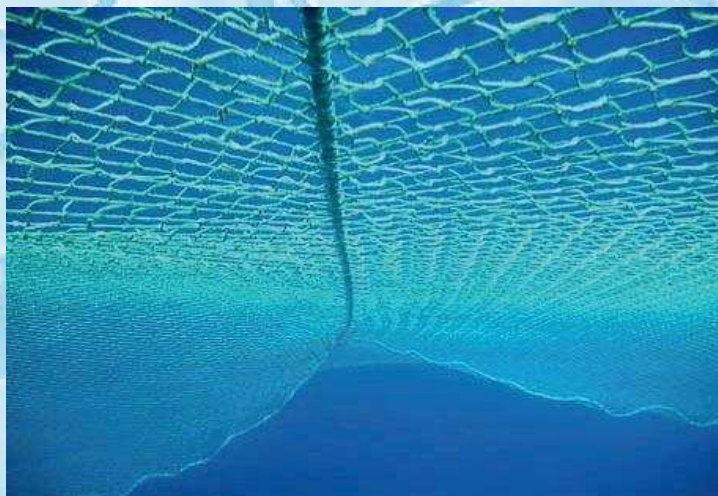


Ingeniería de la Acuicultura Marina



Instalaciones de peces en el mar

JOSÉ DANIEL BEAZ PALEO



Ingeniería de la Acuicultura Marina

Instalaciones de peces en el mar

JOSÉ DANIEL BEAZ PALEO

OBSERVATORIO ESPAÑOL DE ACUICULTURA
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

MADRID, 2008

Reservados todos los derechos por la legislación en materia de Propiedad Intelectual.

Las noticias, asertos y opiniones contenidos en esta obra son de la exclusiva responsabilidad del autor o autores. La editorial, por su parte, sólo se hace responsable del interés científico de sus publicaciones.

Catálogo general de publicaciones oficiales:
<http://www.060.es>

Serie:
**Publicaciones Científicas y Tecnológicas
del Observatorio Español de Acuicultura**



© Editor Científico: Dr. Juan Espinosa de los Monteros

© CSIC

© José Daniel Beaz Paleo

ISBN: 978-84-00-08678-7

NIPO: 653-08-070-X

Depósito Legal: M-34091-2008

Diseño y maquetación: DiScript Preimpresión, S. L.

PRESENTACIÓN

Mi amor al mar me lo crearon mi familia y todas las personas que me vieron crecer en ese rincón maravilloso que es la Ría de «O Barqueiro».

Hace 25 años, después de la muerte de mi padre, empecé a escribir sobre el Mar y Galicia, sobre Galicia y el Mar... Sobre el Mar de Galicia. Es realmente mi amor secreto.

