

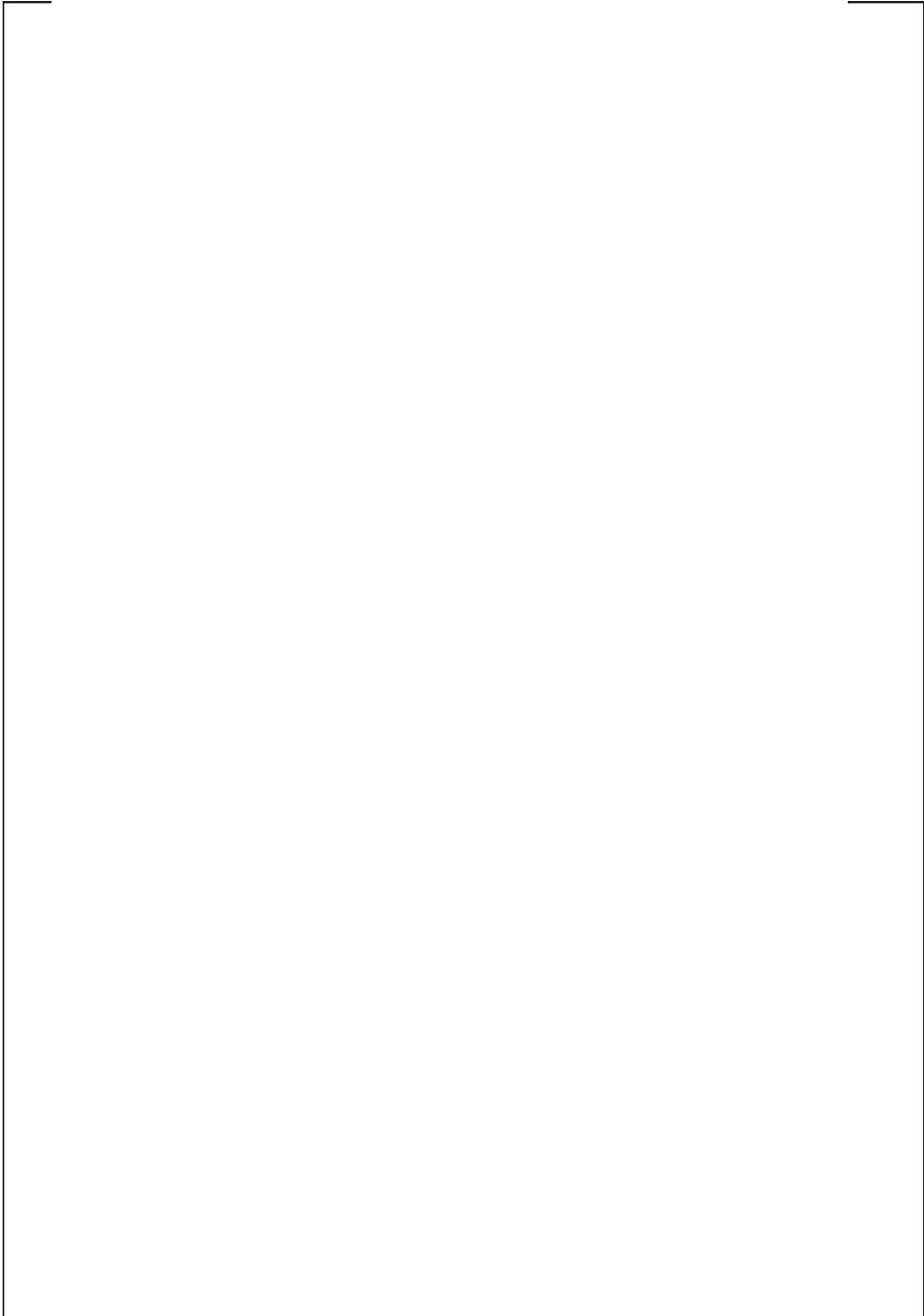
CULTIVO INTENSIVO DE LA ANGUILA EUROPEA

(*Anguilla anguilla*, L., 1758)

Cinta Borràs Pàmies

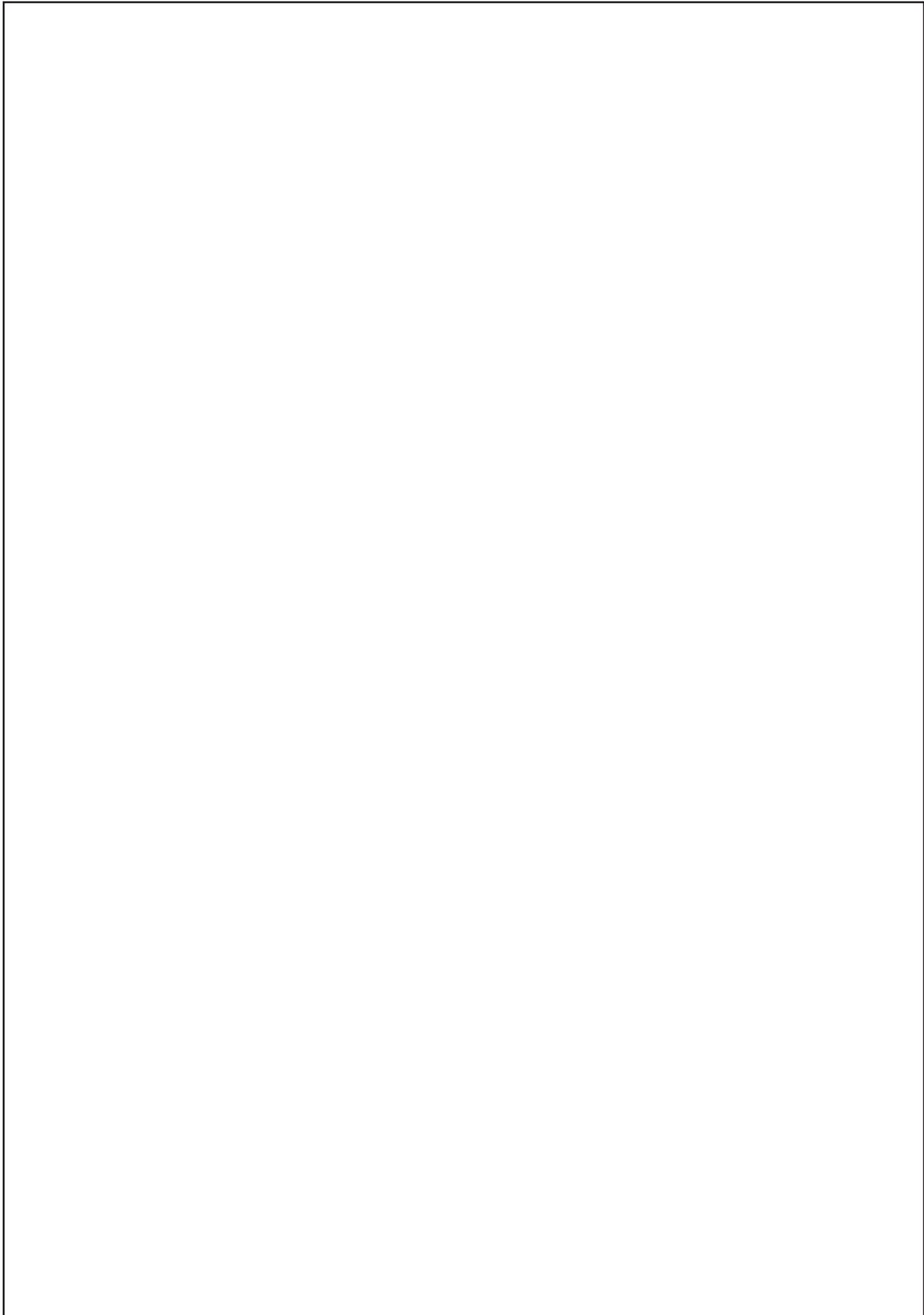
Josep Maria Franquet Bernis

2007



*A nuestros padres y padres políticos,
Josep y Maria Teresa, siempre presentes
en nuestro recuerdo*

*A Anton, que nos dejó una fría noche
de invierno, en el camino de la edición
de este libro*



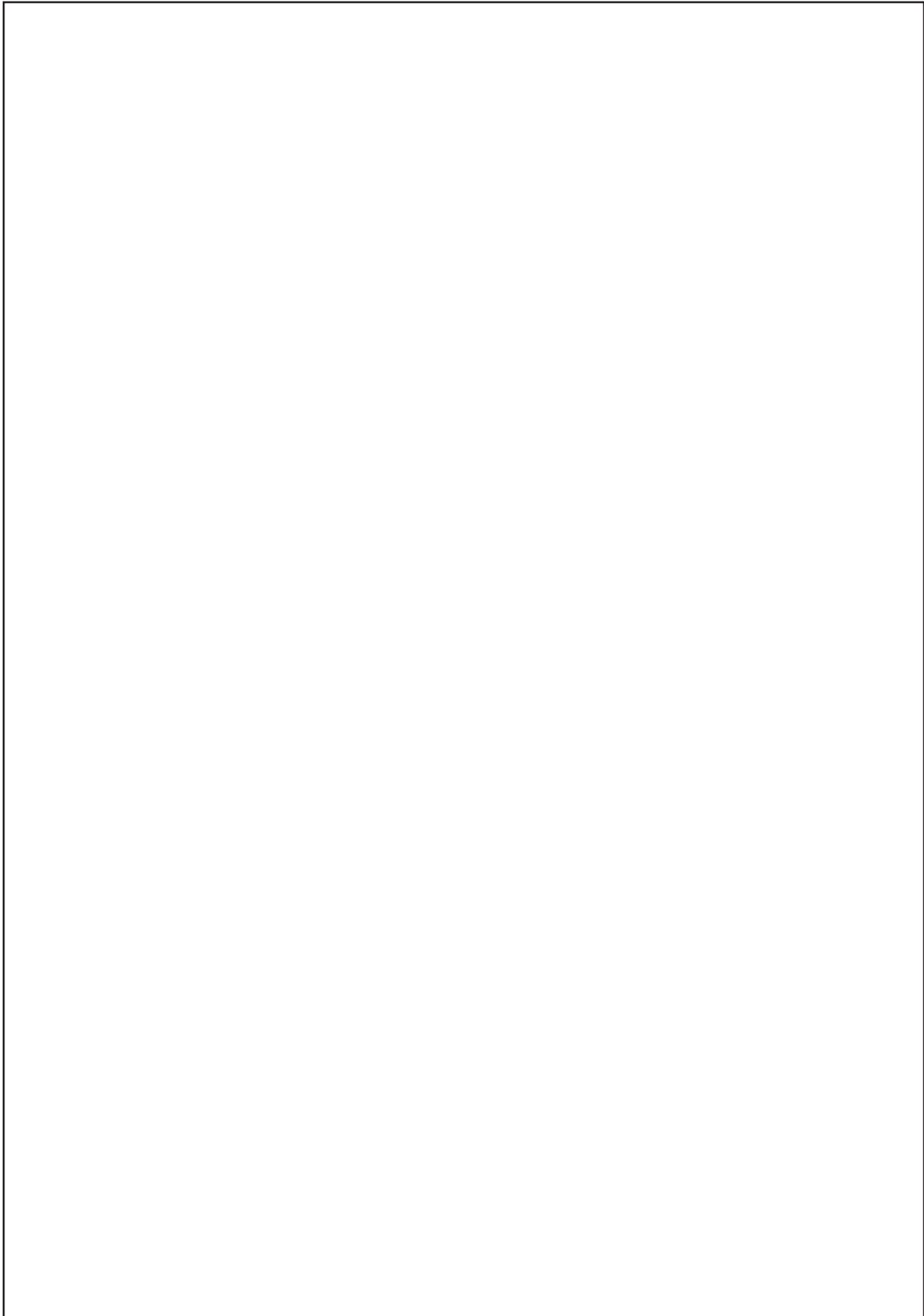
CULTIVO INTENSIVO DE LA ANGUILA EUROPEA

(Anguilla anguilla, L., 1758)

Cinta Borràs Pàmies

Josep Maria Franquet Bernis

2007



PRÓLOGO

La acuicultura, actividad que ha practicado el hombre desde antiguo, se ha convertido, desde hace unos años y a nivel mundial, en una valiosa fuente de aprovisionamiento de alimento y de proteína de calidad, que complementa la pesca tradicional y permite cubrir las crecientes necesidades alimenticias de la población, mediante la explotación sostenible de los recursos acuáticos, constituyendo lo que se podría denominar la “ganadería” del mar y de las aguas continentales.

