

INFORMACIÓN DE CADA MATERIA O ASIGNATURA			
MATERIA 4	BASES FISIOLÓGICAS DE LA ACUICULTURA		
COORDINACIÓN	Dr. Juan Miguel Mancera		
COMPETENCIAS QUE SE ADQUIEREN: (indicar código)			
Com. Básicas	Com. Generales	Com. Específicas	Com. Transversales
CB6, CB7, C8, CB9, CB10	CG1, CG2, CG3, CG4, CG5	CE4	CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8

REQUISITOS PREVIOS:
No existen requisitos previos
BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS:
<ul style="list-style-type: none"> - Nutrición en acuicultura. - Fundamentos de metabolismo en peces. - Fisiología de la alimentación larvaria. - Cronobiología y acuicultura. - Osmorregulación en teleósteos. - Procesos de estrés en teleósteos.
RESULTADOS DE APRENDIZAJE:
Dotar al alumno/a de las competencias, habilidades, conocimientos y herramientas que le permitan comprender y estudiar los principales procesos fisiológicos de peces teleósteos, así como su manipulación con vista a obtener una optimización de los cultivos.
OBSERVACIONES:
Algunas actividades podrán realizarse en otros idiomas, preferentemente en inglés.

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SUS CRÉDITOS ECTS:			
Actividad	Créditos ECTS	Nº de horas	Presencialidad (%)
MD1. CLASES PRESENCIALES DE TEORÍA	1,12	28	100
MD2, MD3, MD4. CLASES PRESENCIALES DE PRÁCTICAS (Clases prácticas de problemas y/o casos; prácticas de campo)	0,32	8	100
MD7, MD9. OTRAS ACTIVIDADES PRESENCIALES (Realización y exposición de trabajos; tutorías)	0,26	6,5	100
MD11. EVALUACIÓN	0,1	2,5	100
TRABAJO AUTONOMO ALUMNO	3,2	80	0
METODOLOGÍAS DOCENTES:			
1, 2, 3, 4, 7, 9, 11			
SISTEMAS DE EVALUACIÓN DE ADQUISIÓN DE COMPETENCIAS:			
Sistema	Ponderación Mínima	Ponderación Máxima	
SE1. Asistencia y participación en clases	5%	10%	
SE2. Ensayo Trabajo individual o en grupo	5%	10%	
SE3. Resolución de casos prácticos	10%	20%	
SE4. Prueba de contenidos	20%	60%	

EVALUACIÓN DE LAS COMPETENCIAS

CÓDIGO	COMPETENCIA	
CB6	Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.	SE4
CB7	Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.	SE3 SE4
CB8	Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.	SE2, SE3, SE4
CB9	Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones (y los conocimientos y razones últimas que las sustentan) a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.	SE1, SE2
CB10	Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.	SE1
CG1	Comprender de forma detallada y fundamentada de los aspectos teóricos y prácticos, así como la metodología de trabajo en el campo de la acuicultura y pesca.	SE4
CG2	Identificar y ponderar problemas científicos y socio-ambientales asociados a la actividad de la acuicultura y de la pesca; siendo capaces de realizar propuestas de actuación que resuelvan/palíen estos problemas.	SE1, SE2
CG3	Integrar todos sus conocimientos en actuaciones para la resolución de los problemas asociados a la actividad de la acuicultura y de la pesca.	SE4
CG4	Llevar a cabo investigación básica y aplicada en el campo de la acuicultura y de la pesca, orientada hacia el desarrollo sostenible; habiendo desarrollado la autonomía suficiente para participar en proyectos de investigación y colaboraciones científicas dentro de dicho ámbito, en contextos interdisciplinares.	SE2, SE3, SE4
CG5	Dirigir y/o participar en la elaboración de los instrumentos de gestión demandados por las diferentes Administraciones Públicas implicadas en la actividad de la acuicultura y de la pesca.	SE1, SE2, SE3, SE4
CE4	Definir los parámetros de nutrición, alimentación y manejo adecuados para obtener productos acuícolas de calidad y aumentar la producción.	SE2, SE3
CT1	Desarrollar la sensibilidad hacia los problemas ambientales y sociales que afectan a la actividad de la acuicultura y de la pesca.	SE2, SE3, SE4
CT2	Emitir juicios sobre temas relevantes de índole social, científica o ética que tengan que ver con la gestión de la actividad de la acuicultura y de la pesca; sabiendo reunir, interpretar y analizar datos relevantes así como, relacionar, sintetizar y desarrollar razonamiento crítico	SE4
CT3	Adaptarse a situaciones nuevas, sabiendo aplicar e integrar sus conocimientos, (técnicas, fundamentos científicos, propuestas, etc.) en cualquier entorno, tanto de investigación como profesional, multidisciplinar.	SE3
CT4	Presentar y defender públicamente información, ideas, argumentos, resultados, problemas y soluciones, etc. de forma clara, correcta y con independencia del nivel de especialización del público, tanto de forma escrita como oral, y tanto en la propia lengua y como en inglés.	SE1
CT5	Ser autónomo y capaz de llevar a cabo un aprendizaje continuo, desarrollando, especialmente, las capacidades de organización y planificación.	SE2, SE3
CT6	Asumir funciones de liderazgo y trabajo en equipo, en entornos inter o multidisciplinares, desarrollando habilidades para las relaciones interpersonales.	SE1
CT7	Desarrollar el espíritu emprendedor e innovador, propiciando: el conocimiento de los aspectos más novedosos y recientes en la evolución de la disciplina, las prácticas en la elaboración de proyectos, así como el fomento de su creatividad.	SE1
CT8	Plantear, desarrollar, presentar y defender un trabajo científico en el ámbito de la disciplina.	SE2

