alimentando los 7 días de la semana (exceptuando días de temporal, porque impide los trabajos en el mar). La tasa de alimentación está calculada por el encargado, pero la velocidad de alimentación viene en función del patrón y marineros. Se tiene que tener en cuenta que se tarda 45 minutos en llegar a la instalación, por lo tanto, se dispone de 6 horas para alimentar las jaulas asignadas ese día. A cada patrón se le entrega un informe o parte del día, donde marca: kilogramos y tipo de pienso a suministrar por cada jaula y si se puede aumentar la toma de cada jaula ante una respuesta buena de los peces. Además tiene que rellenar en este parte: hora de comienzo de cada toma, hora de fin de cada toma, valorar de 1 a 4 la ingesta de la jaula, si ha añadido más pienso a la toma o se ha reducido esta; también puede añadir observaciones que merezca la pena mencionar. Ante respuestas buenas a la alimentación se está recomendando actualmente aumentar la velocidad para evitar que los peces peleen por la comida (stress, heridas).

Se utilizan diferentes tipos de alimentación dependiendo del tamaño de los peces y localización de las jaulas:

- ❖ **Manual:** A los alevines entrados en la instalación (10 g), se les adapta con una alimentación manual. El sistema manual, consiste en repartir el pienso a mano con una pala (*Figura 5*). Es necesario las primeras semanas para tener un control directo del comportamiento de los peces, un mejor reparto del pienso e ir adaptando los peces a las nuevas condiciones.



Figura 5. Pala de alimentación manual.

- ❖ **Cañón de alimentación:** Es el siguiente método después de la alimentación manual. Consiste, como se ve en la *Figura 6*, en un motor que acciona una soplante, el pienso se deposita en una tolva y es expulsado mediante una manguera de PVC, la caída del pienso a la soplante se regula mediante una trampilla en función de la demanda que se le quiera dar a la jaula (kg/m de pienso). La manguera se puede manejar manualmente para repartir el pienso por toda la jaula, importante si los peces llevan pocos meses en la instalación. Hay que observar el comportamiento de los peces y se puede cortar la alimentación si no están comiendo. Si la respuesta era buena durante las practicas se alimentaba a una velocidad de 14-18 Kg/m.

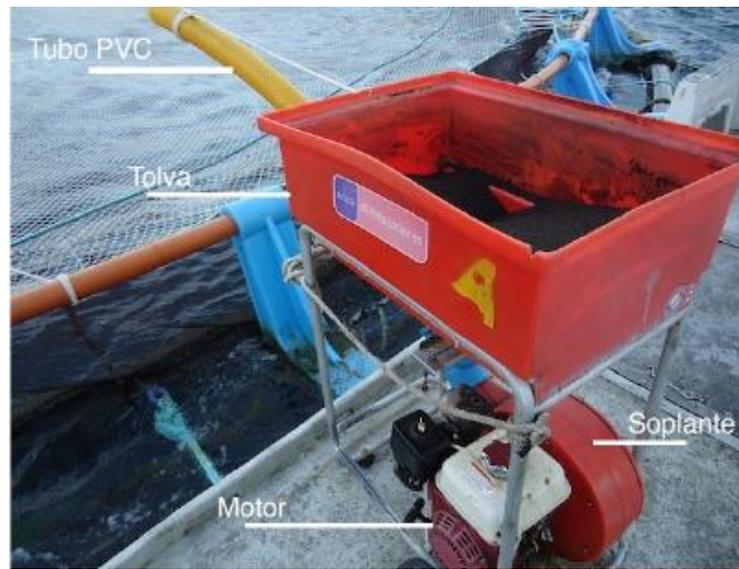


Figura 6. Cañón de alimentación.

- ❖ **Sistema automático de alimentación “Silo”:** Consiste en una embarcación donde se ha instalado un sistema de alimentación automático. En la cubierta del barco se instalan 6 silos o depósitos independientes donde se puede introducir grandes cantidades de pienso (Figura 7). Con este método se puede alimentar a 6 jaulas a la vez en cada movimiento, por lo tanto el silo se amarra a una de esas 6 jaulas. Los buzos distribuyen las mangueras por las jaulas que van a ser alimentadas y son amarradas a las barandillas (apuntando al centro de la jaula). Posteriormente el patrón acciona el sistema informático, decidiendo la velocidad de toma en función de su tiempo y la cantidad de pienso que debe suministrar. Todo este sistema está conectado a un procesador y se maneja con un ordenador desde el puente de mando. El patrón debe tener un control directo del comportamiento de alimentación de cada jaula para controlar la velocidad de toma o el parado si fuera necesario de cada jaula individualmente.

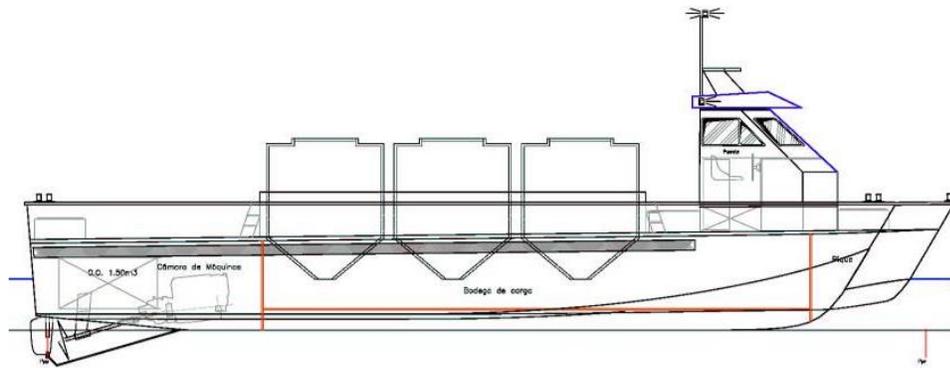


Figura 7. Esquema del barco silo de alimentación.

2.2. Muestreos y biometrías

En **Bersolaz** se hacen muestreos prácticamente mensuales, siempre que la logística lo permita, de todas las jaulas. Estos datos sirven para controlar el propio crecimiento y para comparar con las demás empresas del grupo **Culmarex**, intercambiar datos y tener un proceso de mejora continuo.

Para la investigación realizada en las prácticas se han realizado muestreos extras cada dos semanas y también muestreos con la tecnología VICASS (Video Imagen Capture And Size System), siendo una técnica de muestreo no invasivo (sin causar muerte). Como se verá más adelante.

Todos los muestreos clásicos realizados, son con muerte del animal por choque térmico. En **Bersolaz** se prefiere sacrificar esos peces antes que trabajar en el mar (problema con las básculas trabajando en el barco) o capturarlos y llevarlos a tierra vivos, anestesiarnos, realizar las medidas y finalmente devolverlos a las jaulas, porque muchos de esos peces mueren por el stress y no pueden ser aprovechados. Este procedimiento la están llevando a cabo algunas otras empresas del grupo. Sacrificar los peces para los muestreos siempre que coincide con días en los cuales se está pescando alguna jaula no es una medida problemática porque se pueden aprovechar sin pérdida económica.

Para realizar los muestreos es necesario cargar en la embarcación cubas con hielo, salabres, bolsas de red y pienso específico de las jaulas que se van a muestrear. Para capturar las doradas no hay grandes problemas ya que es una especie bastante adaptada a la producción acuícola, no ve afectado sus hábitos por la presencia de seres humanos y es una especie que se alimenta en superficie. Los pasos seguidos en los muestreos son los siguientes: se amarra la embarcación en la jaula que se quiera muestrear. Se comienza a alimentar con el pienso específico (a mano, con cañón o aprovechando que el silo está

alimentado esa jaula) a una distancia cerca de la barandilla, provocando así que las doradas suban a comer. Cuando estén arriba, por medio del salabre se van capturando, se necesita al menos 100 peces (para que el muestreo sea representativo). Posteriormente los peces pescados se depositan en la cuba con hielo dentro de una bolsa de red, etiquetando a la jaula-lote que pertenecen. Una vez en tierra los peces se pesan individualmente (cada lote por separado) en una báscula de pesado conectada a un ordenador que va recogiendo todos los datos en un *excel*. Los peces ya pesados se colocan en una cuba con hielo con los peces de la pesca y se mandan a procesar.

Los muestreos de lubina al contrario que los de dorada presentan muchas dificultades en su captura ya que es una especie muy asustadiza, muy difícil de manipular y que normalmente no se alimenta en superficie como la dorada. Primero se intentan capturar alimentando e intentando cogerlas con ayuda de un salabre al igual que en dorada. Como pocas veces es posible se hace necesario levantar el copo (*Figura 8*). Para realizar este proceso es necesario la utilización de una embarcación con una grúa y de la ayuda de un buzo. Se amarra el barco a la jaula, el buzo se lanza al agua con un cabo. El buzo amarra un cabo al copo de la jaula y el otro extremo está sujeto en la grúa. La grúa levanta el copo, de este modo los peces se ven atrapados en un menor espacio y con menos profundidad, de este modo es accesibles con el salabre. Se toman al menos 100 muestras por cada lote y se introducen en la cuba con hielo. Se sigue el mismo procedimiento que con la dorada. El proceso de levantar el copo es mucho más problemático ya que se necesita más personal, más tiempo de trabajo y provoca stress a los peces y en ocasiones muerte súbita de estos, por lo cual se intenta evitar siempre que sea posible.



Figura 8. Proceso de levantar el copo para realizar un muestreo de lubina.