El libro que ahora tenéis en vuestras manos os ofrece una aproximación original al conocimiento de la acuicultura: en primer lugar, enmarca la acuicultura en su contexto mundial y nacional, haciendo un repaso rápido pero preciso, tanto de los sistemas de cultivo existentes en la actualidad como del régimen legal que los regula, así como de los conceptos esenciales que es necesario tener presentes a la hora de plantearse el inicio de una explotación de cultivo.

En segundo lugar, y no por ello menos importante, el libro se centra en el cultivo de una especie concreta, la anguila europea, y lo hace desde un enfoque metódico y profundo, cubriendo y desarrollando conceptualmente todos aquellos aspectos que se deben tener en cuenta para la puesta en funcionamiento, con éxito, de un cultivo acuícola intensivo.

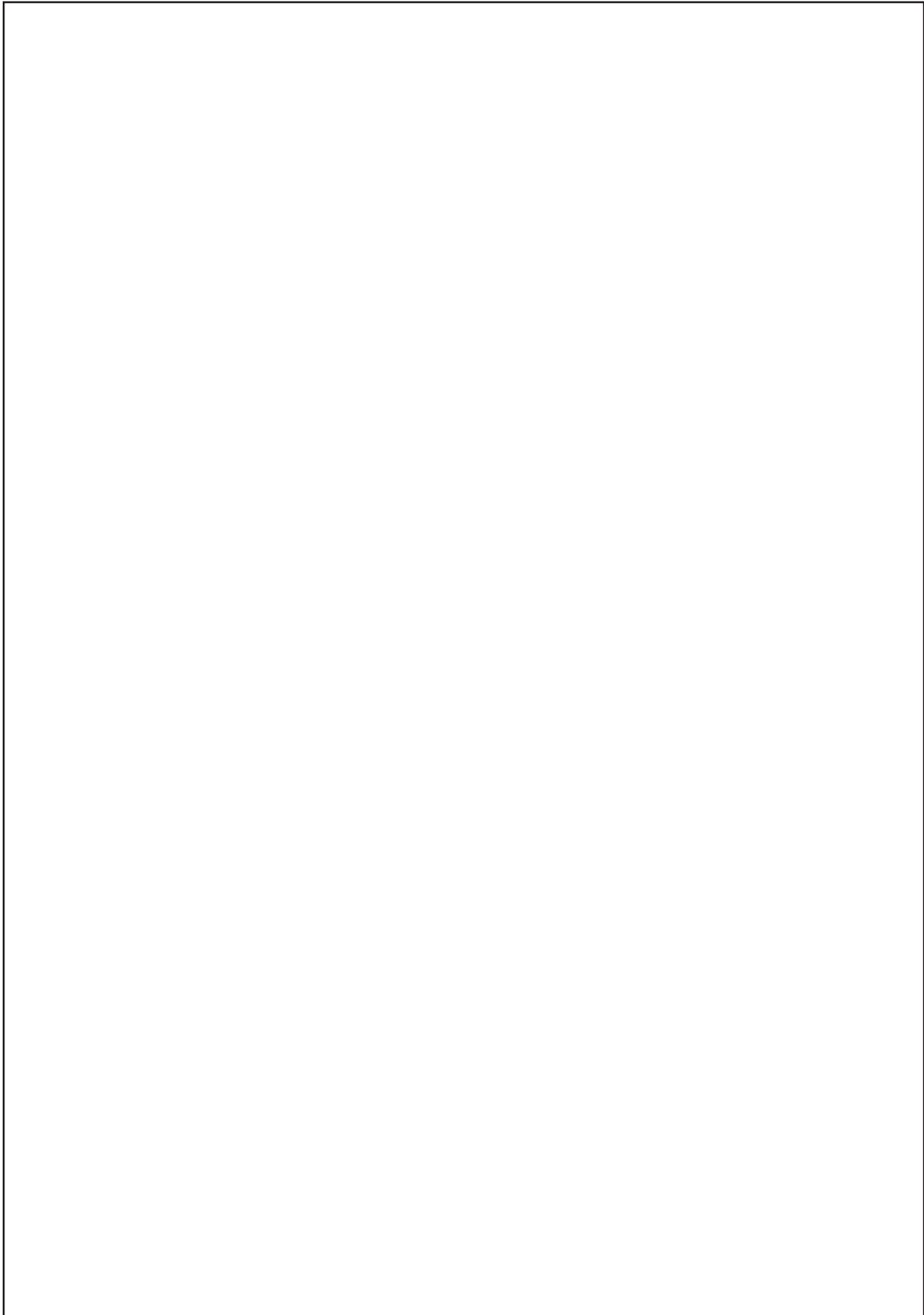
Aspectos que incluyen tanto la biología de la especie y sus requerimientos ambientales, como las características técnicas que ha de tener la instalación, así como el desglose de los costes de construcción y de explotación.

Finalmente, nos ofrece un suculento recetario, que bien seguro nos hará desear tener pronto la instalación acabada y produciendo.

Así pues, por su concepción y valor metodológico, el libro será de mucha utilidad no solamente a quienes se planteen la instalación de un cultivo intensivo de anguila, sino también como modelo para la realización de proyectos referidos a otras especies de interés.

Hernan Subirats i Videllet

Ingeniero Agrónomo
*Ex-Director General de Pesca y Asuntos Marítimos
de la Generalitat de Catalunya*



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1. UN POCO DE HISTORIA

La producción, más o menos controlada, de especies acuáticas, aunque puede dar la impresión que se trata de una práctica moderna, tiene casi la misma antigüedad que los demás sistemas tradicionales de producción de alimentos utilizados por el hombre: la agricultura y la ganadería.

De hecho, hay referencias en jeroglíficos egipcios y ya hace más de tres mil años que se realizaba piscicultura de engorde en la China, país donde Fan-Li publicó el primer *Tratado de piscicultura*, en el año 475 a. C. En términos que recuerdan la práctica de chinos y japoneses, Aristóteles habla ya del cultivo de la ostra en Grecia y Plinio hace referencia a este cultivo y al de la morena en la Roma imperial.

También en Europa se encuentran instalaciones acuícolas durante la Edad Media, generalmente asociadas a conventos y abadías, lo que nos hace pensar en una provisión suficiente de pescado para cumplir las obligaciones que imponía la religión católica durante la cuaresma.

El aprovechamiento de zonas como las lagunas costeras, refugio de alevines y formas juveniles de diferentes especies marinas, tiene también una larga historia de siglos. Estos tipos de acuicultura extensiva los encontramos en Asia (*tambaks*); Italia (*vallicoltura*); Camargue francesa (*marais*), o incluso los *esteros* en Cádiz y en las *lagunas* marismáticas del delta del Ebro.

A finales del siglo XIX, ya es posible hablar de la piscicultura completa al conseguirse la reproducción en cautividad de la trucha.

En 1890, en Canadá, se realizan las primeras pruebas de producción controlada del bogavante. En 1905, Fabre-Domengue y Bietrix consiguen la reproducción controlada y el desarrollo larvario de la platija. También, a principios del siglo XX se realizan las primeras pruebas de captura de larvas y cultivo en cuerda de mejillones en la costa tarraconense y, en 1909, Graells instala las primeras bateas en el puerto de Barcelona. Esta técnica se trasladaría posteriormente (1946) a las rías gallegas.

Aún así, no es hasta después de la Segunda Guerra Mundial (1939-45) que se puede empezar a hablar con propiedad de un completo cultivo del mar, con la mejora de las técnicas de reproducción controlada, el engorde de larvas y de alevines con piensos compuestos completos y equilibrados.

2. ANTECEDENTES

La acuicultura, según la definición de la FAO (1992), es el “cultivo de organismos acuáticos, incluyendo los peces, moluscos, crustáceos y algas”. El hombre interviene en el proceso para aumentar la producción, en operaciones como la siembra, la alimentación, la protección frente los depredadores, etc. Esta actividad de cultivo también supone que los individuos o asociaciones que la ejercen son propietarios de la población que se cría.

La recolección de los productos que naturalmente ofrece el mar, aquello que en definitiva es la pesca, constituye una práctica extractiva muy primitiva en comparación con la obtención de los productos de la tierra. Tanto la agricultura como la ganadería abandonaron estas prácticas primarias de recolección hace ya miles de años y, en su lugar, aplicaron técnicas de cultivo y de cría, respectivamente.

En este panorama, la acuicultura aparece, por un lado, como complemento e incluso como alternativa a las extracciones pesqueras, y por otro, como una práctica más racional y provechosa de obtención de productos acuícolas.

En los últimos años ha habido un cierto estancamiento en la extracción pesquera. Durante los años 1960 y 70, las pesquerías tuvieron un notable desarrollo debido, en gran medida, a la incorporación de nuevas tecnologías a las tradicionales artes de pesca y a la ampliación de los caladeros. Así pues, se pasó de una extracción de 18 millones de Tm en 1950 hasta 60 millones de Tm en 1970. Así mismo, la producción pesquera en 1989 fue de 85 millones de Tm, es decir, en los últimos años la producción se multiplicó por 1,4, mientras que en el periodo anterior (1950-70) este índice fue de 3,3. Todo parece indicar, por tanto, que se está muy cerca del límite máximo admisible de extracción de productos marinos por medio de las capturas tradicionales. Los expertos sitúan este límite entorno a los 100 millones de Tm por año.

En relación con lo expuesto, veamos que la mayoría de los países han comprendido que nos encontramos muy cerca del límite de los 100 millones de Tm anuales de capturas, calculado por los ecólogos como límite máximo, que si se sobrepasa, se corre el serio riesgo de un deterioro irreversible de la fauna acuática. Se empieza a tener conciencia de que se

debe restituir lo que se extrae, creando una nueva «ganadería» piscícola que ayude a equilibrar el exceso de las capturas realizadas.

Sin duda alguna, uno de los retos más grandes que hoy tiene planteados la humanidad es el de conseguir incrementar la producción de alimentos en la misma proporción que crece la población, para no hacer buenas las predicciones malthusianas. Es por todo esto que ha llegado el momento en que, para cubrir el déficit mundial de proteínas de origen acuícola, resulta necesaria una producción piscícola cultivada que se aproxima a los 7 millones anuales de toneladas más los 75 millones de toneladas capturadas (total: 82 millones de toneladas), y que para principios de este siglo XXI habrá de alcanzar los 60 millones de toneladas producidas más 90 millones de capturadas (total: 150 millones de toneladas). Dicho de otra manera, el 40% de los productos acuícolas procederán de la acuicultura. Si comparamos esta cifra con el 15% de la producción acuicultivada actual, podemos concluir que el futuro de la acuicultura, de momento, es muy prometedor y presenta un fuerte crecimiento en los próximos años.

A continuación se muestran algunos datos sobre la producción acuicultivada a nivel mundial, expresada en millones de Tm para diferentes años:

En 1976: 6,1 millones de Tm.
En 1982: 8,7 millones de Tm.
En 1983: 10,2 millones de Tm.
En 1988: 14,0 millones de Tm.

lo cual representa un incremento anual, en el periodo 1976-83, del 8,25%, frente a un incremento anual en el periodo 1985-88, del 10%.

En el estado español, la acuicultura aún está poco desarrollada. Así pues, en 1996, a nivel mundial, el 78% del pescado consumido era capturado mientras que el 22% era procedente de la acuicultura. En España y en el año 1999, el 97,4% del pescado consumido tenía su origen en la pesca de captura, mientras que sólo el 2,6% procedía de la acuicultura.

Se debe hacer constar que Cataluña tiene una situación privilegiada, favorable orografía y magníficas condiciones climáticas y posibilidades hidrográficas para el desarrollo de una buena y rentable piscicultura.

Además de la importancia de esta nueva biotecnología de la piscicultura para la producción de alimentos, su desarrollo comporta toda una serie de consecuencias para la estructura social de la zona, favorables en gran parte, aunque también hay posibles factores negativos que se tendrán que analizar detenidamente.

Las **ventajas** fundamentales son las siguientes:

- protección de la biodiversidad marina.
- en el mercado, en algunas especies desaparece la estacionalidad.
- permite el control total del proceso, garantizando las propiedades del producto que se comercializa y la selección de ejemplares por tallas.
- el pescado cultivado puede ser una materia prima excelente para obtener derivados, ya que el tiempo que transcurre y las condiciones de mantenimiento entre la captura y el procesado se pueden controlar fácilmente.
- producción de alimentos ricos en proteína de origen acuático.
- aprovechamiento óptimo de las ventajas que nos ofrecen nuestras costas y las zonas interiores.
- desarrollo de una nueva rama de la ingeniería relacionada con la instalación y la construcción de granjas de cultivo intensivas y extensivas.
- potenciación de la producción de pienso para la alimentación de las especies cultivadas, así como la instalación de empresas de transformación, comercialización y aprovechamiento de productos desechados hasta hoy.
- estimulación de la creación de una red de tratamiento de la producción, depuradoras i conserveras; congelación y fileteado de pescado; ahumado de los productos, etc.
- nivelación de la balanza comercial de importación-exportación.