PROGRAMACIÓN

Bloque	CONTENIDOS	PROFESOR/A	DIA	HORA	LUGAR
B1	Presentación del curso: Introducción Nutrición en acuicultura	Dr. Juan Miguel Mancera Dr. Francisco Javier Moyano	23/11	16:30 h	Aula 6 CASEM
B2	Fundamentos de metabolismo en peces. Necesidades de nitrógeno	Dr. Francisco Javier Moyano	23/11	19:00 h	Aula 6 CASEM
B3	Necesidades energéticas: los carbohidratos	Dr. Francisco Javier Moyano t	24/11	16:30 h	Aula 6 CASEM
B4	Prácticas de ordenador: formulación de piensos	Dr. Francisco Javier Moyano	24/11	19:00 h	AULA 20 CASEM
B5	Fisiología de la alimentación larvaria: bases conceptuales	Dr. Manuel Yúfera	25/11	16:30 h	Aula 6 CASEM
B6	Fisiología de la alimentación larvaria: aspectos aplicados	Dr. Manuel Yúfera	25/11	19:00 h	Aula 6 CASEM
B7	Necesidades energéticas: los lípidos	Dr. Gabriel Mourente	26/11	16:30 h	Aula 6 CASEM
B8	Nutrición experimental en acuicultura: conceptos y metodología	Dr. Gabriel Mourente	26/11	19:00 h	Aula 6 CASEM
B9	Cronología: conceptos básicos	Dr. José Antonio Muñoz-Cueto	30/11	16:30 h	Aula 6 CASEM
B10	Desarrollo del sistema circadiano en peces.	Dr. José Antonio Muñoz-Cueto	30/11	19:00 h	Aula 6 CASEM
B11	Cronobiología y acuicultura	Dr. José Antonio Muñoz-Cueto	1/12	16:30 h	Aula 6 CASEM
B12	Prácticas de ordenador en cronobiología	Dr. José Antonio Muñoz-Cueto	1/12	19:00 h	AULA 20 CASEM
B13	Osmorregulación teleósteos: aspectos básicos	Dr. Juan Fuentes	2/12	16:30 h	Aula 6 CASEM
B14	Osmorregulación teleósteos: aspectos aplicados	Dr. Juan Fuentes	2/12	19:00 h	Aula 6 CASEM
B15	Procesos de estrés en teleósteos: bases conceptuales	Dr, Juan Miguel Mancera	3/12	16:30 h	Aula 6 CASEM
B16	Procesos de estrés y la práctica acuícola	Dr, Juan Miguel Mancera	3/12	19:00 h	Aula 6 CASEM
B17	Técnicas fisiológicas: prácticas (I)	Dr. Juan Antonio Martos-Sitcha	4/12	16:30 h	Lab. 411 CASEM
B18	Técnicas fisiológicas: prácticas (II)	Dr. Juan Antonio Martos-Sitcha	4/12	19:00 h	Lab. 411 CASEM
	Examen		19/12		Aula 6 CASEM