2.3. Control sanitario

En **Bersolaz** como empresa perteneciente al grupo **Culmarex** se seguía un plan de vigilancia zoonosanitaria. Para los controles rutinarios se toman de 15 a 30 peces según lo que se va analizar. Para el estudio histopatológico se abren y se sacan los órganos internos (musculo, branquias, intestino, hígado, riñón y bazo), estos se colocan en recipientes con formol 10%. Los peces enteros (sin órganos) se colocan también en un bote de formol 10%, y todo será mandado al laboratorio. También se envían los peces en fresco por mensajería a los laboratorios del grupo (*Figura 9*), para control del número de parásitos monogéneos en agallas de doradas de primer año (*Sparicotyle chrysophrii*) y otros análisis. Para control de nodavirus (causantes de Encefalopatía y retinopatía viral lubina en lubina) se mandan muestras de cerebro fijadas (técnica de PCR).

Directamente en el laboratorio propio de la empresa siempre que se presentaba una mortalidad anómala se realizan: análisis visual externo e interno, siembra para cultivos en medios generales (agar sangre) de riñón y cerebro, frotis de bazo y sangre, tinción de los frotis, observación de las tinciones en microscopio para buscar bacterias... Para estas pruebas se elegían 10 bajas frescas o peces moribundos siempre que se podía.



Figura 9. Modo de envío de las muestras a analizar al laboratorio del grupo Culmarex.

Se realizó un seguimiento específico de 4 jaulas de dorada de segundo año que mostraban un porcentaje de lesiones de "Rash" cutáneo ulcerativo muy elevado (80-90%) y que se fue estabilizando sin necesidad de tratar las jaulas durante el mes de Julio (es un problema que se resuelve al subir la temperatura). El Rash causa una gran morbilidad pero no causa mortalidad si no es por infecciones secundarias. Es un problema emergente en esteros y jaulas marinas de dorada y el principal problema es que no permite la comercialización. Se piensa que se trata de una enfermedad polibacteriana aunque hay otras hipótesis como son reacciones de hipersensibilidad, alteraciones metabólicas o procesos autoinmunes (*Figura 10*).



Figura 10. Rash en piel de dorada.

La empresa tiene una buena política de profilaxis para evitar contagios, por eso realiza cambios continuos de redes, así disminuye los sistemas patológicos existentes. Y si encuentran una infección por parásitos, a estas jaulas se le realiza un cambio de red y un baño de formol. Durante la estancia en prácticas los niveles de parásitos (monogeneos) eran muy bajos y no fue necesario baños de formol, método que causa un gran estrés a los peces y movimiento de personal importante. Mientras que si la infección viene por bacterias, se le suministrará pienso medicado. Muchas veces la mortalidad encontrada no viene debido a parásitos, bacterias o virus, sino a la ingesta de materiales que la corriente introduce en la jaula (plásticos). También es un problema emergente el síndrome de muerte súbita en lubina, que puede llegar a presentar mortalidades elevadas 0,5-5%. El único método para

combatirlo es evitar en todo lo posible el estrés de los peces o llevar a cabo planes de selección genética.

3. Investigación realizada

3.1. Tecnología del VICASS

El VICASS (Video Imagen Capture And Size System) es un sistema de estimación de pesos promedios en jaulas de acuicultura comercializado por la empresa AKVA Group. Este sistema está basado en el principio de la medición por fotogrametría y visión estereoscópica, donde se necesita un número par de imágenes, adquiridas de forma sincronizada, donde exista una zona común o zona de solapamiento entre las dos fotos. La estimación del peso del pez se realiza a partir de este par de imágenes, donde el algoritmo transforma los datos biométricos en peso en función de la especie.

Para que el funcionamiento del sistema VICASS sea correcto y los resultados finales fiables, se debe tener en cuenta una serie de factores: que las cámaras siempre apunten hacia el centro de la jaula para que las imágenes sean buenas, cuando se amarra el barco a la jaula tener en cuenta de no tener el sol de frente, empezar a tomar las imágenes cuando se vea en la pantalla del ordenador de campo que son adecuadas y si es necesario alternar la profundidad. El sistema óptico realiza una captura de imágenes cada 2 segundos, una cantidad de 500 imágenes por jaula en el modo automático, si se observa en la pantalla del ordenador de campo que las imágenes son buenas se puede sacar el VICASS del agua cuando lleva unas 300 imágenes y dirigirse a otra jaulas para acelerar los muestreos.

El sistema VICASS está compuesto de las siguientes partes:

- ❖ Dos cámaras (una encima de otra) dentro de un armazón metálico que las protege. Las imágenes son en blanco y negro para que ocupen menos memoria y mayor rapidez de trabajo. Aunque existen versiones de VICASS más actuales donde las imágenes se toman en color y todo el conjunto (cámaras y armazón) es más pequeño y menos pesado (*Figura 11*).

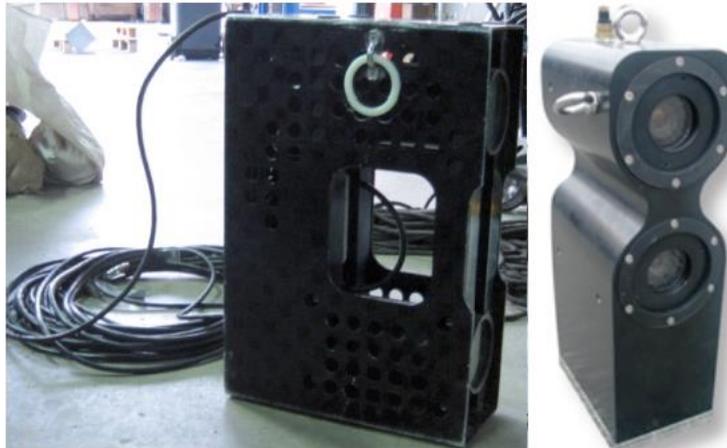


Figura 11. VICASS utilizado en la investigación (derecha), VICASS actual (izquierda).

- ❖ Ordenador de Campo. Podemos elegir la forma de toma de las imágenes (manual o automática), nombrar la jaula en la que estamos tomando las imágenes y finalmente almacenar las imágenes. Aunque el conjunto es estanco para evitar posibles entradas de agua en el instrumento hay que colocarlo en la parte más segura de la embarcación (puente de mando) para mayor seguridad. En el VICASS actual el ordenador de campo ha sido cambiado por una *tablet* estanca (Figura 12).



Figura 12. Ordenador de campo utilizado en la investigación, tablet VICASS actual.

- ❖ Fuente de alimentación. La fuente de alimentación puede ser una batería de 12 V o la red eléctrica a 220V.
- ❖ Cable largo para transmitir las imágenes de las cámaras sumergidas a la profundidad deseada en la jaula al ordenador de campo.

- ❖ Cabos para poder bajar la cámara en la jaula y poder mantenerla recta enfocando hacia el centro de esta.
- ❖ Software informático: Es el programa que lleva el sistema VICASS se instala en el ordenador personal y se utiliza en tierra para poder procesar todas las imágenes obtenidas en campo. El programa nos calcula el peso en función de lo largo y ancho del pez.

El método de procesar las imágenes es sencillo, consiste en identificar a un mismo pez en ambos fotogramas. Seguidamente se debe clicar con el ratón la longitud furcal y la altura máxima del pez en ambos fotogramas como se muestra en la *Figura 13*. Una vez marcadas ambas imágenes el programa calcula el peso en kilogramos y la longitud y altura en centímetros (*Figura 14*), teniendo en cuenta un algoritmo propio de la especie (dorada y lubina) que introducimos al inicio, la distancia en cm desde las cámaras y las coordenadas de los cuatro puntos que determinan la longitud furcal y la altura máxima.