Las posibles **desventajas** serían las siguientes:

- repercusiones ecológicas no deseables como consecuencia de las aguas utilizadas, cargadas de estiércol, restos de alimentos no ingeridos, productos catabólicos químicos y, en menor proporción, medicamentos y otros productos o *inputs* utilizados en el proceso productivo.

Desde el punto de vista nutricional, las diferencias entre pescado de acuicultura y pescado de captura son pequeñas. La mayor diferencia puede residir en la composición de su fracción de grasa. Así pues, en el pescado de captura entre el 15% y el 27% del total de ácidos grasos son insaturados de la serie omega – 3, que tienen un probado efecto cardioprotector. En el pescado procedente de acuicultura se puede mantener elevada la proporción de omega – 3 si este se alimenta con dietas de elevada concentración de aceites de origen marino. Solamente si se utilizan piensos basados en granos vegetales, el porcentaje de omega – 3 se ve reducido significativamente.

3. DÓNDE Y CÓMO PRACTICAR LA ACUICULTURA

Se puede afirmar que allá donde existe una reserva hídrica de importancia en la cual se desarrolle vida de manera natural, es posible también practicar la acuicultura con suficientes garantías de éxito.

Ahora bien, en el momento de decidir si se puede realizar dicha actividad, se debe tener una información, lo más completa posible, sobre los siguientes puntos:

- Contexto ecológico, con la finalidad de poder escoger el tipo y sistema de acuicultura más adecuado para la zona en cuestión.
- Datos climáticos: los valores medios de temperatura, pluviometría, insolación, dirección y fuerza del viento, así como también sus valores extremos, condicionan de manera definitiva la elección de las especies a cultivar.
- Calidad y cantidad de agua disponible.
- Tipo, configuración y extensión de las zonas utilizables, así como su proximidad a diferentes medios de transporte.

En cuanto a la decisión de escoger una especie u otra, se han de tener en cuenta diversos factores, como:

- Las especies autóctonas, que viven de manera natural en la zona (siempre preferible a la introducción de especies foráneas).
- El nivel de conocimientos científicos y tecnológicos, en relación con las especies interesantes.
- Valor económico de la especie y posible comportamiento en el mercado, tanto interior como exterior.
- Disponibilidad de la tecnología adecuada, así como de fuentes de financiación efectiva.

En cuanto a las regiones más adecuadas para la acuicultura en el litoral español, según estudios realizados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, se citan a continuación, juntamente con datos de la superficie aprovechable y rendimientos.

- **Zona Mediterránea:** desde Portbou hasta el estrecho de Gibraltar, incluidas las islas Baleares: con unas 500 ha aprovechables y una producción teórica de unas 250.000 Tm/año. Se debe destacar la zona del Delta del Ebro, como la más adecuada *a priori* por sus condiciones bioecológicas, geológicas y climáticas.
- **Zona Subatlántica:** desde el estrecho de Gibraltar hasta Ayamonte, con las salinas de Cádiz y Huelva. La superficie aproximada es de 800 ha y la producción de 34.000 Tm/año.
- **Zona Canaria:** con una superficie de 58 ha y una producción de 10.000 Tm/año.
- **Zona Gallega:** además de las zonas ya explotadas se podrían utilizar unas 130 ha nuevas con la posibilidad de conseguir 32.000 Tm/año.
- **Zona Cantábrica:** con una superficie aproximada de 300 ha y una producción de 2.500 Tm/año.

4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ACUICULTURA EN EL ÁMBITO MUNDIAL

Durante el periodo 1988-1997, la producción acuícola aumentó progresivamente hasta llegar a alcanzar una producción total, el año 1997, sin incluir las plantas acuáticas, de 28,8 millones de toneladas, de las cuales 17,6 fueron de acuicultura continental y 11,2 de acuicultura marina. Si se incluyen aquellas, la mayor producción de las cuales se da en Asia e Iberoamérica, la producción alcanzó los 36,1 millones de toneladas, pero hay que considerar que las algas sólo se utilizan parcialmente en la alimentación humana.

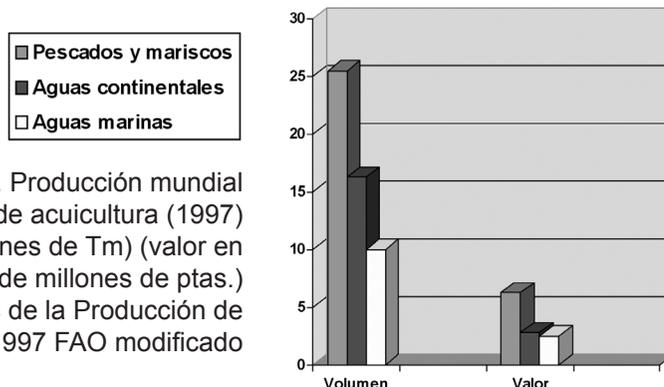


Figura 1.1. Producción mundial de acuicultura (1997) (volumen en millones de Tm) (valor en miles de millones de ptas.)
Fuente: Estadísticas de la Producción de Acuicultura 1988-1997 FAO modificado

La mayor parte de la acuicultura se concentra en los PVD (países en vías de desarrollo), siendo Asia, con un 84%, el mayor productor mundial (China con el 60% produce casi la mitad de la acuicultura mundial).

La acuicultura de los países asiáticos se basa tradicionalmente en pequeñas explotaciones familiares de especies de bajo valor comercial, principalmente de especies continentales.

Europa, con un 8,5%, es el segundo continente en producción acuícola. Las especies que se producen alcanzan altos valores económicos en el mercado.

En cuanto a los cultivos que se realizan, veamos que Asia centra su mayor producción en la acuicultura continental, destacando especialmente el cultivo de la carpa, con un valor de mercado escaso. También hay una producción importante de langostino. China se sitúa como el primer productor mundial de algas. En América del Sur, destaca el cultivo del salmón en Chile, especie de alto valor comercial, así como el cultivo más tradicional del langostino en Ecuador, Perú, Méjico y otros países de la región. En América del Norte, destaca la gran producción de salmón en Canadá, y en menor proporción, de trucha, bagre, langostino, ostra y salmón en Estados Unidos. En Oceanía los moluscos y el salmón ocupan los primeros puestos. En Europa cabe destacar la cría de unas cuantas especies, como el salmón en Noruega, Reino Unido y Irlanda, la trucha irisada en Francia, Italia, Dinamarca y España entre otras, la rápida expansión de la producción de dorada (*Sparus aurata*) y lubina (*Dicentrachus labrax*) en los países del Mediterráneo, fundamentalmente Grecia, Turquía, Italia y España, y la cría de carpas en Alemania y en los países del Este. En cuanto a los moluscos, cabe destacar como representativa la producción de mejillones en España y Holanda, y el gran desarrollo de la producción de ostra en Francia.

Al realizar este análisis a nivel mundial, hay que valorar que las necesidades de alimentación de los países desarrollados son radicalmente diferentes a las de los países en vías de desarrollo (tercer mundo), donde a veces se está hablando de una acuicultura suministradora de proteínas.

La acuicultura europea se caracteriza, al contrario de lo que pasa en los países en vías de desarrollo, por el cultivo de especies de elevado valor añadido y utilizando sistemas tecnológicamente avanzados. Aún así, sigue existiendo un fuerte componente de la acuicultura más tradicional, que supone un porcentaje importante del total de la acuicultura, y que consigue que Francia y España ocupen los primeros lugares de la acuicultura europea; en el primer caso gracias a la ostricultura y en el segundo caso debido al cultivo del mejillón (*Mitylus galloprovincialis*). En ambos casos, se trata de formas de cultivo muy artesanas.

A nivel mundial, en los años 80 del siglo XX, no existían prácticamente industrias de acuicultura consolidadas, exceptuando el caso de Japón, China y otros países asiáticos, con una mentalidad muy diferente a la del resto y en los cuales se desarrollaron modelos económicos basados en granjas acuícolas que funcionaban bajo un sistema cooperativo bastante peculiar.

A partir de finales de la década pasada empezó una fuerte evolución industrial de la acuicultura, que ha originado que actualmente exista un importante número de industrias consolidadas en nuestro entorno cultural, industrias que en algunos casos han superado en dimensión a las propias de la pesca. Se utiliza tecnología de producción muy avanzada, que ha permitido realizar un rápido crecimiento. Las especies que se están desarrollando más, en la actualidad, son aquellas que llegan a un valor alto en el mercado y permiten soportar importantes inversiones económicas (como el langostino, salmón,...).

Cabe destacar los ejemplos de algunos países que han experimentado una espectacular remontada, como es el caso de Noruega, que pasó de producir 8.600 toneladas de salmón en 1981 a 350.000 toneladas en 1998, facturando cerca de 962 millones de euros (160.000 millones de pesetas). Grecia ha experimentado en los últimos años un crecimiento considerable en la producción de dorada y lubina, pasando de una producción total de 4.000 toneladas en 1988 a más de 44.000 el año 1997. Otro país que también ha despuntado al respecto es Chile, donde a unas condiciones naturales adecuadas y a una tecnología de producción conocida se les han sumado unas medidas legislativas favorecedoras de la actividad y la existencia de uno de los mercados que ha podido soportar el desarrollo de esta industria. Así pues, Chile ha pasado de producir 9.200 toneladas en 1988 a 272.000 en 1997, con lo cual en sólo 10 años ha creado una nueva industria, con una facturación próxima a los 841 millones de euros (140.000 millones de pesetas), y se ha situado como el segundo país del mundo productor de salmón.

Se debe remarcar el hecho de que España, que tenía una considerable producción piscícola cuando estos países aún no habían empezado a despuntar, ha visto en pocos años como su producción ha sido ampliamente superada por el desarrollo de éstos, que los ha llevado, en el caso de Noruega, a situarse entre los primeros de su entorno. Así:

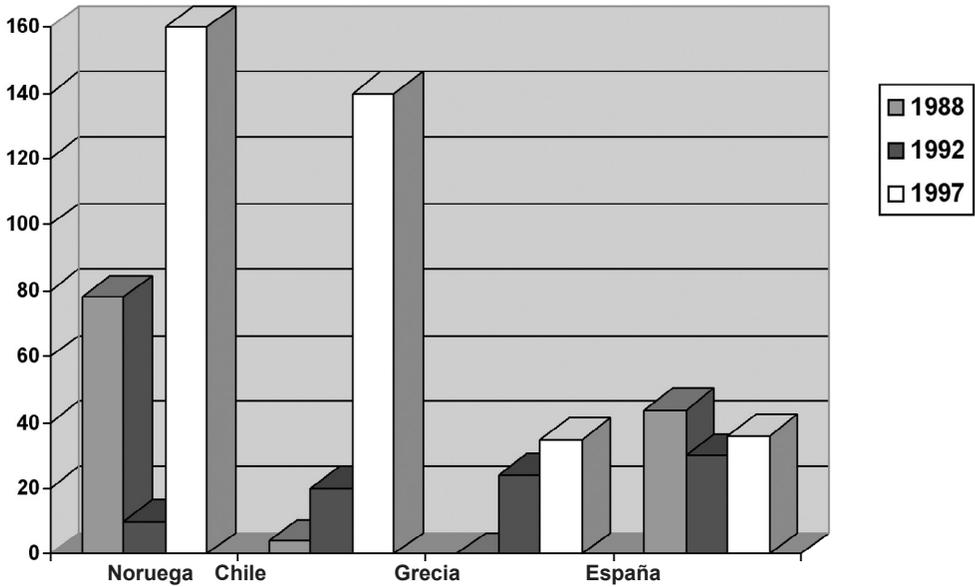


Figura 1.2. Evolución del valor de la acuicultura en Noruega, Chile, Grecia y España los años 1988, 1992 y 1997 (miles de millones de pesetas) (incluye moluscos)
Fuente: Estadísticas de la Producción de Acuicultura 1988 – 1997, FAO modificado

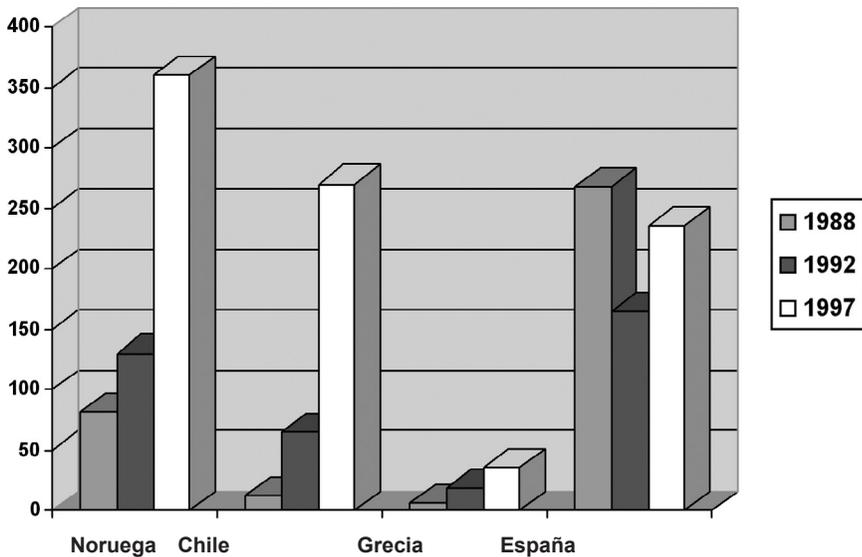


Figura 1.3. Evolución de la producción de acuicultura en Noruega, Chile, Grecia y España durante los años 1988, 1992 i 1997 (volumen, miles de Tm) (incluye moluscos)
Fuente: Estadísticas de la Producción de Acuicultura 1988 - 1997 FAO

Dentro de este panorama, España está situada, aproximadamente, en el lugar 14 del ranking mundial de productores. Por delante del Estado español, a nivel europeo, se encuentra Francia y Noruega, aunque comprendidas en el mismo rango de producción, en la franja de les 200 - 300 mil toneladas/año.