OBJETIVOS Y RESUMEN DE LOS BLOQUES DEL CURSO

B1	Presentación del curso: Introducción
-----------	--------------------------------------

En este bloque se pretende que el alumno reciba información de:

- 1.- Los objetivos del curso
- 2.- Los contenidos del curso
- 3.- Los objetivos de cada uno de los bloques y el profesor/a que lo impartirá
- 4.- La secuencia temporal en que se impartirá
- 5.- El lugar donde será impartido
- 6.- El tipo de trabajo, si lo hay, que el alumno/a deberá desarrollar.
- 7.- La manera en que el alumno será evaluado.

La sesión inicial tiene como objetivo definir los diferentes aspectos que tratar el curso para que el alumno tenga una visión global del mismo.

B1	Nutrición en acuicultura
B2	Fundamentos de metabolismo en peces. Necesidades de nitrógeno
B3	Necesidades energéticas: los carbohidratos
B4	Prácticas de ordenador: formulación de piensos

La nutrición y su aplicación práctica, los protocolos de alimentación, son la base para la producción de especies zootécnicas, tanto terrestres como acuáticas. La puesta en cultivo de especies acuícolas tiene siempre como reto primero y fundamental la formulación de alimentos adecuados para las distintas especies, la cual debe apoyarse en un conocimiento lo más detallado posible de las peculiaridades fisiológicas y metabólicas de las mismas. Adicionalmente, la producción actual de alimentos para acuicultura debe considerar aspectos tales como la disponibilidad y coste de los ingredientes o el impacto ambiental ligado a su obtención o derivado de su utilización por los animales.

Los Objetivos de este bloque son:

- 1.- Que los alumnos conozcan todas las variables (biológicas, económicas, ambientales) implicadas en el desarrollo de un plan nutricional en acuicultura
- 2.- Que los alumnos conozcan qué aspectos del metabolismo de los peces determinan sus necesidades de proteína y energía
- 3.- Que los alumnos se familiaricen con las metodologías científicas utilizadas para determinar necesidades nutricionales
- 4.- Que los alumnos conozcan y practiquen por sí mismos el modo de formular un pienso para acuicultura

Este bloque constará de una parte teórica y prácticas en aulas de informática.

Previsión de trabajos: Ninguno.

Horas de estudio: 20

B5	Fisiología de la alimentación larvaria: bases conceptuales
B6	Fisiología de la alimentación larvaria: aspectos aplicados

Durante la fase larvaria, los peces presentan un crecimiento muy elevado con incrementos diarios del 10 al 50% de su propio peso. Para satisfacer las necesidades de macronutrientes y especialmente de aminoácidos para poder desarrollarse y crecer con esas tasas sin carencias es necesario una elevada ingestión y un adecuado procesado del alimento. El sistema digestivo, la maquinaria que procesa el alimento en larvas de peces, es una maquinaria cambiante, que va aumentando sus capacidades según se desarrolla la larva hasta alcanzar el estado juvenil. El alimento ha de estar por tanto adaptado a dichas capacidades dependiendo de la edad y de la especie.

Los protocolos estándares de alimentación de larvas de peces se basan en el suministro de presas planctónicas vivas, y en el progresivo cambio a dietas inertes una vez se ha alcanzado cierto grado de desarrollo y maduración intestinal. El diseño de dietas para larvas que permitan sustituir a las presas vivas completamente es aún un desafío de investigación.

Los Objetivos de este bloque son:

- 1.- Conocer los procesos de ontogenia del sistema digestivo y su funcionalidad en peces.
- 2.- Conocer cómo factores ambientales condicionan la alimentación y utilización del alimento.
- 3.- Conocer la investigación en curso para mejorar el proceso de alimentación en el cultivo larvario.

Previsión de trabajos: ninguno

Horas de estudio: 12

B7	Lípidos: funciones y requerimientos en acuicultura
B8	Nutrición experimental en acuicultura: conceptos y metodología

CONTENIDOS:

a) Lípidos: funciones y requerimientos en acuicultura

Definición y clasificación. Funciones. Digestión. Absorción y metabolismo. Peroxidaciones lipídicas. Requerimientos nutricionales. Fuentes y usos. El consumidor humano.

b) Nutrición experimental en acuicultura: conceptos y metodología

Determinación experimental de los requerimientos nutricionales. Diseño experimental y condiciones. Medidas de la respuesta nutricional. Estimación cuantitativa de los requerimientos.