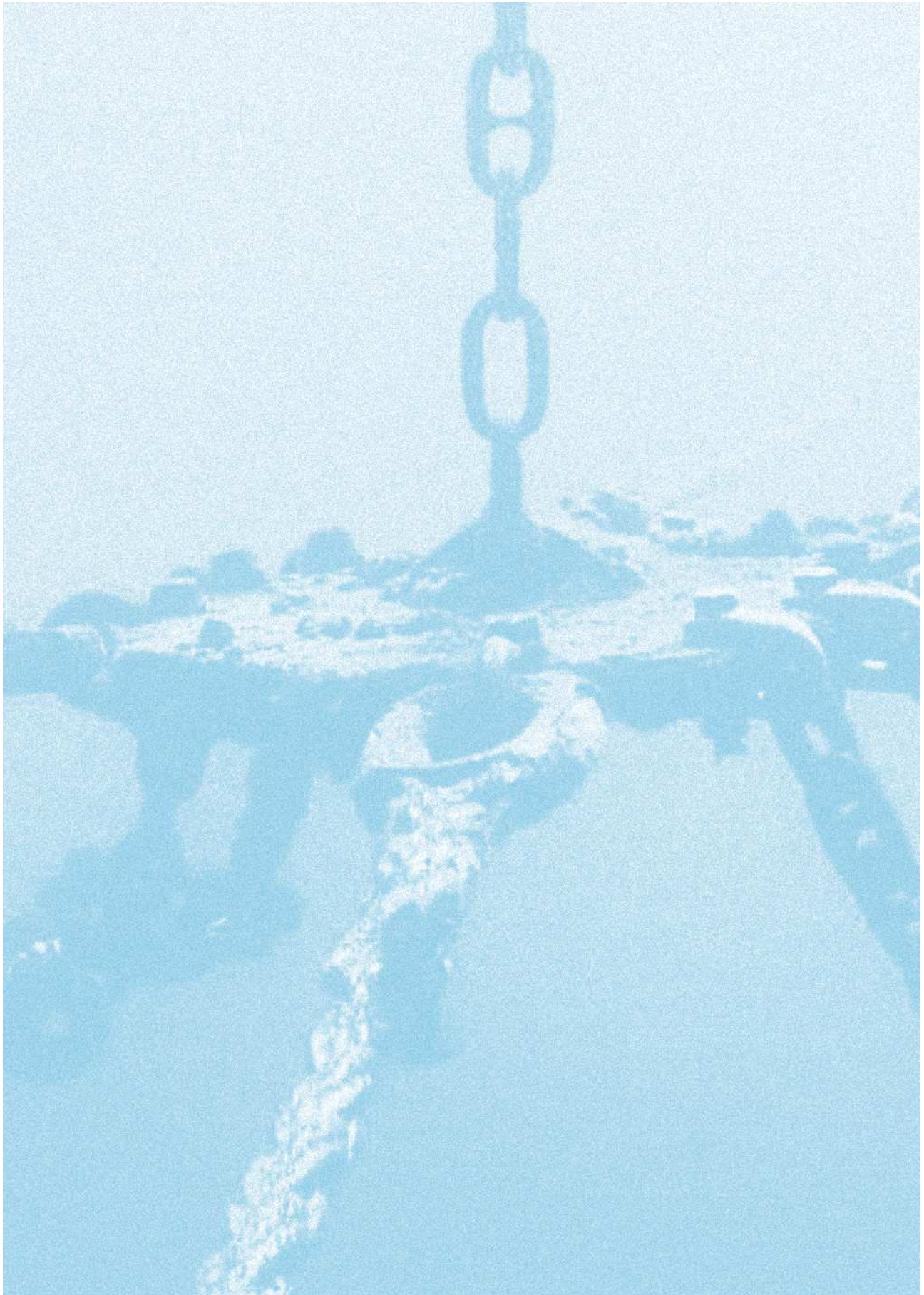
En el año 1990 empiezo a «oficializar» mi pasión con el Primer Master de Pesca y Cultivos Marinos impartido por el IME – ICADE. Los cursos siguientes fui profesor de las áreas de «Acuicultura» y «Recursos Naturales Pesqueros».

«La Voz de Ortigueira» publicó mi primer libro «Bivalvos de la Ría de El Barqueiro (I)» en el año 1992. Es quizás el antecedente de este libro porque trata el mismo tema pero desde puntos de vista diferentes.

En el año 1997 me «profesionalicé» al crear la asignatura «Ingeniería de los Cultivos Marinos» en la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) que fue impartida tanto presencial como virtualmente. A los pocos años se forma un equipo de trabajo, bajo mi dirección, que empezó su actuación en la Universidad y culminó sus trabajos en la «Spin-off» de la UPM «Global Aquafish» en el año 2005.

Estos años de trabajo han constituido la base de este libro que ahora ve la luz gracias a la fe y a la confianza que me ha regalado D. Juan Espinosa de los Monteros desde el «Observatorio Español de Acuicultura». Muchas gracias por tu apoyo.

El Autor.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	13
1. ANTECEDENTES	15
2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE UNA JAULA	23
3. DESCRIPCIÓN DE JAULAS FLOTANTES	29
3.1. ESTRUCTURA DE FLOTACIÓN Y SUSTENTACIÓN	31
3.2. RECINTO O BOLSA DE RED	37
3.3. AGRUPAMIENTO DE JAULAS	66
3.4. SISTEMA DE FONDEO	68
3.5. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS MATERIALES A UTILIZAR	72
4. VENTAJAS DE LAS JAULAS	73
4.1. VENTAJAS GENERALES DE LAS JAULAS	75
4.2. VENTAJAS DE LAS JAULAS PARA EL CULTIVO DE PECES PLANOS	76
4.3. COMENTARIOS ADICIONALES	77
5. TIPOS DE JAULAS	79
5.1. JAULAS FLEXIBLES Y RÍGIDAS	81
5.2. CLASIFICACIÓN DE GARY F. LOVERICH	82
5.3. CLASIFICACIÓN CLÁSICA: MALCOLM BEVERIDGE	85
5.4. CLASIFICACIÓN DE SCOUT Y MUIR	88
5.5. CLASIFICACIÓN DE MUIÑA, MOREU Y ALÁEZ	91
5.6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS JAULAS SUMERGIBLES	91
6. INSTALACIONES EN MAR ABIERTO	95
6.1. RAZONES	98
6.2. ESTRATEGIAS OPERACIONALES	98
6.2.1. Condiciones operacionales y de supervivencia.....	98
6.2.2. Infraestructura.....	100