No obstante, la acuicultura española es una de las más significativas de la Unión Europea, obteniendo el 3% de la producción mundial en volumen y el 25% de la europea. Así:

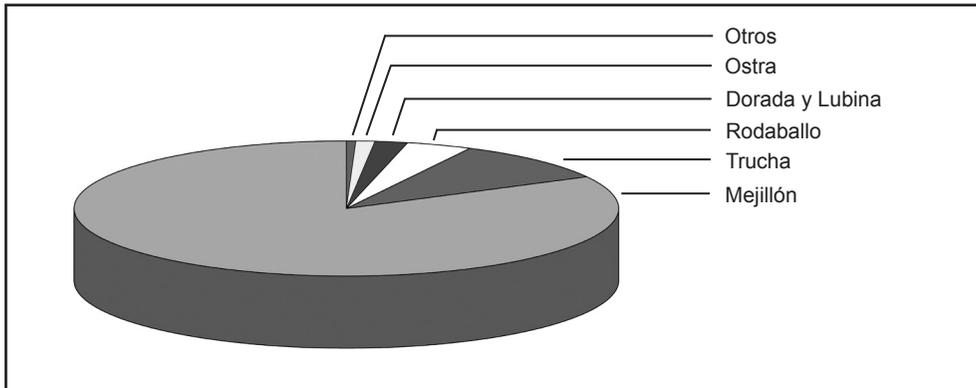


Figura 1.4. Producción en España de diferentes especies (toneladas) (1998).

Fuente: Estadística de la Secretaría General de Pesca Marítima

Cuadro 1.1. Producción en España de diferentes especies acuícolas (toneladas) (1998)

Especie	Producción en toneladas
Rodaballo	12.300
Dorada y lubina	6.000
Trucha	30.000
Ostra	3.600
Mejillón	260.000
Otros	2.000
Producción total anual (1998)	313.900

La producción española en 1998 fue, pues, superior a las 313.000 toneladas, que se reducen a sólo 53.900 si se descuenta el mejillón. Esta producción supone aproximadamente el 24% de la producción pesquera total, aunque los datos de la producción pesquera española se han de tomar con cierta precaución por razones de fiabilidad.

A principios de la década de los ochenta del pasado siglo, el perfil de la acuicultura española era el de un sector centrado en pequeñas empresas de economía familiar y muy tradicionales. Tres tipos de cultivo caracterizaban esta actividad:

- El cultivo de trucha irisada, el aumento del cual tuvo lugar durante la década de los sesenta.
- El cultivo del mejillón en las rías gallegas, el inicio del cual fue en los años cuarenta y su desarrollo tuvo lugar desde la mitad de los años sesenta hasta mediados de los setenta.
- La acuicultura de los esteros gaditanos, iniciada a principios de los cuarenta al entrar la industria salinera local en una grave crisis y su desarrollo, muy lento al principio, no despegó definitivamente hasta finales de los setenta.

Actualmente, a estas modalidades tradicionales se ha incorporado un nuevo sector, altamente industrializado y en rápida expansión. Sus exponentes más característicos son el cultivo del rodaballo, al norte y noroeste, en instalaciones intensivas en tierra, y el de la lubina y la dorada en jaulas flotantes en el Mediterráneo, región subatlántica e Islas Canarias.

Aprovechando este impulso, se está produciendo una fuerte modernización en el cultivo del mejillón, así como una mayor industrialización, donde se incorporan conceptos empresariales más actuales, en los cultivos de trucha y en los esteros de la región subatlántica.

El tipo de cultivo en cada zona se ha desarrollado en función de sus características biogeográficas. En cuanto a la acuicultura marina, por áreas geográficas, la cornisa cantábrica y la región noroeste se caracterizan por el cultivo del mejillón en las tradicionales bateas o estructuras flotantes de madera, por lo que se refiere a los moluscos, y el rodaballo en granjas en tierra, por lo que se refiere a los peces. Otras especies destacadas son: las ostras, cultivadas en bateas y en otro tipo de estructura flotante, y las almejas (*Tapes decussatus* si se trata de la fina y *Tapes semidecussatus* si nos referimos a la japonesa) y berberechos (*Cerastoderma edule*) en parques de cultivo. Con importancia secundaria, cabe mencionar los pectínidos, el salmón y, de forma emergente, el pulpo, del cual se han realizado interesantes cultivos experimentales. Como especies de futuro, además del pulpo, se debe mencionar el besugo. La comunidad autónoma española que centra la casi totalidad de estos cultivos es Galicia.

Las zonas mediterránea y subatlántica, de aguas más templadas, mantienen un cultivo basado en la dorada y la lubina, en granjas en tierra y jaulas flotantes, además de otras especies como las ostras, almejas y mejillones en estructuras *long line* y el langostino con carácter secundario. El atún rojo, pulpo, dentón y lenguado son las especies que pueden emerger en los próximos años. Cataluña y Andalucía lideran la acuicultura en estas regiones. Es destacable la producción en Andalucía de dorada y lubina en esteros, que constituyen antiguas salinas dedicadas a la cría de pescado, por sus excepcionales cualidades biogeográficas. Canarias produce dorada y lubina en jaulas flotantes, habiéndose desarrollado este cultivo en los últimos años con una gran fuerza expansiva.

En cuanto al cultivo de especies continentales, la primera especie por importancia es la trucha irisada, cultivada en tanques de cultivo, en cultivo intensivo, la cría de la cual se centra principalmente en Galicia, y en un segundo nivel, en Castilla-La Mancha, Castilla-León, Navarra, Asturias, Cataluña, Andalucía y La Rioja.

Otras especies de interés son la tenca, que se cría en lagunas y embalses en Extremadura y Castilla-León, aunque en esta última comunidad de manera sólo testimonial. Con carácter minoritario se produce también cangrejo, carpa a nivel local en las Baleares y esturión en la Cuenca del Guadalquivir.

De acuerdo con los últimos datos disponibles sobre la acuicultura en el conjunto del estado español correspondientes al 2001, la acuicultura marina catalana ocupa el tercer puesto dentro del conjunto de Comunidades Autónomas del Estado, por detrás de las comunidades autónomas de Galicia y Murcia (en este caso, la mayor parte de su producción corresponde a los túnidos).

Por sectores tenemos que en relación con la producción piscícola la acuicultura marina de Cataluña se encuentra en sexto lugar dentro del conjunto del Estado, por detrás de las comunidades de Murcia, Andalucía, Galicia, Comunidad Valenciana y Canarias.

En el Estado Español, la especie piscícola más producida es la dorada, seguida de los túnidos, el rodaballo, la lubina y el salmón. En Cataluña, la especie más producida también es la dorada, pero a continuación se encuentra la lubina.

En relación con el cultivo de la dorada, el principal pescado cultivado en Cataluña, su producción ocupa el tercer lugar dentro del conjunto del Estado Español, por detrás de Andalucía y la Comunidad Valenciana.

Si nos centramos en la producción de moluscos en Cataluña, tanto en relación con la producción de mejillones como con la de ostrón (*Crassos-*

trea gigas), está situada en el segundo lugar dentro del conjunto del Estado Español, solamente tiene por delante la Comunidad Autónoma de Galicia.

La especie más producida dentro de la acuicultura marina en el conjunto del estado español son los mejillones, seguidos a mucha distancia por las ostras (*Ostrea edulis*), las almejas y los berberechos. En Cataluña, el mejillón también es la especie más producida, seguida a gran distancia, por el ostrón y las almejas.

5. EVOLUCIÓN DE LA ACUICULTURA EN CATALUÑA

5.1. Introducción

La evolución de la producción total de acuicultura a lo largo de los años 1992 - 1999 ha sido la que se muestra en el cuadro 1.2.

Cuadro 1.2.- Evolución de la acuicultura en Cataluña en el periodo 1992 - 1999

Año	1992	1993	1994	1995
Toneladas	4.932,731	3.483,370	3.399,984	3.964,504
Año	1996	1997	1998	1999
Toneladas	4.775,894	4.789,286	4.803,124	4.775,592

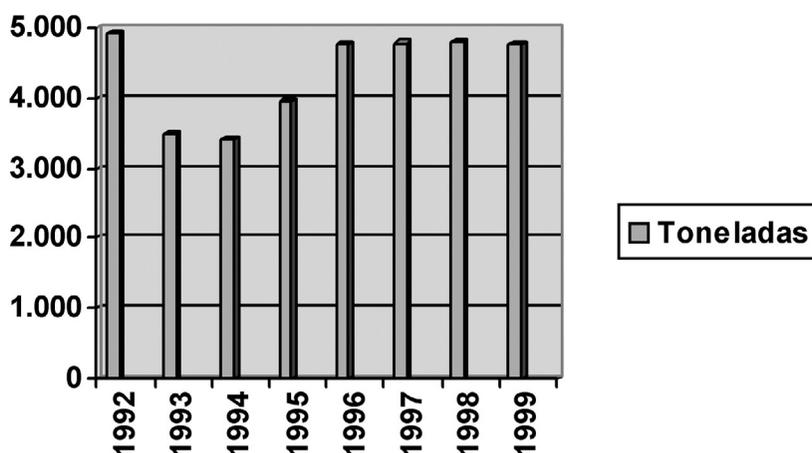


Figura 1.5. Evolución de la acuicultura en Cataluña del año 1992 al 1999

La elevada producción acuícola de 1992 se debe a una gran producción de las mejilloneras del delta del Ebro, la cual se hubo de reordenar disminuyendo el número de cuerdas de las mejilloneras, ya que era una producción demasiado elevada para que la pudieran soportar las dos bahías del delta del Ebro. En los años posteriores, como se puede observar en los

datos del cuadro, esta producción se va racionalizando y los aumentos de producción correspondieron principalmente al cultivo de dorada y secundariamente al de la lubina.

A lo largo de estos años, si se dejan aparte los datos de coquina, navaja y berberecho, que no corresponden a actividades acuícolas propiamente dichas, entonces la producción acuícola se mantiene en un nivel muy similar a la del año anterior, experimentando incluso un pequeño incremento.

Durante el año 2002 se han producido en Cataluña un total de 5.182,830 toneladas de productos acuícolas, las cuales, en primera venta, equivalen a 13.362.361,32 euros. Comparando estos datos con los del año 2001 tenemos:

Cuadro 1.3.- Evolución de la acuicultura en Cataluña en el periodo 2000 - 2002

Año	Toneladas	Euros
2000	5.099,904	11.680.000,00
2001	5.128,261	13.242.233,99
2002	5.182,830	13.362.361,32

Como se puede observar en los cuadros de datos, durante el 2002 y respecto al año 2001 se ha producido un aumento de 54,569 toneladas de producción (un 1,06% más que el año 2001) y de 120.137,33 euros en primera venta (ha aumentado el 0,91% respecto al 2001). El aumento de los importes en primera venta se debe principalmente a una mayor producción de dorada (aunque en este caso su precio ha bajado) y al incremento de los importes obtenidos en primera venta de la lubina y el ostrón.

5.2.- Evolución de la acuicultura de pescado en el periodo 1992 – 2002

La evolución de la producción total de peces (dorada, lubina, anguila, múgil o mújol y pez gato) durante los años 1992 - 1999, se indica en el siguiente cuadro 1.4.