Los Objetivos de este bloque son:

- 1.- Comprensión de la funcionalidad, metabolismo y necesidades nutricionales de los lípidos en acuicultura.
- 2.- Introducción al diseño experimental para el estudio de los requerimientos nutricionales en acuicultura.

Previsión de trabajos: Ninguno.

Horas de estudio: 12

B9	Cronología: conceptos básicos
B10	Desarrollo del sistema circadiano en peces.
B11	Cronobiología y acuicultura
B12	Prácticas de ordenador en cronobiología

Los ritmos biológicos son eventos recurrentes en un sistema biológico; es decir, acontecimientos que se repiten periódicamente. Su distribución en la naturaleza es muy amplia, abarcando desde organismos unicelulares hasta plantas y animales. La periodicidad de los ritmos biológicos es también muy variable, extendiéndose sobre una escala logarítmica con ritmos extremadamente cortos del orden de milisegundos (ritmos del SNC) o muy largos del orden de varios años (ritmos de poblaciones). Atendiendo a su periodo los ritmos biológicos se clasifican en tres categorías: circadianos (~24h), ultradianos (<20h) e infradianos (>28h, mensuales y anuales).

Dado que muchos de los acontecimientos cíclicos ambientales son altamente predecibles (salida del sol, luna llena, mareas, etc), la habilidad de anticipar estos cambios en el ambiente resulta de un gran valor adaptativo para evitar peligros (p. ej. depredadores) o explotar recursos (p. ej. alimento). Por ello, no ha de sorprendernos que los animales posean mecanismos endógenos de medición del tiempo o relojes biológicos. Estos relojes endógenos son funcionales desde edades muy tempranas, permitiendo al animal sincronizarse con los factores ambientales y desarrollar un patrón rítmico en su comportamiento y en su fisiología ya en periodo embrionario.

El conocimiento de estos ritmos biológicos, de su naturaleza, de sus mecanismos moleculares y de su sincronización ambiental resulta de una gran importancia para una actividad práctica como la acuicultura. Así, procesos de gran importancia en acuicultura como la reproducción, la ingesta, el metabolismo, la respuesta al estrés, etc., tienen un marcado carácter rítmico, tanto diario como estacional. Por ello, la profundización en el conocimiento de la cronobiología de las especies cultivadas puede resultar de gran interés para incrementar la producción de las mismas y para favorecer el bienestar animal de las poblaciones en cultivo.

Los Objetivos de este bloque son:

- 1.- Conocer los tipos y características de los ritmos biológicos, la organización del sistema circadiano y las bases moleculares que sustentan estos ritmos endógenos.

- 2.- Comprender la importancia de los ritmos biológicos para los organismos desde los estadios tempranos del desarrollo, y los mecanismos de sincronización ambiental de los mismos.
- 3.- Entender la importancia de la cronobiología en la acuicultura, en particular en relación con los ritmos de reproducción, alimentación, metabólicos y de respuesta de estrés.
- 4.- Comprender de forma práctica, mediante modelos de ordenador, las principales características del funcionamiento de un reloj biológico, su capacidad para sincronizarse a una señal periódica externa (ciclo luz/oscuridad) y su persistencia en condiciones constantes (oscuridad continua).

Los Contenidos de este bloque son:

1. Cronobiología: conceptos básicos: Introducción histórica. Clasificación de los ritmos biológicos. Características de los ritmos biológicos. Organización del sistema circadiano. Bases moleculares de los ritmos endógenos: los genes reloj.
2. Desarrollo del sistema circadiano en peces: Desarrollo del órgano pineal. Efectos del fotoperiodo y del espectro de luz en el desarrollo temprano. El reloj molecular durante el desarrollo temprano de peces: sincronización a la luz. Síntesis de melatonina durante el desarrollo temprano y la metamorfosis. Ritmos de actividad locomotora y comportamiento alimentario durante el desarrollo temprano
3. Cronobiología y acuicultura: Ritmos de reproducción. Ritmos de alimentación y ritmos metabólicos. Ritmos de respuesta de estrés
4. Sesión Práctica: Simulación de un marcapasos circadiano

Este bloque constará de una parte teórica y prácticas en aulas de informática.