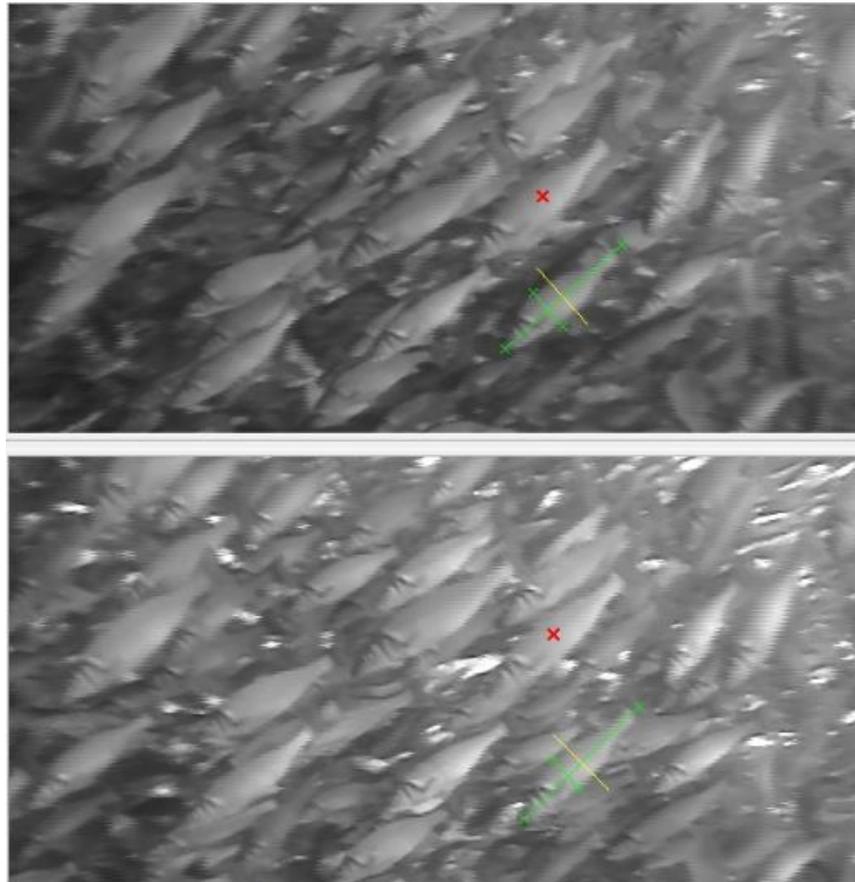


Figura 13. Método de análisis de los peces con el software del sistema VICASS

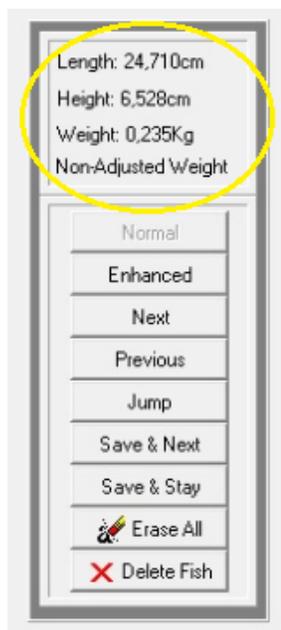


Figura 14. Valores calculados por el software de VICASS

3.2. Materiales y métodos

Las instalaciones donde se han llevado a cabo las prácticas y la investigación se encuentran en la localidad del Puerto de Sagunto en la empresa **Bersolaz**, perteneciente al grupo **Culmarex**. Las oficinas y las naves para almacenar el pienso se encuentran dentro del recinto portuario enfrente de la dársena pesquera. Sus instalaciones en el mar se encuentran a 3 millas del puerto, en la dirección Este (sobre 45 minutos a una velocidad de 5 nudos). En las cuales se encuentran 60 jaulas marinas de 25 metros de diámetro (el calado y la luz de red dependen de si contienen juveniles o adultos). Las jaulas están colocadas en trenes de 6x2 en 5 fases (2 fases corresponden a Acuimed y 3 fases a Costa Blanca), en la orientación E-W. En ellas se reparte la producción de dorada y lubina (también un lote de corvina a modo de prueba).

La investigación se realizó en las jaulas de dorada (*Sparus aurata*) D21J13, D32J01, D34J35, D35J34 y D40J02. Donde los pesos medios del comienzo del experimento son de 160 a 220 g y un número promedio de peces por jaula de 250.000 a 320.000. Todas las jaulas son de la generación 2013. La procedencia de las doradas de estas jaulas es diferente entre ellas, mientras 3 jaulas vienen de un criadero propio del grupo Culmarex (acuicultura balear, ABSA) las otras dos vienen de un criadero de FMD. El Coeficiente de Variación en el

momento de estabulación oscila entre 16% y 24% y el peso medio de inicio entre 10 y 11 gramos (*Tabla 1*).

Tabla 1. Datos de inicio en jaulas de dorada 2013.

	Estabulación			
	Proveedor	Fecha	P _{medio} (g)	C.V
D21	FMD	22/02/2013	10	23,8%
D32	CULMAREX	06/05/2013	11	16,1%
D34	CULMAREX	14/05/2013	11	18,2%
D35	CULMAREX	14/05/2013	11	22,8%
D40	FMD	28/06/2013	10	22,0%

Y en las jaulas de lubina (*Dicentrarchus labrax*) L37J08, L38J09, L39J06, L44J52 y L48J50. Donde los pesos medios del comienzo del experimento son de 110 a 220 g y un número promedio de peces por jaula de 260.000 a 330.000. Todas las jaulas son de la generación 2013. La procedencia de las doradas de estas jaulas es diferente entre ellas, 4 jaulas vienen de un criadero de LPS y la otra viene del grupo Andromeda. El Coeficiente de Variación en el momento de la estabulación varía entre 18% y 22% y el peso medio de inicio entre 10 y 13 gramos (*Tabla2*).

Tabla 2. Datos de inicio en jaulas de lubina 2013.

	Estabulación			
	Proveedor	Fecha	P _{medio} (g)	C.V
L37	LPS	11/06/2013	13	21,7%
L38	LPS	13/06/2013	13	21,2%
L39	LPS	26/06/2013	11	21,6%
L44	LPS	05/07/2013	10	18,4%
L48	ANDROMEDA	08/08/2013	12	22,7%

El experimento duró 52 días (meses de Junio y Julio), donde se logró engordar entre 60 y 110 gramos en todas las jaulas. Los muestreos se realizaban cada dos semanas aproximadamente (15 días) siempre que la logística lo permitía. Se realizaron cuatro muestreos en total.

3.3. Resultados y discusión

Comparación de los sistemas de muestreo VICASS y biometrías. Como se ha comentado anteriormente, durante la investigación realizada en prácticas en la empresa **Bersolaz** se hicieron cuatro muestreos a 10 jaulas (5 de dorada y 5 de lubina), utilizando la técnica VICASS y biometrías clásicas. Los muestreos se realizaban cada dos semanas aproximadamente, donde se procesaban 100 peces de entre 500 imágenes con el VICASS y entre 100 y 200 con la biometría normal (peces sacrificados). Para los dos métodos utilizados se calcularon los pesos medios y los errores absolutos y relativos, en la *Tabla 3* y *4* se exponen todos los valores encontrados para dorada y lubina respectivamente.

Tabla 3. Tablas resumen de los cuatro muestreos de VICASS y biometrías clásicas en dorada.

	M1				M2			
	Pesomedio (g)				Pesomedio (g)			
	Biometría	VICASS	Diferencia (g)	Errorrelativo	Biometría	VICASS	Diferencia (g)	Errorrelativo
D21	236	227	9	4%	250	246	4	2%
D32	162	92	70	43%	192	113	79	41%
D34	140	184	-44	-31%	202	198	4	2%
D35	189	212	-23	-12%	214	218	-4	-2%
D40	153	146	7	5%	173	160	13	8%
	Errormedio absoluto (g)		31		Errormedio absoluto (g)		23	

	M3				M4			
	Pesomedio (g)				Pesomedio (g)			
	Biometría	VICASS	Diferencia (g)	Errorrelativo	Biometría	VICASS	Diferencia (g)	Errorrelativo
	318	281	37	12%	337	305	32	10%
	225	225	0	0%	243	240	3	1%
	197	216	-19	-10%	243	219	24	10%
	188	241	-53	-28%	254	279	-25	-10%
	198	193	5	3%	208	178	30	15%
	Errormedio absoluto (g)		27		Errormedio absoluto (g)		21	

Tabla 4. Tablas resumen de los cuatro muestreos de VICASS y biometrías clásicas en lubina.

	M1				M2			
	Pesomedio (g)				Pesomedio (g)			
	Biometría	VICASS	Diferencia (g)	Errorrelativo	Biometría	VICASS	Diferencia (g)	Errorrelativo
L37	212	184	28	13%	211	230	-19	-9%
L38	209	213	-4	-2%	240	215	25	10%
L39	229	212	17	7%	260	237	23	9%
L44	183	168	15	8%	211	198	13	6%
L48	112	123	-11	-10%	114	138	-24	-21%
	Errormedio absoluto (g)		15		Errormedio absoluto (g)		20	

	M3				M4			
	Pesomedio (g)				Pesomedio (g)			
	Biometría	VICASS	Diferencia (g)	Errorrelativo	Biometría	VICASS	Diferencia (g)	Errorrelativo
	270	247	23	8%	269	283	-15	-5%
	268	254	14	5%	302	294	8	3%
	258	274	-16	-6%	344	294	50	14%
	259	220	39	15%	271	259	12	4%
		128			155	178	-23	-15%
	Errormedio absoluto (g)		23		Errormedio absoluto (g)		21	

El error medio absoluto se encuentra entre 21 y 31 gramos en los muestreos de dorada y entre 15 y 23 gramos en los muestreos de lubina. Es un error bastante elevado y se debe a que en todos los muestreos siempre hay algún dato ya sea de las biometrías clásicas o del sistema VICASS que da valores anómalos, no esperados a priori. Esto es debido en el sistema VICASS a que muchas veces en el momento de analizar las imágenes, el proceso de marcar los 100 peces es difícil ya que las imágenes son muy borrosas o los peces se encuentran muy lejanos o muy cercanos o los peces no coinciden en las dos imágenes si se encuentran muy cercanos. En el caso de las biometrías clásicas solo se cogen entre 100 y 200 peces y puede ser que a veces la proporción de colas o cabezas sea muy elevada por alguna circunstancia y dé como resultado valores no representativos.

En el tercer muestreo no se pudo capturar peces para la biometría clásica de lubina en el lote L48, por lo que no se tiene el peso medio para la biometría clásica de ese punto. Las mayores diferencias se encuentran en el lote de dorada D32 en el primer y en el segundo muestreo (70 gramos y 79 gramos respectivamente), esto se debe a que las imágenes de VICASS mostraban los peces muy lejanos y a la hora de hacer el análisis salen valores muy inferiores a la realidad y conlleva que los errores relativos y absolutos sean mayores que los de lubina.