6.2.3. Requerimientos biológicos	100
6.2.3.1. Tamaño de la red.....	100
6.2.3.2. Movimientos de la red.....	101
6.2.3.3. Configuración del sistema	101
6.3. REQUERIMIENTOS DE UNA INSTALACIÓN EN MAR ABIERTO	103
7. SELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO	105
7.1. CATEGORÍAS DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN	107
7.2. FACTORES RELACIONADOS CON LOS ASPECTOS TÉCNICOS DEL PROYECTO	108
7.3. LIMITACIONES A CONSIDERAR EN EL EMPLAZAMIENTO	109
7.4. CRITERIOS AMBIENTALES	110
7.5. INTERFERENCIA CON OTROS SECTORES.....	115
8. CULTIVO EN JAULAS: PROBLEMAS <u>VS</u> SOLUCIONES	117
8.1. RESIDUOS	119
8.2. CONDICIONES AMBIENTALES.....	120
8.3. HIELO	125
9. ESTADO DEL ARTE: MODELOS DE JAULAS.....	127
9.1. PECES NADADORES	129
9.1.1. Aquasystem 104.....	129
9.1.2. Bridgestone.....	130
9.1.3. Corelsa.....	133
9.1.4. Dunlop Aquaculture.....	134
9.1.5. Farmocean.....	136
9.1.6. Fusion Marine	138
9.1.7. Lithgow Aqua Services	139
9.1.8. Marina System Ibérica	139
9.1.9. Marine Costruction AS	142
9.1.10. Ocean Spar Sea Cage System (OSSCS)	143
9.1.10.1. Descripción general	143
9.1.10.2. Descripción detallada.....	146
9.1.11. Ocean Spar Sea Station	148



9.1.12.	Polarcirkel	152
9.1.13.	Quintas & Quintas	154
9.1.14.	Refa	154
9.1.15.	Sadco	158
9.1.16.	Simar	160
9.1.17.	Prototipo granja semi-rígida (UPM).....	161
9.1.18.	Ocean Globe	162
9.1.19.	«Trident Sea Cage».....	164
9.1.20.	Proyecto «IntelliSTRUCT» de SINTEF.....	166
9.2.	PECES PLANOS	167
9.2.1.	Aqualine: viveros para el cultivo del fletán	167
9.2.2.	Rodaballo y especies similares en Chile.....	168
9.2.3.	Vivero sumergible PDW. FMIRI (Shanghai)	169
9.2.4.	Experiencias en Galicia: viveros de experimentación	172
	9.2.4.1. Experiencias final década de los 80	172
	9.2.4.2. Experiencias final década de los 90	179
9.2.5.	Jaulas para peces planos del IBSS	186
9.2.6.	Experiencias de Loitamar en los últimos años	186
9.2.7.	Jaulas sumergidas en el Mediterráneo español.....	188
9.2.8.	Experiencias en el Mediterráneo Oriental	189
9.2.9.	Jaula sumergida Bahía de Nápoles. G.Paolillo y A. Ortega.....	191
9.2.10.	Autorización de experiencias en Nules (2006).....	193
9.2.11.	Jaulas cuadradas de POLAR CIRKEL.....	194
9.2.12.	Jaula para peces planos de PRONA	195
9.2.13.	Vivero de aluminio para peces planos de REFA.....	195
9.2.14.	Jaulas sumergidas en la Ría de Aldán y en Redondela	195
9.2.15.	Sea Station de Ocean Spar Technologies	197
9.2.16.	Estructura para cultivo de peces planos de la UPM.....	198
9.2.17.	Viveros con unidades «Jet – Float».....	202
9.2.18.	Fondos flexibles VS fondos rígidos	202
10.	ESFUERZOS Y SOLICITACIONES SOBRE LA INSTALACIÓN.....	205
10.1.	ANÁLISIS DE LOS AGENTES EXTERNOS	209
10.1.1.	Mareas	211
10.1.2.	Olas. Cálculo de alturas y frecuencia	212
10.1.3.	Acción del viento sobre la instalación	220
	10.1.3.1. Velocidad del viento	221