Previsión de trabajos: ninguno

Horas de estudio: 20

B12	Osmorregulación teleósteos: aspectos básicos
B13	Osmorregulación teleósteos: aspectos aplicados

Los teleósteos viven en ambientes con una composición distinta a la del medio interno, existiendo un flujo pasivo de agua e iones entre ambos medios. Los teleósteos eurihalinos presentan la capacidad de poder vivir en distintas salinidades ambientales gracias a diferentes órganos osmorreguladores (branquias, riñón, tubo digestivo, etc.), cuya actividad implica un gasto energético y se encuentra controlada por diversas hormonas hipofisarias y extrahipofisarias.

Las especies eurihalinas cultivadas en los mismos pueden hacer frente a los cambios en la salinidad ambiental gracias a la actividad de su sistema osmorregulador. Los procesos osmorreguladores requieren mucha energía y aquellas salinidades ambientales que disminuyan las necesidades energéticas derivadas de los procesos osmorreguladores podrían salvar energía y ayudar a maximizar el crecimiento. El conocimiento de la salinidad óptima de cultivo para las especies cultivables supone una herramienta muy útil para que el acuicultor.

Los contenidos de este bloque son: Conceptos básicos de osmorregulación. Estrategias osmorreguladoras. Organos osmorreguladores. Control hormonal y ambiental. Manipulación salinidad ambiental para mejorar crecimiento.

Objetivos del bloque:

- 1.- Conocer los procesos osmorreguladores en teleósteos: control endocrino, ambiental y aspectos fisiológicos.
- 2.- Aprender los efectos de la manipulación de la salinidad ambiental con el objetivo de optimizar la producción acuícola.

Este bloque constará de una parte teórica y prácticas en laboratorio.

Previsión de trabajos: ninguno

Horas de estudio: 8

B15	Procesos de estrés en teleósteos: bases conceptuales
B16	Procesos de estrés y la práctica acuícola

El estrés puede ser definido como una situación en la cual el equilibrio dinámico de un organismo (estado homeostático) es modificado como consecuencia de la acción de un estímulo intrínseco o extrínseco al animal,

denominado agente estresante. De este modo, el animal responde mediante una serie de reacciones de comportamiento y/o fisiológicas con el objeto de compensar y/o adaptarse a la nueva situación.

En la práctica acuícola, el principal objetivo es la perfecta adaptación del animal a las condiciones de cultivo. Esta adaptación permitirá el mantenimiento en cautividad, crecimiento y reproducción de la especie. En este sentido, todos los procesos de cultivo tienden a minimizar las situaciones de estrés existente en el cultivo de la especie. Los posibles agentes estresantes en el cultivo de la especie son múltiples y de variado origen. De este modo, la existencia de una situación de estrés crónico en el cultivo originará las respuestas primarias, secundarias y terciarias típicas de una situación de estrés. Al final, los animales mostrarán un retraso o nulo crecimiento por la existencia de un metabolismo alterado, fallos en la reproducción por un mal funcionamiento del sistema reproductor y una alta susceptibilidad a agentes patógenos debido a una disminución en el sistema inmunitario. De lo anteriormente expuesto, es lógico comprender que en la práctica acuícola es prioritario conseguir eliminar cualquier fuente de estrés para el animal cultivado.

Los contenidos de este bloque son: concepto de estrés y bienestar animal. Endocrinología del estrés. Tipos de respuestas al estrés. Fases de la respuesta al estrés. EL estrés en la práctica acuícola.

Objetivos del bloque

- 1.- Conocer los procesos de estrés: control endocrino, ambiental y efectos fisiológicos.
- 2.- Conocer los efectos negativos de los procesos de estrés sobre la práctica acuícola.

Previsión de trabajos: Ninguno.

Horas de estudio: 8

B17	Técnicas fisiológicas: prácticas (I)
B18	Técnicas fisiológicas: prácticas (II)

Los alumnos aprenderán y utilizarán una serie de técnicas fisiológicas básicas con el objeto de estudiar los procesos fisiológicos y su aplicación a la práctica acuícola.