Las *Figuras 15 y 16* muestran la comparación del VICASS con la Biometría considerando los pesos medios de todos los muestreos para dorada y lubina respectivamente. Como se puede observar en el caso de los muestreos de dorada el R^2 es de 0,7597 con un error medio absoluto de 19 gramos (se eliminaron dos puntos del VICASS) que subestimaban el peso real. En el caso de los muestreos de lubina se obtuvo un R^2 de 0,8795 con un error medio absoluto de 20 gramos.

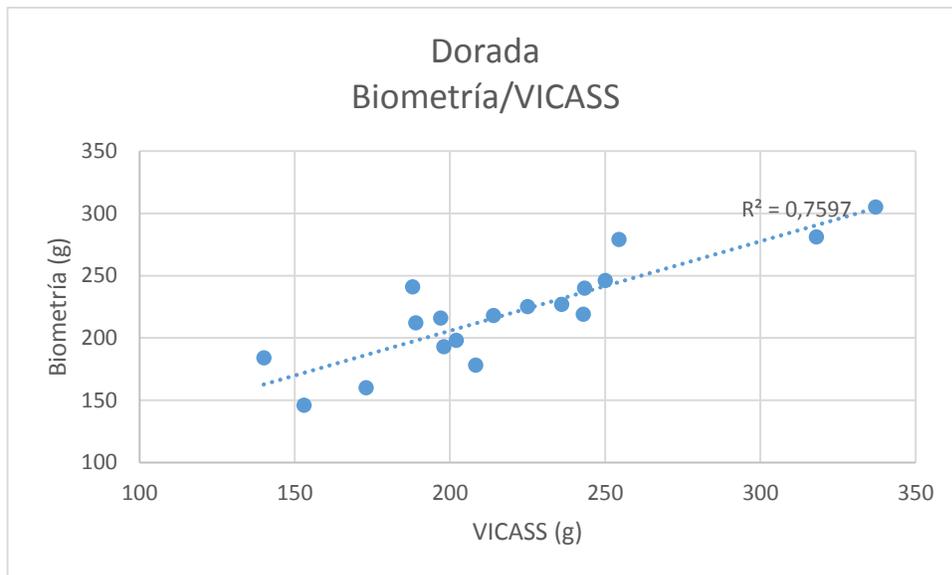


Figura 15. Comparación de los cuatro muestreos de dorada para biometrías y VICASS.

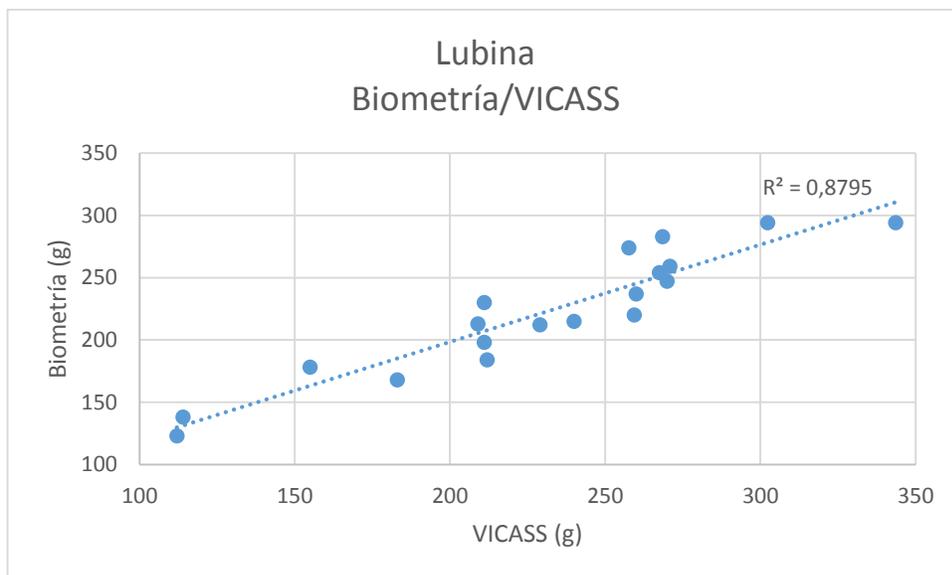


Figura 16. Comparación de los cuatro muestreos de lubina para biometrías y VICASS.

Comparación de los sistemas de muestreo VICASS y biometrías con los datos propios de crecimiento de la empresa. La empresa facilitó los datos de producción durante el periodo en que se realizaron las prácticas y la investigación. De este modo es posible una comparación de los resultados del sistema de *Bersolaz*, con los resultados obtenidos utilizando los muestreos (VICASS y Biometrías). En la *Tabla 5* se resumen todos los datos propios de la empresa para cada punto de los muestreos. Como son: el número de peces,

el peso medio, la biomasa, la temperatura, el pienso acumulado y el % de proteína del pienso.

Tabla 5. Tabla resumen de los datos según el modelo de crecimiento de la empresa.

		Bersolaz								
		Lote	Jaula	Nº peces	P _{medio} (g)	Biomasa (kg)	T ^a	T ^a efectiva	Pienso (kg)	% proteína
09/06/2014	M1	D21	j13	274770	224	61548	20	8	693	42
19/06/2014	M2	D21	j13	274037	243	66481	22	10	8747	42
10/07/2014	M3	D21	j13	271001	289	78319	24	12	28436	42
31/07/2014	M4	D21	j13	270316	329	89015	27	15	47995	42
09/06/2014	M1	D32	j01	279958	158	44121	20	8	544	42
19/06/2014	M2	D32	j01	279702	176	49200	22	10	7770	42
10/07/2014	M3	D32	j01	276358	229	63258	24	12	28371	42
31/07/2014	M4	D32	j01	276328	275	76101	27	15	49444	42
09/06/2014	M1	D34	j35	298909	169	50396	20	8	610	42
19/06/2014	M2	D34	j35	298020	184	54865	22	10	6871	42
10/07/2014	M3	D34	j35	296164	224	66459	24	12	26219	42
31/07/2014	M4	D34	j35	294884	272	80061	27	15	47029	42
09/06/2014	M1	D35	j34	261763	177	46306	20	8	591	42
19/06/2014	M2	D35	j34	256674	196	50411	22	10	7413	42
10/07/2014	M3	D35	j34	244235	246	60155	24	12	22215	42
31/07/2014	M4	D35	j34	236038	289	68309	27	15	38829	42
09/06/2014	M1	D40	j02	320532	158	50676	20	8	665	42
19/06/2014	M2	D40	j02	319875	175	56042	22	10	8433	42
10/07/2014	M3	D40	j02	319275	209	66569	24	12	26353	42
31/07/2014	M4	D40	j02	318851	245	78246	27	15	44990	42
09/06/2014	M1	L37	j08	278745	216	60265	20	8	630	42
19/06/2014	M2	L37	j08	278485	231	64246	22	10	6470	42
10/07/2014	M3	L37	j08	276651	249	68997	24	12	24150	42
31/07/2014	M4	L37	j08	276242	287	79226	27	15	40165	42
09/06/2014	M1	L38	j09	281887	210	59281	20	8	675	42
19/06/2014	M2	L38	j09	281787	224	63205	22	10	6326	42
10/07/2014	M3	L38	j09	279262	270	75401	24	12	24929	42
31/07/2014	M4	L38	j09	278868	316	88234	27	15	45524	42
09/06/2014	M1	L39	j06	266073	207	55157	20	8	627	42
19/06/2014	M2	L39	j06	265933	228	60526	22	10	8366	42
10/07/2014	M3	L39	j06	263693	291	76682	24	12	29562	42
31/07/2014	M4	L39	j06	263503	348	91620	27	15	53889	42
09/06/2014	M1	L44	j52	333957	167	55671	20	8	350	42
19/06/2014	M2	L44	j52	331771	181	60150	22	10	6908	42
10/07/2014	M3	L44	j52	298446	240	71717	24	12	25512	42
31/07/2014	M4	L44	j52	297777	279	83080	27	15	43152	42
09/06/2014	M1	L48	j50	276532	113	31303	20	8	275	42
19/06/2014	M2	L48	j50	276234	125	34474	22	10	4225	42

Se observa que la investigación duro 52 días (09/06/2014-31/07/2014) y que los muestreos no son exactamente cada 15 días ya que por motivos técnicos o climáticos se pudieron atrasar o adelantar. Como se ha comentado solamente se falló en la biometría clásica del

tercer muestreo (M3) en el lote L48 de lubina, no se consiguieron capturar suficientes peces para que la muestra fuera representativa.

Gráficos de crecimiento. Se han graficado los crecimientos durante el periodo de la investigación para una buena apreciación visual, de todos los lotes, de los cuatro muestreos y con todos los sistemas (datos empresa, biometrías y VICASS). Como se ve en las *Figuras 17 y 18*.