10.1.3.2.	Presión dinámica del viento.....	223
10.1.3.3.	Fuerzas de presión.....	223
10.1.3.4.	Punto de aplicación de la fuerza del viento.....	224
10.1.4.	Acción de la corriente sobre la instalación.....	225
10.1.5.	Hipótesis de carga.....	229
10.1.5.1.	Hipótesis de carga estáticas.....	230
10.1.5.2.	Hipótesis de carga de diseño.....	230
10.1.5.3.	Hipótesis de carga accidentales.....	231
11.	ESTUDIO DE FLOTABILIDAD.....	233
11.1.	CÁLCULO DE LAS FUERZAS ESTÁTICAS.....	235
11.2.	ESTUDIO DE FLOTABILIDAD.....	239
12.	ESTUDIO DEL SISTEMA DE FONDEO DE VIVEROS.....	241
12.1.	ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS DE FONDEO DE VIVEROS.....	243
12.1.1.	Fondeos individuales.....	244
12.1.1.1.	Farmocean.....	245
12.1.1.2.	Gael Force.....	245
12.1.1.3.	Refa (TLC).....	246
12.1.1.4.	Ocean Spar Sea Cage System (OSSCS).....	247
12.1.1.5.	Ocean Spar Sea Station.....	247
12.1.1.6.	Vivero SADCO.....	249
12.1.1.7.	Sistema de fondeo SEAFLEX.....	251
12.1.1.8.	SINTEF. «Novel Single Point Mooring Designs».....	251
12.1.1.9.	«Trident Sea Cage».....	255
12.1.1.10.	Sub-Marine Offshore Cage System. Marvel Investment Israel... ..	255
12.1.2.	Fondeos en grupo.....	256
12.2.	ELEMENTOS DE LOS SISTEMAS DE FONDEO DE VIVEROS.....	259
12.2.1.	Elementos de fijación: anclas y muertos.....	260
12.2.2.	Cadena.....	266
12.2.3.	Accesorios de unión.....	267
12.2.4.	Guardacabos.....	268
12.2.5.	Flotador de profundidad.....	268
12.2.6.	Estachas y cabos.....	270
12.2.6.1.	Materiales de las fibras sintéticas.....	271
12.2.6.2.	Tipos de cabos según su fabricación.....	273



12.2.6.3. Estachas y cabos utilizados en acuicultura: materiales	276
12.2.6.4. Estachas y cabos utilizados en acuicultura: ubicación	278
12.2.7. Plato de amarre	289
12.2.8. Boyas de fondeo	295
12.2.9. Balizamiento	297
12.3. CÁLCULO DE LOS SISTEMAS DE FONDEO DE VIVEROS	298
12.3.1. Parámetros a definir de la instalación	300
12.3.2. Cálculo de las fuerzas dinámicas	303
12.3.2.1. Método sencillo utilizado por la industria	303
12.3.2.2. Otras fórmulas utilizadas	308
12.3.3. Consideraciones generales sobre los fondeos de viveros	320
12.3.4. La pretensión en los sistemas de fondeo de viveros	325
12.3.5. Cálculo de las líneas de fondeo	329
13. CONSIDERACIONES OPERACIONALES	339
14. MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN	343
14.1. SISTEMA DE FONDEO	345
14.2. ESTRUCTURA DE LAS JAULAS	346
14.3. BOLSA DE RED	347
14.4. ELEMENTOS DE SUPERFICIE	355
14.5. BOYAS DE BALIZAMIENTO	360
14.6. TENSIONADO DE LA INSTALACIÓN	361
14.7. VIVEROS «BRIDGESTONE»	362
14.8. RESUMEN ORIENTATIVO	363
14.8.1. Actividades a realizar diariamente de forma continua	363
14.8.2. Actividades a realizar semanalmente	363
14.8.3. Actividades a realizar a lo largo de los meses	364
14.9. ENSAYOS DE REDES	364
14.9.1. Introducción	364
14.9.2. Beneficios	365
14.9.3. Objetivos	365
14.9.3.1. Obtención de información	365
14.9.3.2. Definición de los materiales a investigar y su estado	366
14.9.3.3. Obtención de datos de los fabricantes de redes	366