Los contenidos de este bloque son: Anestésicos. Obtención de muestras. Administración de sustancias. Hematología. Determinación parámetros plasmáticos y hepáticos.

Los objetivos de este bloque son:

- 1.- Conocer las técnicas fisiológicas más usuales en el estudio de procesos fisiológicos aplicados a la acuicultura.
- 2.- Manejar técnicas instrumentales para el estudio de los aspectos fisiológicos aplicados a la acuicultura.

Previsión de trabajos: Ninguno.

Horas de laboratorio: 4

Los siguientes sistemas de evaluación (Ensayo Trabajo individual o en grupo y Resolución de casos prácticos) podrán ser utilizados para evaluar la adquisición de competencias en los módulos B1-16.

El profesor responsable de dicha evaluación será el coordinador del Módulo, Dr. Juan Miguel Mancera.

BIBLIOGRAFIA

- Boeuf G., Payan P. 2001. How should salinity influence fish growth?. *Comp. Biochem. Physiol.* 130C: 411-423.
- Davis A. Feed and feeding practices in Aquaculture. 2015. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition n. 287. 433 pp.
- Glencross B.D. 2009. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. *Rev. Aquacult.* 1:71–124
- Halver J.E. and Hardy. R.W. 2002. *Fish Nutrition*. 3rd Edition. Academic Press. 828 pp.
- Holt G.J. (Ed.). 2011. *Larval Fish Nutrition*. Wiley-Blackwell, Ames, Iowa, 435 pp.
- Idda ML, Bertolucci C, Vallone, D, Gothilf, Y, Sánchez-Vázquez FJ, Foulkes NS. 2012. Circadian clocks: lessons from fish. *Prog Brain Res.* 199:41-57.
- Kulczykowska E., Włodzimierz P, B.G. Kapoor. 2010. *Biological Clock in Fish*. CRC Press. 280 Pages. ISBN 9781578086757
- Martín-Robles AJ, Aliaga-Guerrero M, Whitmore D, Pendón C, Muñoz-Cueto JA. 2012. The circadian clock machinery during early development of Senegalese sole (*Solea senegalensis*): effects of constant light and dark conditions. *Chronobiol Int. Nov;* 29(9):1195-205. doi: 10.3109/07420528.2012.719963.
- McCormick, S.D. 2001. Endocrine control of osmoregulation in teleost fish. *American Zoologist* 41, 781-794.
- McEwen B.S. and Wingfield J.C., 2010 What is in a name?. Integrating homeostasis, allostasis and stress. *Hormones and Behavior* 7: 105-111
- Merrifield E. and Ringo E. 2014. *Aquaculture Nutrition: Gut Health, Probiotics and Prebiotics*. John Wiley & Sons, Ltd. 500 pp.
- National Research Council (NRC) 2011. *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. National Academic Press, Washington, DC.
- Pankhurst, N.W. 2011. The endocrinology of stress in fish: An environmental perspective, *General and Comparative Endocrinology* 170 (2011) 265-275.
- Rønnestad I., Yúfera M., Ueberschär B., Ribeiro L., Sæle Ø., Boglione C. 2013. Feeding behaviour and digestion physiology in larval fish - current knowledge, and gaps and bottlenecks in research. *Reviews in Aquaculture* 5 (Suppl. 1): S59–S98.
- Tocher D.R. 2010. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. *Aquaculture Res.* 41, 717-732.
- Tocher D.R. 2015. Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids and aquaculture in perspective. *Aquaculture*, 449: 97-104.
- Tocher D.R. and Glencross B.D. 2012. Lipids and fatty acids. In: *Dietary Nutrients, Additives, and Fish Health*. (Lee, C.-S., Lim, C., Webster, C. and Gatlin III, D.M., Eds.), Ch.4. Wiley-Blackwell.
- Wedemeyer, G.A., B.A. Barton and D.J. McLeay.1990. Stress and acclimation. In *Methods of Fish Biology*, eds. C. B. Schreck and P. B. Moyle), pp. 451-489. Bethesda MD: American Fisheries Society.
- Wendelaar-Bonga S.E. 1997. The stress response in fish. *Physiological Reviews* 7: 591-625.
- Zahl I.H., Samuelsen O., Kiessling A. 2012. Anaesthesia of farmed fish: implications for welfare. *Fish Physiology and Biochemistry* 38:201-218.