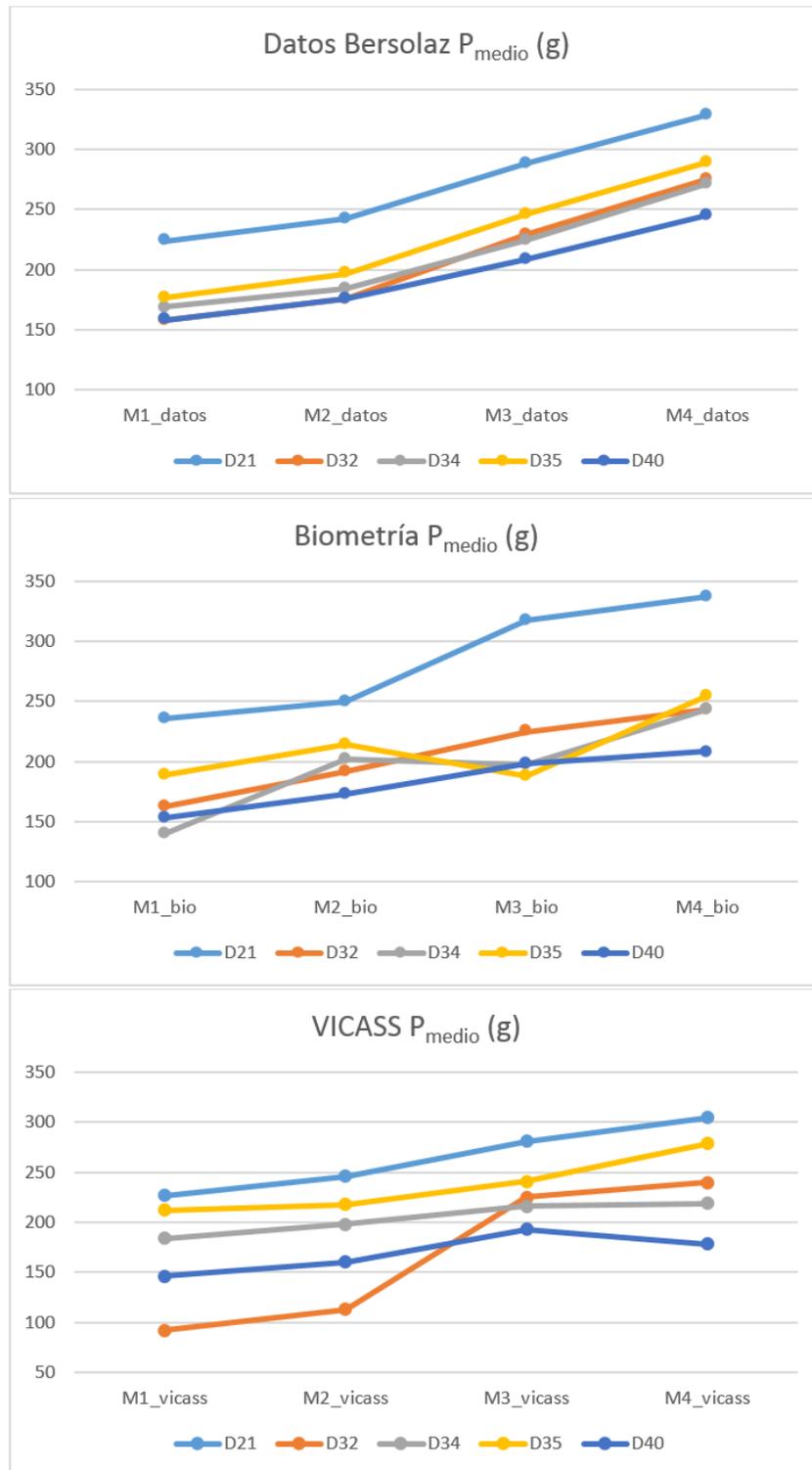


Figura 17. Gráficos del crecimiento para los puntos de muestreo en los lotes de dorada (datos de la empresa, biometrías y VICASS).

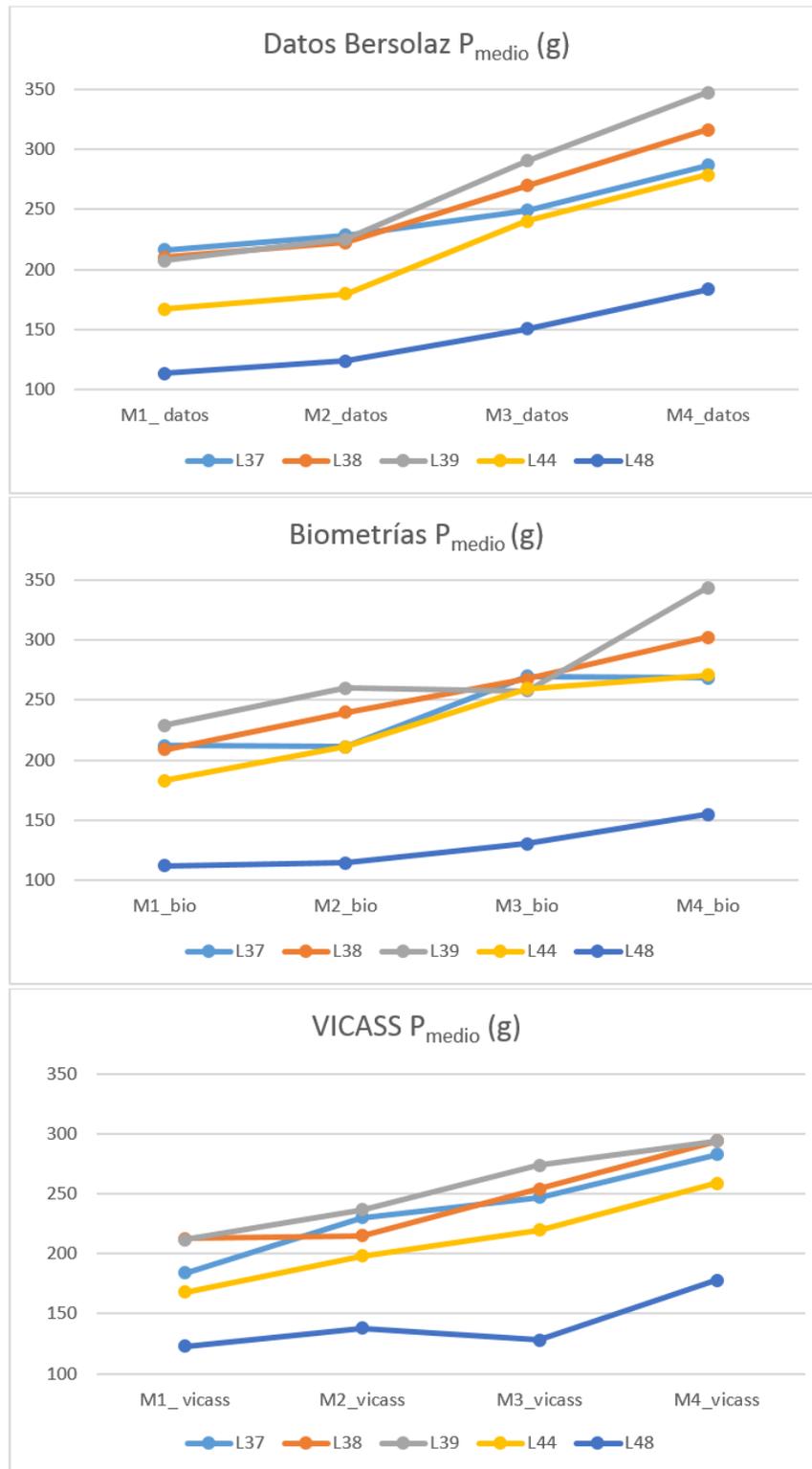


Figura 18. Gráficos del crecimiento para los puntos de muestreo en los lotes de lubina (datos de la empresa, biometrías y VICASS).

Visualmente se observa como el crecimiento con los datos de VICASS y biometrías es el adecuado y semejante al esperado con los datos de la empresa. Existen algunos puntos tanto con el VICASS como con las biometrías clásicas donde el peso promedio en un muestreo anterior es igual o superior al muestreo siguiente. Esto no debería ocurrir, pero hay que tener en cuenta que siempre se trabaja con un número de peces muy bajo (100-200) frente a una población muy elevada y con alta dispersión. Y para que una muestra sea representativa tiene que contener internamente la misma diversidad que la población de la que procede y puede que en algunos muestreos falle.

Coefficiente de Variación. Se calculó el coeficiente de variación (C.V) para todos los datos obtenidos con el VICASS y las biometrías clásicas y se comparó con los C.V de esos lotes en el momento de la estabulación (*Tabla 6*). La fórmula del C.V expresa la desviación estándar como porcentaje de la media aritmética, mostrando una mejor interpretación porcentual del grado de variabilidad que la desviación típica o estándar. A mayor valor del C.V mayor dispersión en el lote y a menor C.V menor dispersión en el lote.

Tabla 6. Coeficientes de Variación (C.V) según los datos de las biometrías y el sistema VICASS.

	Coeficiente de varianza									
	Biometría					VICASS				
	M1	M2	M3	M4	C.Vpromedio	M1	M2	M3	M4	C.Vpromedio
L37	29%	32%	27%	21%	27%	32%	29%	28%	25%	28%
L38	26%	25%	22%	28%	25%	28%	26%	25%	32%	28%
L39	30%	22%	25%	28%	26%	27%	28%	30%	25%	28%
L44	31%	30%	27%	29%	29%	26%	24%	27%	28%	26%
L48	31%	33%		34%	33%	31%	32%	34%	34%	33%
					28%					29%

	Coeficiente de varianza									
	Biometría					VICASS				
	M1	M2	M3	M4	C.Vpromedio	M1	M2	M3	M4	C.Vpromedio
D21	35%	33%	32%	30%	32%	35%	31%	27%	35%	32%
D32	44%	36%	33%	36%	37%	47%	40%	34%	36%	39%
D34	45%	29%	36%	31%	35%	35%	32%	29%	33%	32%
D35	31%	29%	39%	32%	33%	25%	25%	29%	28%	27%
D40	44%	39%	42%	42%	42%	42%	35%	36%	33%	37%
					36%					33%

Los C.V promedio finales de cada lote son muy parecidos en el caso del sistema VICASS comparado con las biometrías clásicas, lo que indica que los dos métodos están siendo

representativos de la dispersión que existe en los lotes. En el caso de la lubina los C.V son 28% en biometrías y un 29% en el VICASS y en la dorada algo mayores 36% en biometrías y un 33% en VICASS. Los C.V en la estabulación se exige a los proveedores que estén sobre el 20% como se ve en los datos mostrados en las *Tablas 1 y 2*, el mayor C.V lo tenía el lote D21 con casi un 24%. La dispersión de la acuicultura en jaulas marinas es mayor que la acuicultura en tierra ya que no se realizan desdobles para juntar a los peces de tamaños similares y tener crecimientos más uniformes. Existe la tecnología para poder realizar estos desdobles pero no son rentables a las empresas por la cantidad de tiempo, material que hay que invertir y el estrés que provocan a los peces. Por esto el C.V inicial de estabulación ha aumentado hasta el 30% incluso cerca del 40% en algunas jaulas.