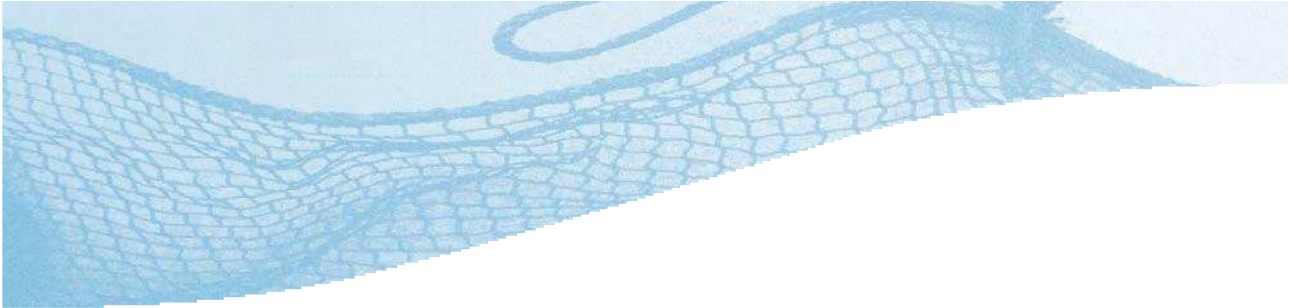
14.9.3.4. Realización de ensayos	366
14.9.3.5. Analizar los resultados obtenidos frente a los datos facilitados.....	366
14.9.3.6. Recopilar todas las actividades en un informe final.....	366
14.9.4. Plan de trabajo	366
14.9.5. Identificación de accidentes y sus causas	366
14.9.6. Identificación de los principales problemas de las redes	367
14.9.7. Identificación de las redes en relación con las especies a cultivar	367
14.9.8. Identificación de los materiales a investigar	367
14.9.9. Definición del estado de los materiales a investigar.....	368
14.9.10. Obtención de datos de los fabricantes de redes	368
14.9.11. Ensayos a realizar	368
14.9.12. Normas de aplicación a los ensayos	370
14.9.13. Comparación de los resultados obtenidos con los datos facilitados.....	371
14.9.14. Discusión de los resultados con los fabricantes de redes y con las empresas de cultivo.....	371
14.9.15. Informe final.....	371
15. ESPECIES QUE SE CULTIVAN EN VIVEROS.....	373
15.1. EL ABADEJO	375
15.2. EL ATÚN ROJO	375
15.3. EL BACALAO	376
15.4. EL BESUGO	376
15.5. EL BORRIQUETE.....	377
15.6. LA CORVINA	378
15.7. EL DENTÓN	379
15.8. LA DORADA	380
15.9. EL ESTURIÓN	380
15.10. LA HURTA	381
15.11. EL LENGUADO	382
15.12. LA LUBINA	383
15.13. EL MERO	383



15.14 LA PAGURTA.....	384
15.15. EL PARGO.....	385
15.16. EL PARRACHO.....	385
15.17. EL REO.....	386
15.18. EL RODABALLO.....	386
15.19. EL SALMÓN.....	387
15.20. EL SALMONETE.....	388
15.21. EL SARGO COMÚN.....	388
15.22. EL SARGO PICUDO.....	389
15.23. LA SERIOLA.....	390
16. ENGRASE DEL ATÚN ROJO EN VIVEROS.....	391
16.1. INTRODUCCIÓN.....	393
16.2. PROCESO DE CULTIVO.....	394
16.3. PROCESADO Y COMERCIALIZACIÓN.....	397
16.4. ACTIVIDADES DE INGENIERÍA.....	398
16.5. PROYECTO DE FUTURO.....	399
17. MATERIALES ANTI-INCRUSTANTES («ANTIFOULINGS»).....	401
18. DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: UN CICLO COMPLETO.....	407
18.1. MONTAJE DE LA JAULA.....	409
18.2. FONDEO DE LAS JAULAS.....	410
18.3. PROCESO PRODUCTIVO.....	411
18.4. ALIMENTACIÓN EN LA JAULA.....	416
18.5. DESPESQUE Y TRASLADO A TIERRA.....	417
19. ETAPAS DE UN PROYECTO.....	419
19.1. ESTUDIOS PREVIOS.....	421
19.1.1. Estudio de viabilidad biológica.....	421
19.1.2. Identificación y análisis de emplazamientos.....	421
19.2. SOLICITUD DE LA DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	422