Cuadro 1.4.- Evolución de la acuicultura de pescado en el periodo 1992 - 1999

Año	1992	1993	1994	1995
Toneladas	14,970	343,700	323,600	559,723
Año	1996	1997	1998	1999
Toneladas	550,609	626,328	836,684	1.185,617

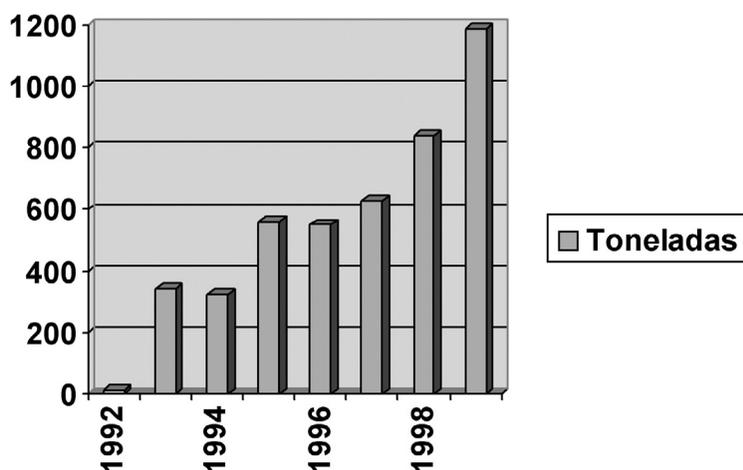


Figura 1.6.- Evolución de la acuicultura de pescado en el periodo 1992-1999

En relación con la producción de pescado, esta ha pasado de las 1.533,155 toneladas del año 2001 a las 1.753,265 toneladas del 2002. Es decir, ha aumentado 220,110 toneladas, lo cual equivale a un incremento del 14,35%. En relación con lo que representa el importe en 1ª venta de esta producción, tenemos que ha pasado de los 9.252.106,12 euros del 2001 a los 9.287.321,13 euros del 2002. Durante este periodo se ha conseguido un incremento de 35.215,01 euros respecto al año anterior, la cual cosa representa un aumento del 0,38%.

Cuadro 1.5.- Evolución de la acuicultura de pescado en el periodo 2000 - 2002

Año	Toneladas	Euros
2000	1.391,303	-
2001	1.533,155	9.252.106,12
2002	1.753,265	9.287.321,13

Dentro de este apartado ha habido un incremento de producción de dorada, que ha pasado de las 1.470,156 toneladas en el año 2001 a las 1.517,034 toneladas en el 2002. Se ha producido un aumento de 46,878 toneladas respecto al año anterior, lo cual equivale a un incremento de producción del 3,18%.

En cuanto a la lubina, el cultivo de esta especie ha pasado de las 60,812 toneladas del 2001 a las 232,608 toneladas del año 2002, lo que supone un aumento en 171,796 toneladas respecto al 2001, es decir, un 282,503%.

La producción de alevines de lubina también ha experimentado un aumento. Se ha pasado de las 2.328.950 unidades producidas el año 2001 a las 2.500.000 unidades del año 2002. Por lo tanto, se han producido 171.050 alevines más que el año anterior, lo cual representa un aumento del 7,34%. En relación con las demás especies de pescado producidas en Cataluña, su producción presenta unos valores muy residuales: 0,0144 toneladas de mugílido y 3,608 toneladas de lenguado

5.3.- Evolución de la acuicultura de moluscos en el periodo 1992 - 2002

La evolución de la producción de moluscos (mejillón, ostrón, berberecho, coquina y navaja), teniendo en cuenta la reordenación efectuada en las mejilloneras del delta del Ebro en 1992, ha sido hasta 1999 la que se muestra en el siguiente cuadro 1.6.

Cuadro 1.6.- Evolución de la acuicultura de moluscos en el periodo 1992 - 1999

Año	1992	1993	1994	1995
Toneladas	4.917,761	3.139,670	3.076,384	3.402,781
Año	1996	1997	1998	1999
Toneladas	4.225,285	4.162,958	3.966,440	3.589,975

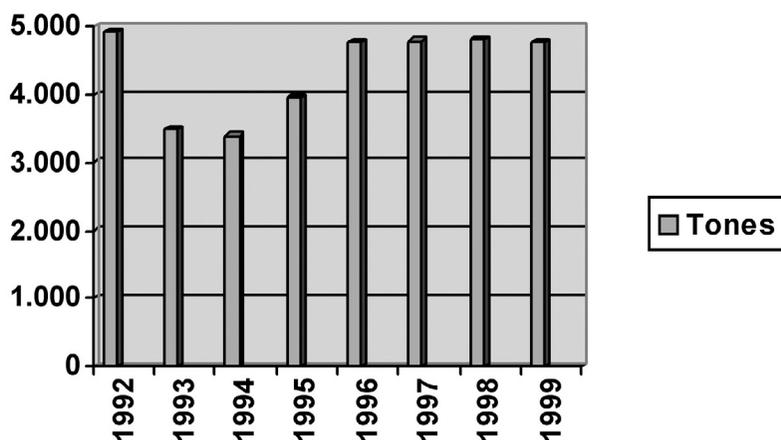


Figura 1.7.- Evolución de la acuicultura de moluscos en el periodo 1992 - 1999

En relación con el cultivo de moluscos tenemos que la producción de las especies cultivadas en Cataluña, (principalmente mejillones, ostrones y almejas) ha pasado de las 3.595,094 toneladas del 2001 a las 3.429,566 toneladas del año 2002, es decir, la producción de estas especies ha disminuido en 165,528 toneladas, cosa que equivale a un 4,6% respecto al año anterior.

En cuanto al importe de la producción de moluscos en primera venta, tenemos que esta ha pasado de los 3.989.790,94 euros del 2001 a los 4.075.040,19 euros del 2002. Por tanto, se han obtenido este último año 85.249,250 euros más que en 2001, o sea, un 2,137% superior al importe obtenido en 2001.

El descenso en la producción de moluscos se debe a la disminución de la producción de mejillones en las bahías del delta del Ebro i en las *long lines* de las aguas de la zona del delta del Ebro. No obstante, dentro de las bahías del delta del Ebro, si bien la producción de mejillones ha disminuido, ha aumentado en cambio la producción de ostrón.

El aumento de los importes obtenidos en primera venta de la producción de mejillones se debe principalmente a un aumento de los importes conseguidos por la venta de ostrón.

Cuadro 1.7.- Evolución de la acuicultura de moluscos en el periodo 2000 - 2002

Año	Toneladas	Euros
2000	3.708,571	-
2001	3.595,094	3.989.790,94
2002	3.429,566	4.075.040,19

En este apartado cabe destacar el descenso de producción de los moluscos, el cual se debe principalmente a una menor producción de mejillones, la cual ha pasado de las 3.086,279 toneladas del 2001 a las 2.770,136 toneladas del 2002: ha disminuido en 316,143 toneladas, es decir, un 10,24%. El motivo de este descenso se debe a la no producción de mejillones por el sistema de *long lines*, el cual se realizaba fuera de las bahías del delta del Ebro, y a un descenso en el cultivo de mejillón en las mejilloneras de las bahías del delta del Ebro. Esta disminución está relacionada con el hecho que en las mejilloneras del delta del Ebro ha aumentado la producción de ostrón a fin y efecto de diversificar la producción. Así pues, la disminución de la producción de mejillón se ha visto compensada por un aumento de la producción de ostrón.

En relación con la producción de ostrón, ésta ha aumentado, pasando de las 349,936 toneladas del 2001 a las 579,325 toneladas del 2002. Esto ha sido a causa de una diversificación en los cultivos de las mejilloneras del delta del Ebro, en el sentido que se ha cultivado más ostrón y menos mejillón. Si bien la producción de ostrón fuera de las bahías, principalmente por el sistema de cultivo en *long lines*, ha disminuido, la producción de ostrón dentro de las bahías ha sido muy superior a la del año 2001.

La producción de almeja (fina y japonesa) ha experimentado en 2002 un descenso en su producción, pasando de las 157,321 toneladas en 2001 a las 77,106 toneladas en 2002, lo que equivale a una reducción de 80,215 toneladas respecto al 2001, lo que equivale a un descenso del 50,98% respecto el 2001.

La producción de berberecho ha aumentado respecto al año 2001 y ha pasado de las 1,558 toneladas del 2001 a las 2,998 toneladas del 2002, es decir, 1,440 toneladas más que en 2001. Por lo tanto ha experimentado un aumento del 92,42%. No obstante, las cantidades de esta producción son muy moderadas.

6. LA ACUICULTURA EN *LES TERRES DE L'EBRE*

6.1. Introducción

La pesca ha sido un sector tradicional de *les Terres de l'Ebre*, situadas entre la comunidad autónoma catalana y la valenciana, del cual viven actualmente unas 8.000 personas. La pesca litoral en esta zona produce una quinta parte de la totalidad de la pesca que se captura en Cataluña y se concentra entre los puertos de Sant Carles de la Ràpita y Vinaròs (Sur) y de l'Ametlla de Mar (Norte).

Por ahora, parece que las importantes capturas que se producían en esta zona han tocado techo, pero gracias al valor económico de las capturas de moluscos y crustáceos se ha propiciado la difusión de la acuicultura en la zona.

Por otra parte, el desarrollo de la acuicultura en Cataluña es muy reciente. Desde el año 1986, el acceso a las ayudas comunitarias dirigidas a la mejora de las condiciones de transformación y comercialización pesquera y acuícola y a la orientación del sector acuícola, ha propiciado la implantación de proyectos de establecimiento de cultivos marinos y el engorde de pescados y moluscos.

En el Delta del Ebro, las actividades de marisqueo se llevan a cabo principalmente en la bahía del Fangar, la bahía de Els Alfacs y la Punta del Fangar. Después de diez años de rodaje, el sector acuícola empieza a consolidarse. Aproximadamente, la ocupación en acuicultura es de unas 400 personas. En Cataluña se cuentan 82 explotaciones dedicadas a producciones acuícolas y 16 titulares de plantas depuradoras de moluscos y viveros, la mayoría de los cuales están situados en el delta del Ebro.

La acuicultura del Delta ha experimentado el incremento del número de explotaciones dedicadas a los cultivos marinos, el refuerzo de las activi-

dades productivas de moluscos, sobre todo de mejillones, ostras, ostrones y almejas y la progresiva mejora de las técnicas utilizadas, tanto por las explotaciones de cultivo en tierra como por el cultivo en jaulas en el mar.

En el año 1996, la casi totalidad de las explotaciones acuícolas (el 86% de las mismas) se encontraban situadas en las dos comarcas litorales del ámbito de actuación del “Plan Territorial Parcial de las *Terres de l'Ebre*”, en las comarcas del *Baix Ebre* y del *Montsià*. Los productores de estas comarcas se han especializado en la cría de bivalvos lamelibranquios, aunque recientemente están diversificando esta producción con la instalación de explotaciones orientadas hacia la cría y engorde de diferentes especies de pescado. El año 1997, la producción acuícola del conjunto de estas comarcas alcanzó las casi 4.700 toneladas de pescado, con un volumen global de ventas de más de 6 millones de euros (1.000 MPTA). Si estos valores los ponemos en relación con los datos de la pesca marítima de 1996, vemos que las capturas de los puertos del ámbito de *les Terres de l'Ebre* fueron de 7.300 toneladas y con un valor de más de 18 millones de euros (3.000 MPTA) .

Aunque en 1992 la producción de mejillones en el delta del Ebro fue muy elevada, posteriormente su producción experimentó diversas fluctuaciones, a consecuencia de diferentes factores, como por ejemplo las elevadas temperaturas alcanzadas en las bahías del delta del Ebro en 1994, las cuales provocaron graves mortalidades en las bahías del Delta, así como los diversos “blooms” de *Girodinium corsicum* que se han dado periódicamente en aquellas bahías y que también han contribuido a disminuir la producción de mejillón.

En el año 1996 hubo una elevada producción dado que se habían superado las mortalidades de mejillón causadas por los fenómenos citados. En los años 1998 y 1999 la producción de mejillón en las bahías del delta del Ebro se estabilizó, volviendo a aumentar en 2000. En 2001 la disminución de la producción de mejillones se debe a una menor producción de esta especie por el sistema de *long lines*. En las bahías de Els Alfacs y del Fangal, la producción de mejillón fue similar a la del 2000, ya que, si bien la producción de mejillón en la bahía de Els Alfacs disminuyó a causa de las elevadas temperaturas del verano, este descenso se compensó con el aumento de producción que se produjo en la bahía del Fangar.

Durante el año 2002 ha influido en la menor producción de mejillones los diversos cierres durante el verano de la bahía de Els Alfacs, debidos a episodios de mareas rojas y también a una mayor diversificación del cultivo de moluscos en las mejilloneras, en el sentido que se ha producido más ostrón que en los últimos años.