Calculo del Factor K. Aprovechando que con el sistema VICASS al procesar las imágenes se obtiene el peso medio y también la longitud y anchura del pez se midieron las longitudes de lubina de algunos lotes de biometrías clásicas para poder comparar mediante el factor de condición (Factor K). El Factor K expresa, en peces, la relación volumétrica en función del peso, según la expresión matemática es: $K = P \times 100 / L^3$, P (g), L (cm). Por cuestión de tiempo solo se pudo realizar en los muestreos M1 (L48) y M2 (L39) en los cuales se midieron manualmente 100 peces (lubina). En la *Tabla 7* se muestran los resultados.

Tabla 7. Factor K y longitud media de los lotes de lubina L39 y L48.

M1					
L48 _{bio}			L48 _{VICASS}		
L _{media} (cm)	P _{medio} (g)	Factor K	L _{media} (cm)	P _{medio} (g)	Factor K
20,7	115,9	1,26	20,1	123,2	1,49
M2					
L39 _{bio}			L39 _{VICASS}		
L _{media} (cm)	P _{medio} (g)	Factor K	L _{media} (cm)	P _{medio} (g)	Factor K
26,3	261,3	1,36	25,5	237,2	1,41

El Factor K mostrado en la *Tabla 7* es el promedio de todos los Factores K calculados para cada pez. Se observa que es mayor en ambos casos con los datos del VICASS. Esto indica que al marcar la longitud en las imágenes del VICASS se puede estar subestimando un poco, aunque las longitudes medias finales son muy parecidas en los dos sistemas, la diferencia está más relacionada con el peso medio final obtenido en estos dos muestreos.

Cálculo de índices. Utilizando los datos globales de estudio, se calculó la supervivencia de cada jaula y el Coeficiente de Eficacia de Crecimiento (PER), la Tasa de Alimentación Diaria (TAD), la Tasa de Crecimiento Instantáneo (TCI) y el Índice de Conversión del Alimento (ICA). El ICA se calculó teniendo en cuenta los animales muertos y sin ellos, ya que desde un punto

de vista empresarial, el ICA que interesa es el real, es decir, sin contar la mortalidad. Se separó en datos obtenidos utilizando el sistema de **Bersolaz**, datos obtenidos las biometrías y por último datos obtenidos con el sistema VICASS (*Tablas 8*).

Tabla 8. Índices calculados con los datos propios de Bersolaz, Biometrías y VICASS.

Bersolaz									
Lote	Jaula	P _{inicial} (g)	P _{final} (g)	Supervivencia (%)	TCI (%/día)	PER	TAD (%/día)	ICA	ICA _{mort.}
D21	j13	224	329	98%	0,74	1,36	1,21	1,75	1,72
D32	j01	158	275	99%	1,07	1,54	1,56	1,55	1,53
D34	j35	169	272	99%	0,92	1,50	1,37	1,59	1,56
D35	j34	177	289	90%	0,94	1,35	1,17	1,76	1,59
D40	j02	158	245	99%	0,84	1,46	1,34	1,63	1,62
L37	j08	216	287	99%	0,55	1,12	1,10	2,12	2,10
L38	j09	210	316	99%	0,79	1,51	1,17	1,57	1,56
L39	j06	207	348	99%	1,00	1,61	1,40	1,48	1,46
L44	j52	167	279	89%	0,99	1,51	1,07	1,57	1,40
L48	j50	113	184	90%	0,94	1,33	1,15	1,79	1,61
Biometrías									
Lote	Jaula	P _{inicial} (g)	P _{final} (g)	Supervivencia (%)	TCI (%/día)	PER	TAD (%/día)	ICA	ICA _{mort.}
D21	j13	236	337	98%	0,69	1,30	1,16	1,83	1,80
D32	j01	162	243	99%	0,78	1,05	1,67	2,26	2,23
D34	j35	140	243	99%	1,06	1,51	1,57	1,58	1,56
D35	j34	189	254	90%	0,57	0,65	1,23	3,67	3,31
D40	j02	153	208	99%	0,59	0,92	1,49	2,59	2,58
L37	j08	212	269	99%	0,46	0,89	1,15	2,66	2,64
L38	j09	209	302	99%	0,71	1,33	1,21	1,79	1,77
L39	j06	229	344	99%	0,78	1,31	1,36	1,82	1,80
L44	j52	183	271	89%	0,76	1,08	1,04	2,21	1,97
L48	j50	112	155	90%	0,62	0,70	1,27	3,41	3,06
VICASS									
Lote	Jaula	P _{inicial} (g)	P _{final} (g)	Supervivencia (%)	TCI (%/día)	PER	TAD (%/día)	ICA	ICA _{mort.}
D21	j13	227	305	98%	0,57	1,00	1,25	2,39	2,35
D32	j01	92	240	99%	1,84	1,95	2,04	1,22	1,20
D34	j35	184	219	99%	0,33	0,49	1,49	4,91	4,84
D35	j34	212	279	90%	0,53	0,64	1,11	3,75	3,38
D40	j02	146	178	99%	0,38	0,53	1,66	4,52	4,49
L37	j08	184	283	99%	0,83	1,59	1,18	1,49	1,48
L38	j09	213	294	99%	0,62	1,15	1,22	2,07	2,05
L39	j06	212	294	99%	0,63	0,93	1,53	2,56	2,53
L44	j52	168	259	89%	0,83	1,16	1,11	2,05	1,83
L48	j50	123	178	90%	0,71	0,95	1,13	2,51	2,25

Datos de Bersolaz. Estos índices son los calculados por el programa utilizado por la empresa. El programa calcula los parámetros cada día y la empresa se encarga mediante

muestreos y datos históricos de crecimiento de calibrar el sistema. Por lo tanto estos no son datos tomados en campo.

Se observa que la supervivencia es superior al 98% en todas las jaulas (menos en tres) durante el periodo de los muestreos. Las jaulas con supervivencia del 90% son los lotes L44, L48, D35 y se trata de un dato preocupante, no existió ningún problema patológico grave responsable de esta mortalidad se trata pues de pérdidas por agujeros en la malla de la red o por muerte súbita de peces (L44 y L48 lotes de lubina). Según los datos de **Bersolaz** se obtiene un crecimiento promedio durante este periodo de 102,5 gramos.

El pienso utilizado tanto para la dorada como para la lubina, tiene una media de 42% de proteína bruta en su composición. El PER tiende a disminuir en función del peso del animal, debido a que conforme el pez va creciendo se va alimentando con piensos con menor contenido de proteína bruta, en este caso son peces de segundo año y todos se están alimentando con el mismo pienso por lo que en principio no se aprecia ninguna tendencia.

El ICA siempre será menor al considerar los peces muertos, porque se eliminan del consumo estas bajas. El ICA en este periodo es en todos los casos inferior a 2 (menos el lote L37). Obteniendo un ICA promedio de todos los lotes de 1,68, se trata de un valor muy bueno ya que los ICA en jaulas marinas suelen ser superiores a 2.

El TCI es un parámetro que tiende a descender a medida que aumenta el peso inicial, debido a que el TCI no tiene en cuenta la temperatura y varía con el tamaño de los peces. En este caso son peces con poca diferencia en la estabulación por lo que muestran pocas diferencias. Todos tienen TCI cercanos a uno (el lote L37 tiene el menor 0,55).

Datos de biometrías clásicas. Analizando los datos obtenidos con las biometrías clásicas se observa que el crecimiento promedio de todas las jaulas es menor que el que se espera con el modelo de la empresa, 80,1 gramos frente a los 102,5 gramos. El ICA aumenta también frente al esperado en el modelo de la empresa, lo que es normal ya que ha disminuido el crecimiento total y el pienso es el mismo. Aparecen valores muy elevados de ICA en los lotes D35 y L48 lo que hace sospechar que las biometrías de esas jaulas no han sido suficientemente representativas (la ganancia de esos dos lotes es casi la mitad de la ganancia de peso del sistema de **Bersolaz** para esos lotes) o que realmente el crecimiento de esas jaulas no ha sido el esperado por fallos en la alimentación o por tratarse de lotes con alto porcentaje de colas.