19.3. AUTORIZACIÓN DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE COSTAS	422
19.4. PROYECTO DETALLADO	423
19.4.1. Estudio de mercado.....	423
19.4.2. Memoria	424
19.4.3. Estudio de viabilidad técnica.....	425
19.4.4. Estudio de viabilidad económica.....	425
19.4.5. Plan de producción.....	426
19.4.6. Estudio biológico.....	443
19.4.7. Estudio de Impacto Ambiental.....	443
19.4.8. Especificación técnica de diseño.....	444
19.4.9. Emplazamiento.....	447
19.4.10. Presupuesto	447
19.4.11. Estudio de seguridad.....	447
19.4.12. Instrucciones de operación	448
20. PROBLEMAS DE LAS JAULAS IDENTIFICADOS POR EL SECTOR	449
21. CONCLUSIÓN	453
REFERENCIAS	459
AGRADECIMIENTO	465



INTRODUCCIÓN

Los cultivos de peces en el mar fueron la consecuencia lógica, en las últimas décadas, de las instalaciones en tierra.

Los altos costes de bombeo y la necesidad de optimizar la rentabilidad de las instalaciones forzaron el traslado, al menos de la fase de engorde de los peces, hacia el mar.

Los resultados económicos fueron espectaculares, así como los biológicos y patológicos, lo que impulsó el desarrollo exponencial de la acuicultura de peces en el mar, primero en aguas cercanas a la costa y más tarde en mar abierto.

La acuicultura «offshore» es ya hoy una realidad esplendorosa y representa el futuro de esta actividad.

Este segundo tomo de la serie sobre «Ingeniería de los Cultivos Marinos» va a tratar de cubrir las instalaciones que han hecho posible el cultivo de peces en el mar.

Aunque existen varios tipos de instalaciones, las jaulas o viveros flotantes constituyen la mayoría de los artefactos utilizados para el cultivo de peces en el mar, por lo tanto el contenido de este libro se centrará en estas estructuras.

A lo largo de los capítulos se detallarán los siguientes aspectos:


- Características generales de las jaulas,
- Descripción de las mismas.
- Ventajas.
- Tipos de viveros.
- Instalaciones en mar abierto.
- Selección del emplazamiento.
- Problemas y posibles soluciones de los cultivos en jaulas.



- Estado del arte de los viveros para peces nadadores y para peces planos.
- Esfuerzos y solicitudes sobre la instalación.
- Estudio de flotabilidad.
- Estudio del sistema de fondeo.
- Consideraciones operacionales.
- Mantenimiento e inspección.
- Especies que se cultivan en viveros.
- Engrase del atún rojo.
- Materiales anti-incrustantes.
- Descripción de un ciclo completo de operación.
- Problemas identificados por el sector.
- Conclusiones.

La idea que ha presidido la preparación de este libro es la misma que la del primer volumen y destacada por la crítica de una revista especializada del sector (IPAC): la practicabilidad.

Como ya decía en la introducción del primer libro...«Espero que este trabajo sea ayuda y apoyo a cualquier persona que se enfrente con la preparación de un proyecto de instalación de peces en el mar, y que le sirva para desarrollar su idea específica. Siempre es difícil empezar un proyecto pero si hay ya algo en que apoyarse, algo que ayude a iniciarlo, siempre será más fácil aunque el resultado final no se parezca nada a esta base. Si se logra este objetivo de ayuda y apoyo, el propósito de este trabajo se habrá logrado: semilla de proyectos futuros».

Las imágenes con este icono , son vídeos.
Pinche sobre la imagen para activarlos.