La producción de mejillones en el delta del Ebro representa el 3% del total del Estado español. Actualmente existen unas 170 mejilloneras repartidas entre los dos espacios (hemidelta norte y hemidelta sur), unas 80 en la bahía del Fangar y unas 90 en Els Alfacs. Debe considerarse, al respecto que en una mejillonera estándar de unos 1.500 m² se pueden llegar a colgar unas 1.000 cuerdas de una longitud aproximada de tres metros cada una; cada cuerda produce, a su vez, aproximadamente entre 25 y 30 kg de mejillones. En el año 1997, los mejillones representaban el 70% de la producción acuícola y el 30% del volumen de ventas.

En el Delta hay instaladas más de un 60% de las empresas catalanas que se dedican a la producción de mejillones, a la vez que éstas representan el 73% de las empresas de acuicultura de la zona y buena parte de las mismas se encuentran en los municipios de Deltebre y de Les Cases d'Alcanar.

La producción de ostrones ha experimentado durante el periodo 1992-2002 diversas oscilaciones que han estado relacionadas principalmente, al igual que el caso de los mejillones, con los fenómenos de temperaturas elevadas o "blooms" de *Girodinium corsicum* que han dificultado su cultivo en las bahías del delta del Ebro. La disminución de la producción de ostrón en el 2001 fue consecuencia de una menor producción de esta especie por el sistema de *long lines*. La producción de esta especie en el año 2001 en las mejilloneras del delta del Ebro fue ligeramente superior a la del 2000. En el 2002, aún siguiendo la disminución del cultivo de ostrón por el sistema de *long lines*, se ha producido un fuerte incremento del cultivo de esta especie, dado que en las mejilloneras del delta del Ebro se han diversificado más los cultivos que en los últimos años, a favor de la producción de ostrón.

El cultivo de almeja que se da en parques de cultivo ubicados en las concesiones del delta del Ebro, también ha experimentado diversas fluctuaciones durante el periodo analizado, relacionadas principalmente con la mayor o menor calidad de las aguas y con el progresivo cierre de la bahía del Fangar. Por estos motivos, el cultivo de almeja ha disminuido durante el año 2002.

La estabilización de la producción de mejillones y almejas en las dos bahías deltaicas sería posible con unas determinadas condiciones naturales en ambos espacios, las cuales han variado sustancialmente en el tiempo: en el caso de Els Alfacs se habría de avanzar bastante para resolver el problema de la renovación del agua para mejorar su oxigenación y garantizar una temperatura adecuada para el crecimiento de estas especies. Esta renovación se puede favorecer con la llegada de agua dulce, ya que 1 m³ de ésta desplaza 10 m³ de agua salada y con este desplazamiento se consigue renovar el oxígeno y evitar las posibles anoxias que provocan la muerte se-

gura de los moluscos. En este sentido, la detracción prevista en el anterior Plan Hidrológico Nacional del 2001 de 1.050 hm³/año desde el tramo inferior del río Ebro para el abastecimiento de otras cuencas hidrográficas españolas, constituía un peligroso ejercicio de alteración del equilibrio ecológico de la zona, de consecuencias impredecibles. En cualquier caso, dicho Plan fue modificado por la Ley 11/2005, de 22 de junio, B.O.E. nº: 149 del 23/06/05, pág. 21.846 y ss., a resultas de la cual los trasvases inicialmente previstos desde el Bajo Ebro, hacia el Norte y hacia el Sur, fueron anulados.

En el caso del Fangar, con una temperatura media anual del agua algo inferior, la situación es compleja ya que el natural rellenado del fondo y el cierre de la bahía por las corrientes marinas es una de las causas más directas que impide el incremento del rendimiento de los mejillones, que ha disminuido en un 50% en los últimos años. Por otra parte, la resolución de este problema está vinculada a las posibles soluciones que se puedan articular para estabilizar el Delta ante el fenómeno de su regresión geomorfológica y requiere conocer con esmero como se puede mantener el nivel de profundidad adecuado para la cría de los moluscos. La intervención en esta bahía se ha orientado hasta la fecha a conocer la velocidad de rellenado del fondo marino y a completar los estudios sobre las corrientes y los flujos existentes y los necesarios para mantener la obertura del Fangar y la necesaria renovación de su agua.

La diversificación de la producción acuícola se ha orientado hacia el engorde de algunas especies de peces para el consumo humano, especialmente de doradas y lubinas. En el año 1996, la producción de dorada en las comarcas costeras de *les Terres de l'Ebre* representaba el 72% de toda la producción de esta especie en Cataluña. De las 13 empresas productoras de doradas, 10 se encuentran ubicadas en el Baix Ebre y el Montsià y más concretamente en los términos municipales de Amposta, l'Ametlla de Mar, l'Ampolla, les Cases d'Alcanar y Sant Carles de la Ràpita. Estas empresas engordan la dorada siguiendo dos procesos substancialmente diferentes: hay siete que las crían por el método de las balsas en tierra y tres que las crían en jaulas flotantes, ancladas al fondo marino. El crecimiento de la producción de este tipo de pescado no ha sido suficiente como para atender la actual demanda y esto hace prever un aumento a corto plazo. En el año 1997 representaba el 11% de la producción acuícola del Delta y el 42% del volumen de ventas.

Esta modalidad de engorde de pescado aún resulta muy minoritaria. Según los expertos, a la complejidad de la instalación requerida se le ha de sumar la de la alimentación de las especies y también la dificultad de controlar las epidemias en un ecosistema cerrado. Aún así, en el litoral de *les Terres de l'Ebre* todavía hay posibilidades de instalación de nuevas jaulas.

Estas explotaciones podrían realizarse como ampliación de las empresas existentes, si estas aún no han agotado el número de jaulas marinas solicitadas en el momento de construir la empresa o bien en nuevas ubicaciones en el litoral, siempre y cuando se cumplieran los requisitos medioambientales exigidos por la legislación vigente. El "Pla Territorial Parcial de les Terres de l'Ebre" mencionado recomienda que las nuevas instalaciones de jaulas en alta mar se realicen en aquellos espacios más idóneos, según criterios ecológicos de aptitudes del litoral y que tengan en cuenta la especial dinámica generada por las corrientes marinas y de aportación de sedimentos alrededor del delta del Ebro, de tal manera que se compatibilicen los requerimientos de estas instalaciones con la fragilidad manifiesta en la dinámica del Delta.

El desarrollo de este sector complementario a la actividad pesquera tradicional disfrutará de las ayudas de la Unión Europea, tal como se desprende del Reglamento núm. 2.792/1999, de 17 de diciembre, por el cual se definen las modalidades y condiciones de las intervenciones con finalidad estructural en el sector de la pesca. El futuro despliegue del programa para los años 2000-2006 enmarcará las características de las ayudas que se podrán conceder a los proyectos de inversión en piscicultura intensiva.

Otras especies que se están introduciendo en el delta del Ebro son la cría de lubinas, hasta hace poco resurgida en cantidad producida, la liza y, precisamente, la **anguila**.

Respecto a este tipo de producción piscícola se habrá de propiciar la construcción piloto de granjas en tierra, con todos los servicios mínimos necesarios para poner en marcha nuevas producciones piscícolas: o sea, posibilidad de disponer de agua salada y dulce, espacio suficiente, buenos accesos e infraestructuras, electricidad, área de almacenaje, etc.

Debe recomendarse que se controlen los vertidos a las aguas dulces de los productos químicos y eutróficos utilizados en los procesos agrícolas y salineros, ya que después serán utilizadas en las piscifactorías y en las explotaciones de bivalvos de las bahías. De esta manera se permitirá el desarrollo y la consolidación de nuevas actividades económicas en el delta del Ebro.

La expansión y la intensificación de la acuicultura asegurarán, en fin, la diversificación del sector primario a la vez que generará unas rentas complementarias a la economía de la zona. Así mismo, este proceso de consolidación del sector no ha de interferir en los extraordinarios valores naturales y ambientales del delta del Ebro como principal recurso turístico y cultural de la zona.

6.2. Actuación en el campo de la acuicultura marina del *Institut Català del Sòl*

En la lógica de la promoción de la acuicultura como complemento de la economía del arrozal, el *Institut Català del Sòl* (INCASOL), que es un organismo autónomo adscrito al *Departament de Política Territorial i Obres Públiques* de la *Generalitat de Catalunya*, promoverá una actuación de sesenta hectáreas, en régimen cooperativo y servicios de base comunes.

La actuación inicial, prevista en el *Pla Territorial Parcial de les Terres de l'Ebre* (PTPTE), incluirá 10 unidades en explotación extensiva familiar y régimen de franquicia para los servicios comunes. Cada unidad ocupará entre una y seis personas; eso significa que la actuación de acuicultura marina ocupará sesenta personas. Los resultados totales de la producción se calculan en unas 2.400 toneladas por año (6 kg/m²) y unos ingresos totales oscilantes entre 12 y 17,3 millones de euros (2.000 y 2.880 MPTA), cantidades que pueden reportar unos beneficios estimables entre 180.304 y 270.455 millones de euros (30 y 45 MPTA) al año por cada unidad de explotación, según cual sea la producción y el precio por kilogramo, lo que representará una rentabilidad entre 24.040 y 42.071 millones de euros (4 y 7 MPTA) por hectárea al año, muy superior, por ejemplo, a la del arroz.

La actuación se emplazará entre la isla de Buda y la balsa de la Alfacada, en la partida denominada "del Marqués de Tamarit", a lo largo del brazo del río Migjorn. La situación o emplazamiento ayuda a reforzar la protección de ambas zonas del parque natural y a la vez, a través de la garganta del río Migjorn, tiene captación directa de agua marina al exterior sin que dependa de la calidad del agua de las bahías.

El *Institut Català del Sòl* ofrecerá a las diferentes unidades productivas, que sean capaces de funcionar de manera independiente, un conjunto de servicios comunitarios para abaratar los costes de instalación, mejorar la calidad de la producción y reducir los gastos de explotación. A tal efecto, el emisario será conjunto; habrá un servicio de captación de agua marina, con un caudal entre 55.000 y 800.000 m³ por día; también serán colectivos: el canal distribuidor de las unidades de producción, la balsa biológica de tratamiento del agua antes de su retorno al mar, el sistema automático de control de la calidad del agua de cultivo, el alumbrado general y el abastecimiento de agua potable.

Más adelante, en un segundo estadio y también en régimen cooperativo, se plantea la posibilidad de la adquisición del pienso compuesto completo para la alimentación del cultivo piscícola, la distribución del oxígeno líquido, la distribución de la producción e incluso, en coordinación con el *Institut Nacional d'Aqüicultura*, el montaje de instalaciones de preengorde (desde 1-2 gramos

hasta 10-15 gramos) y de reproducción y producción de semilla para 3 ó 4 millones de alevines al año, de manera que se asegure la semilla en la cantidad, calidad y momento oportuno y a un precio más bajo que el de mercado (de 75 pesetas por unidad hasta 25 pesetas por unidad).

El objetivo perseguido es el de disminuir los gastos de producción de 575 pesetas por kilogramo hasta las 450 pesetas, ampliar beneficios y optimizar los márgenes de seguridad de la explotación.

El módulo de cada unidad de explotación ocupará unas cinco hectáreas. Las instalaciones necesarias serán las balsas de engorde de primer y segundo año, los canales de alimentación y recogida y un barracón de unos 100 m² para servicios auxiliares de almacén, taller, oficina, control, comedor, sanitarios y vestuarios del personal.

El consumo de agua por día se situará entre los 4.000 m³ (10% del volumen total) y los 80.000 m³ (200% del volumen total).

Se prevé una rentabilidad media de entre 173.091 y 259.637 euros al año (de entre 28,8 y 43,2 millones de pesetas al año), lo que permite suponer que el balance económico será negativo al tercer o cuarto año de explotación, pero los beneficios acumulados, por unidad de explotación a 10 años, se cuantifican entre 270 y 340 MPTA aproximadamente.

Veamos, a continuación, algunos datos de producción en la zona por orden descendente según su cuantía económica.