Datos de VICASS. El crecimiento promedio de todas las jaulas, al igual que ocurre en el caso de biometrías clásicas, es inferior al esperado por el modelo. Con el sistema VICASS se obtiene un crecimiento promedio de 76,8 gramos frente a los 80,1 gramos de las biometrías, que sean valores tan parejos es buena señal de que los valores son representativos ya que alcanzar los crecimientos teóricos es prácticamente imposible. En

tres lotes de dorada, D34, D35 y D40 se han obtenido valores muy altos de ICA lo que nos indica que esas medidas son incorrectas, se obtienen crecimientos totales inferiores a la mitad de los esperados por el modelo Bersolaz. La explicación más probable es por mala calidad de las imágenes o problemas de procesado. Curiosamente la lubina ha dado mucho menos problemas a la hora del procesado con el sistema VICASS que la dorada, cuando a priori es un pez más asustadizo y esquivo y por lo tanto la calidad de las imágenes debería ser peor.

Las diferencias que aparecen son porque el modelo Bersolaz es general, y en la realidad aparecen lotes buenos y malos (lotes con mayoría de cabezas o colas). Hay que aprovechar las biometrías (clásicas y VICASS) para poder detectar lo que le pasa a cada lote y corregir el modelo de forma que se alimente correcta e individualmente cada lote consiguiendo optimizar los ICA.

Por otra parte se ha calculado el Coeficiente de Crecimiento Térmico (CCT) con los datos propios de la empresa, los datos de las biometrías y los datos del VICASS (*Tabla 9*), teniendo en cuenta que la media de temperatura durante los 52 días de la investigación fue de 23°C y tomando una temperatura efectiva de 12°C (los peces no comen por debajo) para dorada y lubina.

Tabla 9. Calculo del CCT para datos de Bersolaz, biometrías y VICASS en lotes de dorada y lubina.

Lote	Jaula	Bersolaz			Biometrías			VICASS		
		Pinicial (g)	Pfinal (g)	CCT	Pinicial (g)	Pfinal (g)	CCT	Pinicial (g)	Pfinal (g)	CCT
D21	j13	224	329	0,00145	236	337	0,00136	227	305	0,00110
D32	j01	158	275	0,00192	162	243	0,00138	92	240	0,00297
D34	j35	169	272	0,00166	140	243	0,00183	184	219	0,00059
D35	j34	177	289	0,00174	189	254	0,00104	212	279	0,00100
D40	j02	158	245	0,00149	153	208	0,00101	146	178	0,00063
				0,00165			0,00132			0,00126

Lote	Jaula	Bersolaz			Biometrías			VICASS		
		Pinicial (g)	Pfinal (g)	CCT	Pinicial (g)	Pfinal (g)	CCT	Pinicial (g)	Pfinal (g)	CCT
L37	j08	216	287	0,00104	212	269	0,00086	184	283	0,00153
L38	j09	210	316	0,00152	209	302	0,00135	213	294	0,00118
L39	j06	207	348	0,00196	229	344	0,00155	212	294	0,00120
L44	j52	167	279	0,00180	183	271	0,00139	168	259	0,00150
L48	j50	113	184	0,00149	112	155	0,00096	123	178	0,00114
				0,00156			0,00122			0,00131

Los rangos de valores de CCT para dorada están entre $0.869 \pm 0.190 \cdot 10^{-3}$ y para lubina entre $0.667 \pm 0.120 \cdot 10^{-3}$, según (Kaushik 1998). En el caso de la lubina da valores de CCT altos principalmente con los datos de **Bersolaz**. En la dorada se obtienen valores dentro del rango

en todos los casos menos en el VICASS, en el lote D32 se obtiene un valor muy elevado 0,003 y en los lotes D34 y D40 se obtienen valores bajos, 0,0006. Los valores medios finales son siempre mayores con los datos del sistema de **Bersolaz** y dan valores muy parecidos con las biometrías y con el VICASS tanto en dorada como en lubina.

Parámetros económicos. También se calcularon los parámetros económicos para poder comparar si el empleo de las técnicas de muestreo frente al sistema de crecimiento de la empresa, implicaba un mayor beneficio (*Tabla 10*). El Índice de Conversión Económico (ICE, €/Kg) es el producto del Índice de Conversión del Alimento (ICA), sin contar la mortalidad para conocer los valores reales de producción, por el precio de venta del pienso (0,95 €/Kg). Para el Índice de Beneficio Económico (IBE, €/pez) es necesario saber el precio de venta de la lubina y la dorada. Hemos tomado los valores de primera venta de la red de mercas (www.mispecies.com) para lubina y dorada de menos de 600 gramos. 5,42 €/Kg para dorada y 5,62 €/Kg para lubina.

Tabla 10. Resumen de los datos económicos (ICE y IBE) para datos de Bersolaz, biometrías y VICASS.

Lote	Jaula	Bersolaz				Biometrías				VICASS			
		Pinicial (g)	Pfinal (g)	ICE (€/Kg)	IBE (€/pez)	Pinicial (g)	Pfinal (g)	ICE (€/Kg)	IBE (€/pez)	Pinicial (g)	Pfinal (g)	ICE (€/Kg)	IBE (€/pez)
D21	j13	224	329	1,66	1,61	236	337	1,74	1,65	227	305	2,27	1,48
D32	j01	158	275	1,47	1,32	162	243	2,14	1,14	92	240	1,16	1,13
D34	j35	169	272	1,51	1,32	140	243	1,50	1,16	184	219	4,66	1,02
D35	j34	177	289	1,68	1,38	189	254	3,49	1,15	212	279	3,56	1,27
D40	j02	158	245	1,55	1,19	153	208	2,46	0,99	146	178	4,29	0,83
L37	j08	216	287	2,01	1,47	212	269	2,53	1,37	184	283	1,42	1,45
L38	j09	210	316	1,49	1,62	209	302	1,70	1,54	213	294	1,97	1,49
L39	j06	207	348	1,40	1,76	229	344	1,73	1,73	212	294	2,43	1,45
L44	j52	167	279	1,50	1,40	183	271	2,10	1,34	168	259	1,95	1,28
L48	j50	113	184	1,70	0,91	112	155	3,24	0,73	123	178	2,38	0,87

Como es comprensible, a medida que aumenta el peso de los peces aumenta el ICE, debido a que cuesta más engordar un kilo. Pero a mayor peso de pez, se obtiene un mayor beneficio (IBE), de este beneficio se tiene que descontar el coste de producción de la empresa. El peso medio de venta para que la producción sea rentable tiene que estar entre 450-600 gramos, por lo que el IBE tiene bastante margen de aumento. Los ICE marcados en rojo tienen valores muy elevados y con mala rentabilidad relacionados con los ICA que hemos explicado con anterioridad. Se observa que la lubina siempre tiene mejores IBE ya que su precio de venta es algo superior al de dorada, en este estudio están bastante parejos porque según los datos actuales de la red de mercas se han acercado mucho, aunque históricamente la diferencia siempre ha sido mucho mayor.

Análisis de la dispersión. Aprovechando que en el último muestreo (M4) dos lotes presentaban pesos promedios que se acercaban al momento de ser pescados y comercializados se analizó la dispersión que mostraban según las biometrías clásicas y el VICASS (*Tabla 11*). Eran los lotes L39 de lubina con pesos promedios de 344 gramos según

las biometrías y 294 según el VICASS y el lote D21 de dorada con pesos promedio de 337 gramos según las biometrías y 305 gramos según el VICASS. Se analizaron los porcentajes según las tallas del **Grupo Culmarex** para peces de ración, los divide en tres grupos: 300-400 gramos, 400-600 gramos, 600-800 gramos.

Tabla 11. Análisis de la dispersión en los lotes L39 y D21 según tallas comerciales del Grupo Culmarex.

	VICASS			Biometrías		
	300-400 (g)	400-600 (g)	600-800 (g)	300-400 (g)	400-600 (g)	600-800 (g)
D21	28%	21%	0%	42%	26%	0
L39	46%	8%	0%	48%	20%	1%

Los datos muestran que en el caso del lote D21 solo el 50% aproximadamente entre en tallas comerciales, y no hay peces que lleguen a la talla comercial mayor y por tanto más cara. En el lote L39 es mayor el porcentaje de peces en talla comercial se encuentra entre el 60% y el 70% pero al igual que el D21 no hay peces de la talla comercial mayor. Si se realizaran desdobles y a la hora de pescar una jaula los porcentajes se concentraran solamente en una talla la rentabilidad sería muy superior ya que se pescaría el lote con tallas grandes y sabiendo con antelación los porcentajes se facilitaría la comercialización. En el caso de la lubina los desdobles se hacen prácticamente imposibles, no ya por la dificultad material, personal y de tiempo que implican si no por la facilidad al estrés de la especie, pero en la dorada siguen siendo una posibilidad real que las empresas no se deciden a llevar a cabo

VICASS vs Biometrías. Como ya se ha comentado el VICASS es un sistema no invasivo de muestreo, donde no se ocasiona muerte ni stress a los peces. Pero el uso del VICASS también tiene otras ventajas. Proporciona un ahorro de personal y material, debido a que no es necesario realizar la biometría característica que se realizó en este estudio y de este modo no existiría un riesgo de rotura de la red, debido al tensado excesivo al levantar el copo (necesario en biometrías de lubina); ni un riesgo para el buzo y operarios que realizan esta labor. En su contra el análisis de las imágenes de VICASS es mucho más costoso que el proceso de pesar los peces en las biometrías clásicas, pero nos da más datos directamente (longitud y anchura del pez). Como se ha dicho en este estudio no se tuvo problemas a la hora de analizar las imágenes de lubina y si algunos más con las imágenes de dorada, lo que hace al sistema VICASS un método muy apropiado para esta especie ya que sufre muchos problemas de estrés que pueden causar muerte súbita al realizar biometrías clásicas (levantamiento de copo).