Cuadro 1.8 Producción acuícola de *les Terres de l'Ebre*, 1997

Especie	Toneladas	% del peso	Pesetas	% PTA
Dorada	484,91	10,36	512.168.523	41,77
Mejillón	3.324,07	70,99	361.965.813	29,52
Ostrón	587,83	12,56	108.931.186	8,89
Almeja	88,70	1,89	94.768.198	7,73
Berbercho	157,97	3,37	65.945.408	5,38
Múgil	4,30	0,09	43.888.480	3,58
Lubina	25,27	0,54	31.107.074	2,54
Anguila	3,00	0,06	3.400.000	0,28
Ostra	0,75	0,02	1.750.000	0,14
Navaja	3,61	0,08	1.553.600	0,13
Pez gato	1,74	0,04	487.200	0,04
Total	4.682,15	100,00	1.225.965.482	100,00

Fuente: *Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (Generalitat de Catalunya)*, 1998

CAPÍTULO 2

TECNOLOGÍA Y TIPOS DE PRODUCCIÓN EN ACUICULTURA. EXACCIONES

1. NECESIDADES TECNOLÓGICAS

1.1. Riesgos y retos tecnológicos para el futuro desarrollo

1.1.1. Riesgos comunes a los desarrollos tecnológicos de la acuicultura

1. La investigación pública debe evolucionar, trabajando en las líneas que beneficien el desarrollo del sector, coordinando y dirigiendo los esfuerzos hacia los problemas más urgentes que la industria se va encontrando. La anómala situación actual, aún existiendo una infraestructura con investigadores e instalaciones muy competentes, es debida a que no se han encontrado las fórmulas de gestión adecuadas que faciliten la transmisión de las necesidades del sector industrial al sector investigador.

2. Existe una falta de planificación por parte de la Administración, que impide ordenar de manera adecuada el crecimiento y la consolidación de la industria acuícola, constituyendo actualmente una seria amenaza que puede comprometer el futuro del sector, especialmente su posición internacional. Algunas cuestiones, como la definición del tipo de concesión administrativa, las distancias mínimas, etc., habrán de tenerse en cuenta por parte de la Administración competente, ya que influirán en el tipo de tecnología a desarrollar.

3. El sector industrial ha de ser consciente de la internacionalización del mercado de los productos acuícolas, ya que sus competidores podrán surgir en países lejanos, especialmente cuando los productos tengan una vida comercial superior a la que le otorga la tradicional comercialización en fresco.

4. El sector ha de ser consciente de la importancia de la imagen pública que en el futuro habrá de tener la industria acuícola como industria responsable, razón por la cual habrá de equiparse con los medios precisos que puedan transmitir la imagen más adecuada, como sector de futuro con un desarrollo sostenible y compatible con los usos tradicionales. Esta cuestión es especialmente importante en términos medioambientales y de seguridad en el trabajo.

5. El sector acuícola, como ya se ha comentado extensamente en el capítulo anterior, experimenta un enorme y creciente desarrollo a nivel mundial. Ningún subsector de la acuicultura que no tenga un continuo desarrollo tecnológico podrá sobrevivir en el futuro, siendo necesario mantener unas permanentes líneas de investigación tecnológica propias que permitan competir en los próximos años.

1.1.2. Retos para los desarrollos tecnológicos comunes en la acuicultura española

1. España está pasando de ser una potencia pesquera y consumidora de productos pesqueros, a ser una potencia sólo consumidora e importadora. Existe, pues, un déficit en nuestra balanza comercial pesquera que ya en 1996, fue de 1.268 millones de euros (211.000 millones de pesetas). La acuicultura se desarrolla en nuestras aguas territoriales, generando una riqueza alternativa y complementaria a la de la pesca, existiendo un gran mercado desabastecido.

2. El sector de la acuicultura es un sector multidisciplinar que, aún en la actualidad, tiene una dimensión reducida, y para acercar los conocimientos actuales de sectores importantes y similares como los de la pesca y la transformación de productos pesqueros, sería interesante promover la existencia de comités y *forums* que permitan conocer las necesidades y disponibilidades tecnológicas de todos los sectores con futura influencia.

3. Debido a la enorme cantidad de intereses que se conjugan en el litoral y en las cuencas hidrográficas, para que el desarrollo de la acuicultura alcance una dimensión importante, tiene que estar precedido de decisiones estratégicas tomadas a nivel nacional. Sólo se podrán tomar estas medidas con una planificación correcta, si existe una investigación seria que permita realizar un seguimiento al incipiente sector y que permita tomar las medidas adecuadas con los datos contrastados.

4. La acuicultura internacionalmente ha tenido unos desarrollos muy importantes en los países de nuestro entorno cultural. Es necesario que sea una constante del sector investigador español, y especialmente de la Administración como gestora del medio acuático, el hacer un permanente seguimiento de los acontecimientos que tengan lugar en las industrias maduras de la acuicultura.

5. La velocidad de desarrollo del sector de la acuicultura es tal que deben existir fórmulas ágiles que permitan adecuar las medidas administrativas a los desarrollos tecnológicos que vayan apareciendo.

6. El Estado español tiene que equilibrar la infraestructura investigadora para promover el desarrollo de la acuicultura, teniendo en cuenta que es una investigación multidisciplinar, donde han de participar, entre otros, las universidades politécnicas, las facultades de derecho y económicas, las facultades de biología y veterinaria,... que puedan abordar todos los aspectos relacionados con la acuicultura, siendo muy conveniente promover *forums* de reunión que permitan compartir necesidades y experiencias pluridisciplinares.

7. Debe existir una permanente investigación para ampliar los mercados tradicionales de la acuicultura, cuyas producciones han ido consuetudinariamente dirigidas al consumo directo, siendo muy importante para el estado español, que en la actualidad es una de las mayores potencias mundiales turísticas, dar servicio a la industria del ocio mediante la promoción de la pesca deportiva, los acuarios, los peces ornamentales y otras actividades lúdicas y culturales.

1.2. Líneas de actuación para el desarrollo sostenible de la acuicultura

1.2.1. Introducción

Aunque esta actividad, en comparación con otros sectores productivos, tiene unos efectos globales relativamente bajos sobre el medio en el momento actual -caracterizado por una fuerte preocupación por la degradación del medio ambiente- la acuicultura debe abordar una nueva etapa basada en la integración de la dimensión medioambiental y en los principios del desarrollo sostenible o *ecodesarrollo*.

1.2.2. Circunscripción de la acuicultura

El desarrollo de la acuicultura está circunscrito a determinadas áreas territoriales, caracterizadas por sus buenas condiciones medioambientales, la intensidad de la presión humana y la potencial o real capacidad para el ejercicio de otros usos.

A todo eso, debe añadirse el hecho de que muchas de las potenciales localizaciones para la futura implantación de instalaciones dedicadas a la acuicultura presentan problemas de contaminación (mar Mediterráneo, tramos medios y bajos de los ríos del estado) y/o de implantación de otros usos (asentamientos turísticos, zonas de baño, puertos, etc.), lo que puede dificultar el crecimiento de la acuicultura.

1.2.3. Integración y compatibilización de la acuicultura con el medio ambiente

Por lo que se ha dicho en el apartado anterior, es evidente la necesidad de integrar y compatibilizar la acuicultura con la protección del medio ambiente; esto constituye un requisito indispensable para su desarrollo actual y su futura expansión. Por eso resulta necesario, de acuerdo con las directrices expresadas por diversos organismos internacionales (Naciones Unidas, OCDE, Unión Europea, etc.), acordar una estrategia que se aborde, en un futuro próximo, a cuatro niveles diferentes:

- **Planificación y ordenación de las zonas donde se asienten las instalaciones**, especialmente las zonas costeras (donde se espera el mayor crecimiento de esta actividad), lo que evitaría el conflicto de intereses entre los diferentes usos y establecería las zonas óptimas, desde una perspectiva medioambiental y social, para el desarrollo de cultivos acuícolas.

Dadas las dificultades prácticas a la hora de realizar la planificación integral costera, por cuestiones metodológicas y administrativas (tienen competencias organismos de los tres niveles administrativos existentes en nuestro país: central, autonómico y local), en una primera fase sería factible realizar un inventario de zonas de interés de cultivos marinos, teniendo en cuenta las características de la zona (viento, oleajes, corrientes marinas, etc.) y la posible concurrencia de otras actividades (canales de navegación, bancos de pesca o marisqueo, etc.).

- **Evaluación del impacto medioambiental de futuras instalaciones concretas, lo que permitirá garantizar la adecuada relación entre las presiones ejercidas sobre el medio y la capacidad de acogida de éste.** Este procedimiento habría de aplicarse a instalaciones de carácter intensivo de grandes dimensiones o, independientemente de estas características, cuya ubicación se localice en zonas especialmente frágiles o vulnerables. De hecho, en algunas Comunidades Autónomas, determinados tipos de explotaciones acuícolas se habrían de someter a este procedimiento o bien a otro de carácter similar simplificado.

En este sentido, la Directiva 97/11/CEE del Consejo de Ministros, de 3 de marzo de 1997, por la cual se modifica la Directiva 85/377/CEE, incluye en su Anejo II los "proyectos de cría intensiva de pescado". En el caso de proyectos incluidos en dicho Anejo, los Estados miembros habrán de determinar, mediante un estudio caso por caso o mediante umbrales o criterios, los proyectos que se han de someter al mencionado procedimiento.

- **Introducción de técnicas y sistemas de gestión medioambientales en las instalaciones existentes**, con la finalidad de adoptar las

técnicas disponibles en cada momento que tengan una menor repercusión medioambiental y la adopción de medidas fundamentalmente encaminadas a la consecución de los siguientes objetivos:

- proteger la calidad del medio ambiente.
- proteger la biodiversidad.

De esta manera, se integrarían las variables productivas y medioambientales en la gestión de las explotaciones acuícolas, además de comportar las siguientes ventajas:

- incremento de la formación y sensibilización medioambiental de todo el personal.
- mejora de las condiciones de operación y los resultados de comportamiento medioambiental.
- demostración de estos resultados a terceras personas.
- abertura de canales de comunicación hacia el exterior con la consecuente potenciación de la imagen de la acuicultura.

Sería conveniente que las asociaciones y empresas se implicaran en la promoción e implantación de sistemas de gestión medioambiental, por cuya razón la institución de un código de conducta medioambiental al que se adhieran las empresas representaría un primer paso, de la máxima importancia, en este sentido.

La definición de indicadores medioambientales objetivos, que permitieran medir en el tiempo los progresos obtenidos en el comportamiento medioambiental del conjunto del sector y de las instalaciones a nivel individual, contribuiría en buena medida a incentivar a las empresas a adoptar prácticas y sistemas de gestión medioambiental y a extender y potenciar las relaciones del sector con la sociedad.

• **En el ámbito de la investigación y el desarrollo de la acuicultura**, ampliamente incentivado en el momento actual, se habría de prestar especial atención a la dimensión medioambiental. Por ejemplo, las mejoras introducidas en la composición de los piensos compuestos en los últimos años han generado una disminución de los índices de conversión en salmonidos desde valores de 2,0 (en 1974) a 1,2 (en 1994) e inferiores a 1,0 en la actualidad. Esto, junto al incremento de la proporción de la proteína digestible sobre la bruta y a la reducción de su contenido en fósforo, ha producido una significativa reducción de las aportaciones contaminantes al medio natural, especialmente de nutrientes.

Es fundamental también investigar profundamente los efectos de

las instalaciones marinas (jaulas flotantes y bateas) sobre el medio, lo cual permitiría disponer de elementos e indicadores para instaurar mecanismos eficaces de seguimiento y monitorización del medio que permitan gestionar adecuadamente estos tipos de explotaciones.

Por último, además de estos campos de investigación, se abren expectativas interesantes en relación a:

- Cultivo de especies en mar abierta.
- Utilización de proteínas de origen vegetal en la formulación de piensos compuestos.
- Optimización y conocimiento de los procesos de alimentación.
- Incremento de la eficiencia en la producción y en el aprovechamiento de recursos.
- Biotecnología molecular aplicada.
- Sistemas de integración entre acuicultura y agricultura (ya se ha mencionado antes el caso previsto en el delta del Ebro por el correspondiente "Pla Territorial Parcial", promovido desde la *Generalitat de Catalunya*).

2. SISTEMAS Y TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN

2.1. Tipos y sistemas

De entrada, deben tenerse en cuenta las siguientes definiciones:

Acuicultura continental: cultivo de especies estrictamente de agua dulce, centrada prácticamente en la trucha y carpa; tiene más de un siglo de tradición científico-técnica y con la mayoría de sus problemas (fisiológicos, patológicos, etc.) ya bastante resueltos.

Acuicultura marina: referida al cultivo de especies con ciclo biológico, total o parcialmente, marino. Mucho más reciente y con una variedad de especies mucho más amplia, presenta hoy una problemática más acusada. Ésta no sólo alcanza aspectos biológicos y técnicos de la producción masiva de las especies, sino que también comporta problemas de tipo ecológico, social y legal.

2.2. Tipos según organismos de cultivo

Dentro de la acuicultura marina cabe distinguir los siguientes conceptos:

Piscicultura: cultivo de peces.

Carcinocultura (Crustacicultura): producción controlada de crustáceos.