4. Posibles mejoras y futuros proyectos

Los principales problemas que observe durante la estancia en prácticas y las posibles mejoras que se deberían o se están llevando son los siguientes:

- ❖ Las instalaciones principales (las jaulas) se encuentran en el mar esto implica que en función de cómo se encuentre este, se podrá trabajar o no, la última palabra siempre la tiene el patrón de cada embarcación. También puede provocar roturas en las estructuras. Lo único que se puede hacer y se lleva a cabo es el control y el continuo mantenimiento preventivo de las instalaciones, en cuanto al día o los días que los peces no comen se podría aumentar la toma del día siguiente como se ha visto en investigaciones de crecimiento compensatorio (Díaz 2003, Egea 2002).
- ❖ Por la situación de la empresa y al ser absorbida por el **Grupo Culmarex**, se han producido ajustes de plantilla, por lo tanto no se puede realizar los procesos de la misma forma que se hacían cuando era una empresa independiente, además se tienen que adaptar a formas de trabajo estandarizadas del grupo para todas sus empresas. Actualmente no existe control por parte de los buzos a la hora de la alimentación, por eso cuando los peces no están comiendo en superficie no se sabe si están comiendo a más profundidad o el pienso se está perdiendo en el fondo. Los buzos realizan sus itinerarios de supervisión de las jaulas, y ocasionalmente pueden coincidir con la alimentación de esas jaulas y poder dar esta información tan importante.
- ❖ También han pasado de tener siete embarcaciones a solo cinco, el **Grupo Culmarex** ha repartido en otras de sus empresas un barco silo de alimentación y un barco pequeño de estructura o alimentación, lo que ocasiona que ante la avería de alguna embarcación no se pueden realizar labores de estructura o muestreos los días en que estaban previstos (la alimentación siempre es prioritaria) lo que conlleva ir atrasando y acumulando faenas. Dado el volumen de jaulas que maneja **Bersolaz**, quizá fuera necesario disponer de alguna embarcación mas
- ❖ Un problema muy común es la entrada en las jaulas de depredadores, tanto aves como peces (*Figura 19*). Y también la atracción de peces por la salida del pienso de las jaulas (*Figura 19*). Durante la estancia en prácticas se observó la entrada de muchas garzas en jaulas de alevines porque era temporada estival, pero en invierno la mayoría de aves son cormoranes que depredan sobre peces de hasta 500 gramos. Se está mejorando colocando soportes para la red anti-pájaros más altos y amplios lo que permite tensar la red y evitar las entradas. La entrada de peces era mayoritaria de mújoles de gran tamaño, que no son muy problemáticos ya que no estresan a los peces ni les quitan alimento (se alimentan principalmente de heces y desechos) pero también se comprobó, como se ve en la *Figura 20* que muchas

jaulas presentabas alto número de dorados (*Pomatomus saltratrix*) que al tratarse de un fuerte depredador está estresando y matando a los peces hasta que son sacrificados (buzos con fusil de pesca submarina).



Figura 19. Mújoles en el interior de la jaula y aves en el interior de red anti-pájaros.

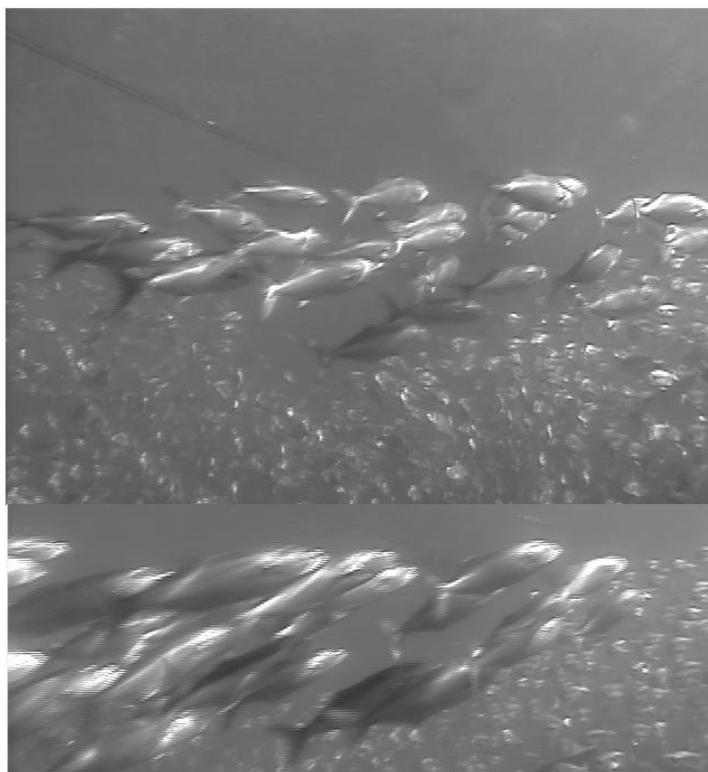


Figura 20. Banco de anjovas dentro de jaula de dorada observados con VICASS.

- ❖ El principal problema que se encuentra en la investigación son los valores anómalos de algunos muestreos, como se ha comentado, tanto en biometrías clásicas como

en VICASS. La explicación puede ser que al tratarse de jaulas marinas con mucha dispersión, como se ha visto analizando el Coeficiente de Variación las muestras analizadas (100-200) pueden no ser representativas de la población.

En cuanto a futuros proyectos que se pueden llevar a cabo y algunos se están llevando para mejorar su eficiencia productiva y de alimentación son:

- ❖ Colocación de un sistema de centralización de la alimentación utilizando los barcos silos. Para poder optimizar el tiempo de alimentación y no tener tiempos de espera por los movimientos del barco silo y colocación de los tubos en las respectivas jaulas, se ha diseñado el sistema de la *pontona* (jaula donde se han amarrado tubos que conectan todas las fases). Con este sistema un único silo se amarra en esta *pontona* y puede alimentar a 30 jaulas sin moverse del sitio, sólo sustituyendo los tubos de 6 en 6. También se ha puesto en cada jaula un dispersor en medio de la torre anti-pájaro, tienen la característica de que giran 360^o accionados por la fuerza de la soplante, por lo que ofrecen una dispersión del pienso por toda la jaula. Este sistema empezaba a funcionar en el momento de finalizar las prácticas pero se pretende continuar usando y mejorarlo.
- ❖ En un futuro se podría cambiar esta jaula fija o *pontona* por una plataforma fija. Se podría almacenar pienso en la propia plataforma y tendría un sistema informático que permitiría una alimentación programada pudiendo alimentar varias veces al día con tomas más pequeñas y ahorrando tiempos de desplazamiento y gastos de gasoil.
- ❖ Al pertenecer a un grupo grande donde todas las empresas mandan la pesca para el procesado a un centro común. Cada empresa se podría centrar en una especie e iniciar todos los lotes simultáneamente. De esta manera se evitaría tener 5 o 6 tipos de piensos diferentes y se facilitaría mucho toda la logística.
- ❖ El **Grupo Culmarex** también ofrece dorada y lubina en tallas grandes desde 1 Kg hasta 2,5 Kg con un precio de venta doble o triple a las tallas normales. Sería una posibilidad para **Bersolaz**, ya que es la empresa del grupo que más jaulas tiene en el momento, dedicarse a engordar hasta estas tallas. Esta actividad es bastante arriesgada porque se tiene que tener 3 o 4 años un activo sin sacarle beneficio y en cualquier momento las inclemencias climáticas o actos furtivos pueden hacer perder todo el dinero.

5. Referencias

- **Acuicultura. Portal de la acuicultura, [Web].** <http://www.mispecies.com>.
- **AKVA Group, Your Aquaculture Technology and Service Partner, [Web].** <http://www.akvagroup.com>.
- **APROMAR (2014).** Informe: La Acuicultura en España 2014.
- **Biomar. World Class Feed Fish, [Web].** <http://www.biomar.com>.
- **Díaz M., Abella E., Arizco M., Cellis L. & Alarcón E., (2003).** Efecto de periodos de ayuno y realimentación en el Dentón (*Dentex dentex*) sobre la ingesta del crecimiento. Congreso Nacional de Acuicultura Cádiz, 2003.
- **FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), [Web].** <http://www.fao.org/home/es>.
- **Grupo Culmarex, [Web].** <http://www.culmarex.com/>
- **Jacumar.** Planes nacionales de Cultivos Marinos (2004-2006). Informe final: Mejora de las Condiciones Técnicas de las Jaulas de Cultivo en España.
- **Jacumar.** Guia para la Gestión Sanitaria en Acuicultura.
- **Jesus J., (2013).** Utilización de técnicas ópticas no invasivas para la medida de Lubina (*Dicentrarchus labrax*) en jaulas marinas.
- **Kaushik S.J., (1998).** Nutritional bioenergetics and estimation of waste production in non-salmonids. *Aquatic Living Resources* 11, 211-217.
- **López M. & Álvarez A., (2010).** Estimación de Biomasa. Jornada estimación de biomasa en viveros flotantes.
- **Magrama (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente [Web].** <http://www.magrama.gob.es/es>.
- **Mayer P., Estruch V., Blasco J. & Jover M., (2008).** Predicting the growth of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) farmed in marine cages under real production conditions using temperature and time dependent models. *Aquaculture Research*. 39, 1046-1052.
- **Merca Madrid, [Web].** <http://www.mercamadrid.es>.
- **Skretting, Carlos Zarza, (2007).** Enfermedades Emergentes en la Piscicultura Marina Española.