Malacocultura: cultivo de moluscos con terminología según la especie (v. gr.: “mitilicultura” para el mejillón, “ostricultura” o “pectinicultura” para la producción de ostras, etc.).

Alguicultura: para la producción de algas.

2.3. Tipos según las fases del ciclo biológico

Los tipos de producción en acuicultura se pueden clasificar además de acuerdo con la serie de etapas del ciclo biológico que abarque el sistema productivo.

De manera general el ciclo biológico de cualquier especie consta de las siguientes fases: reproducción y producción de huevos, fase de larva y post-larva o alevín, fase juvenil y adulto.

De acuerdo con esto, el proceso de producción comprende dos etapas bien diferenciadas, a saber:

- 1ª etapa: engloba las fases de reproducción y producción de larvas y post-larvas o alevines. La inversión en instalaciones es elevada ya que el diseño y desarrollo de las instalaciones de reproducción, incubación y fase larvaria (*hatchery*) constituyen la fase de aspecto tecnológico más avanzado. Las instalaciones para el pre-engorde (*nursery*) hasta la etapa de post-larva o alevín, exigen también sistemas de control de los parámetros ambientales y del agua más o menos tecnificados, según la especie.

Además, esta etapa es la que determina también unos costes más elevados, tanto en personal, de elevada calificación técnica, como en energía (regulación de la temperatura, ambiental y del agua, sistemas de filtración y tratamiento del agua, alimentación larvaria, etc.).

- 2ª etapa: abarca desde la fase de post-larva o alevín hasta obtener individuos de talla comercial y aptos para el consumo humano. Se refiere esta a la llamada de engorde o cebo.

La tecnología y las instalaciones no son tan sofisticadas, el control de los diferentes parámetros es mucho menos estricto y con una mayor dependencia de las condiciones naturales ambientales. La preparación técnica del personal puede ser menos elevada.

Una vez bien definidas las diferentes fases de cultivo, se puede hacer la siguiente clasificación de los sistemas de cultivo:

- **Acuicultura integral:** alcanza todas las fases del ciclo biológico de las

especies, desde la reproducción hasta la venta de los individuos que han alcanzado la talla comercial. Posiblemente, éste es el sistema más completo y el que ofrece un mayor rendimiento económico; ahora bien, también es el más costoso desde todos los puntos de vista.

- **Acuicultura parcial o de semicultivo:** aquella que solamente incluye algunas de las fases del ciclo biológico. Así pues, se pueden encontrar granjas de cría (que se dedican a la producción masiva y venta de larvas y/o post-larvas) y las granjas de engorde (la empresa se dedica al engorde y comercialización de especies procedentes de la granja de cría).

2.4. Tipos de acuicultura, según la ubicación

A) **Cultivo en tierra:** se trata de instalaciones, ya sea de cría o de engorde, situadas en tierra firme. Si se trata del cultivo de una especie marina, deben estar situadas en zonas próximas a la costa. Esto comporta la instalación de sistemas de bombeo del agua y de sistemas de tratamiento regenerador y emisarios para el retorno del agua utilizada al lugar de origen.

- Ventajas:

- Permite un control perfecto de la producción.
- Permite un fácil manejo y desarrollo de los trabajos de producción (selección y clasificación de los individuos, optimización de la densidad, mejor cálculo de la ración diaria de alimento, etc.)
- Disponer de energía eléctrica permite automatizar algunos trabajos (selección y clasificación, distribución de alimento, control de parámetros, etc.).
- Permite el cultivo de todas las especies.
- Se puede diversificar la producción, evitar saturaciones de mercado y garantizar ventas continuadas a lo largo de todo el año.

- Desventajas:

- Existen pocos terrenos disponibles para la realización de esta actividad.
- Coste elevado de las instalaciones de bombeo, consumo energético, etc.

B) **Cultivos en la costa:** es un tipo de cultivo exclusivo para las especies marinas. Se trata de instalaciones situadas en la zona intermareal. Básicamente, se emplean para la producción de moluscos bivalvos filtradores. El oleaje es el que se encarga de la renovación del agua y de la aportación de alimento. Deben escogerse zonas de aguas muy ricas en fitoplancton y materia orgánica en suspensión para el buen desarrollo de la especie. También se ha de tener en cuenta que se encuentre alejada de emisarios de aguas residuales procedentes de poblaciones o concentraciones humanas y/o industriales.

C) Cultivos en el mar: se trata de instalaciones ubicadas en pleno mar, la mayoría flotantes. Las más frecuentes son las llamadas “bateas” para el cultivo “en cuerda” del mejillón. En el delta del Ebro, la poca profundidad de las bahías y la ausencia de mareas permiten que estas estructuras estén fijadas al fondo marino.

Otro sistema es en jaulas, ya sean flotantes, sumergidas o bien de fondo, las cuales, mediante un sistema de redes, cierran en su interior especies para su engorde.

A la hora de instalar estas estructuras se debe escoger una zona con una buena calidad del agua, presencia de corrientes marinas y protección ante los temporales.

- Ventajas:

- Baja inversión.
- No hay gasto por consumo energético debido al bombeo.
- Consecución de una mayor producción por unidad de volumen.
- Al encontrarse la especie en su medio natural, crece más rápidamente y no aparecen tantas enfermedades como en los demás tipos de instalaciones.

- Desventajas:

- Hay un posible efecto contaminante sobre el fondo marino.
- Se produce cierto peligro ante tempestades o ataques de depredadores que pueden estropear las redes.
- No se puede realizar un control constante de la producción.
- Se crea cierta dificultad en el manejo, por lo que no se realizan clasificaciones de individuos y, por tanto, el crecimiento no es homogéneo y puede favorecer el canibalismo.
- Dificultad en la prevención y tratamiento de las enfermedades.
- Se requieren los servicios de personal cualificado, como patrón de embarcaciones, buzos, etc.

Así pues, habiendo estudiado las ventajas y desventajas de los diferentes sistemas, podemos afirmar que en principio no existe un tipo de instalación mejor que otro, sino que se debe llevar a cabo un estudio en el que se tengan en cuenta la especie a cultivar, la zona, las características bioclimáticas, la disponibilidad y características de la mano de obra..., y solamente entonces, en función de todos estos factores, se podrá escoger racionalmente el mejor sistema.

2.5. Según el nivel de actuación del hombre

A) **Cultivo intensivo:** busca una elevada producción en el menor espacio posible y de la manera más rápida. Para el caso de la anguila es justamente el que estudiaremos en el presente libro. Ahora bien, este incremento de la biomasa por unidad de volumen y esta aceleración del crecimiento de una especie determinada también comporta el incremento en el consumo de oxígeno y en la demanda de alimento y la acumulación más rápida y mayor de productos tóxicos procedentes de la excreción catabólica del animal. Por esta razón, este tipo de cultivo sería inviable si no hubiera un control exhaustivo por parte del hombre.

En cualquier caso, para llevar a cabo una explotación intensiva es necesario:

- unas instalaciones bien diseñadas y construidas.
- disponer de una elevada tecnología y personal cualificado.
- hacer un control total de todas las fases y aspectos del cultivo, como son: alimentación en calidad y cantidad, control de la calidad y cantidad del agua con unos valores óptimos de los diferentes parámetros que la definen (temperatura, oxígeno disuelto, pH, salinidad o conductividad eléctrica, catabolitos peligrosos, contenido de metales pesados), flujos de agua adecuados a la densidad de cultivo, así como la prevención de posibles patologías.

B) **Cultivo extensivo:** es aquel sistema en que la intervención del hombre es mínima y se reduce básicamente a la captura de post-larvas y/o alevines y la extracción de adultos una vez han alcanzado la talla comercial. El nivel de producción depende de la capacidad biogénica donde se encuentra la especie a cultivar y es obvio que exige una tecnología bastante menos elevada que en el caso anterior; el control humano es mínimo y los costes de implantación y explotación mucho menores. Ahora bien, correlativamente, la producción por volumen también resulta bastante inferior.

Este tipo de acuicultura se ha ido desarrollando en zonas litorales de especiales características, a saber: lagunas salobres litorales con muchas formas juveniles, con buenas condiciones alimentarias y climáticas, además de ser un buen refugio frente a otras especies que no soportan tan bien los cambios de salinidad. En estas zonas o espacios, la producción obtenida es baja y se requieren unas elevadas extensiones superficiales, condiciones que no la hacen favorable para un proyecto de explotación empresarial. Aún así, estos espacios naturales podrían ofrecer un rendimiento más elevado mediante la aplicación de técnicas de acuicultura sencillas y poco costosas, con lo cual entramos en el concepto "de acuicultura semi-intensiva". Ésta no tiene un gran atractivo empresarial pero sí, un verdadero interés social e incluso ecológico para las zonas húmedas salobres.

Las actuaciones que se pueden llevar a cabo para desarrollar la actividad de la acuicultura semi-intensiva son: la pequeña aportación de alimento, la adición controlada y equilibrada de alevines y el hecho de facilitar la renovación del agua permite duplicar o triplicar la producción natural de peces, seleccionar las especies y, por tanto, incrementar el valor final de la producción.

3. EXACCIONES APLICABLES A LA ACUICULTURA Y CONCLUSIONES

3.1. Exacciones

3.1.1. Introducción

El vigente régimen económico-financiero viene definido en la Ley de Aguas 29/1985, de 2 de agosto (publicada en el B.O.E. del día 8 del mismo mes y que sustituyó a la de 13 de junio de 1879, considerada por gran parte de la doctrina, con toda justicia, como uno de los textos modélicos del Derecho Positivo español) y correspondiente Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, del 11 de abril del mismo año, y restantes disposiciones concordantes. Toda esta ordenación legal contempla la aplicación de tasas y cánones, cuya gestión y recaudación se encarga a los correspondientes Organismos de cuenca (las Confederaciones Hidrográficas). Estos se abonan para reinvertirse en las infraestructuras de regulación que proporcionan el agua como recurso disponible con una cierta garantía.

3.1.2. Canon de ocupación

Grava la ocupación o utilización de los terrenos de cauces y lechos de lagos, lagunas y embalses sobre cauces públicos. No reviste ninguna problemática, desde el punto de vista de los acuicultores.

3.1.3. Canon de vertidos

Este canon grava los vertidos autorizados, según lo que se dispone en la Ley, y éste sí que supone una de las mayores preocupaciones de los acuicultores españoles.

Es destacable el hecho de que si el canon se aplicara en las instalaciones de acuicultura, tal y como se deduce teóricamente de la normativa, podría suponer un impacto económico destacable que repercutiría en el precio final del producto.

Por otra parte, se ha constatado que entre las diversas Confederacio-

nes Hidrográficas, y hasta dentro de una misma Confederación o Cuenca, se aplican diferentes criterios a la hora de fijar el canon que han de abonar las instalaciones de acuicultura. Incluso se da el caso de que algunos usuarios queden exentos de su pago, cuestión que da lugar a agravios comparativos indeseables. Esto ha ocasionado, según portavoces de los mismos usuarios, que en algunos casos se ha tenido que afrontar al cierre de instalaciones. Como caso extremo, se han puesto en evidencia algunos ejemplos en los cuales el Organismo de cuenca exige a las instalaciones la presentación de las pruebas del posible incumplimiento de una autorización.

Debido a estos problemas, actualmente se están aplicando, en algunas Confederaciones Hidrográficas, tarifas reducidas para la recaudación. Esta estrategia podría causar problemas de competitividad entre empresas si a unas se les aplica estrictamente la norma y a otras se les aplicara tarifas reducidas. Este sistema de exacción supone también cierta arbitrariedad y crea inseguridad jurídica, ya que el ajuste del canon depende necesariamente de la capacidad negociadora de cada Organización profesional con los pertinentes Organismos de cuenca, y además siempre existe la posibilidad de la rescisión unilateral del acuerdo alcanzado.

Existen, en fin, problemas en el cálculo del valor de las unidades de contaminación que se utilizan para encontrar el valor de la constante k , que determina la cantidad que se paga en concepto de canon de vertido. Dicho canon se calcula de la siguiente manera:

Canon de vertido = Carga contaminante \times Valor de la unidad de contaminación,
estando expresadas:

Carga contaminante, en unidades de contaminación

Valor de la unidad de contaminación, en euros

Carga contaminante = K (coeficiente) \times V (volumen de vertido, en m^3);

$$K = k \times 10^{-5}$$

Algunos Planes Hidrológicos de Cuenca (PHC) remiten al Plan Hidrológico Nacional (PHN) para la determinación de la constante k , lo que parece impropio debido a que la ordenación de los vertidos es competencia de los Planes Hidrológicos de Cuenca, según el apartado e) del artículo 40 de la vigente Ley de Aguas y restantes disposiciones concordantes.

Por parte de los acuicultores, se ha destacado que no existe el convencimiento de que la recaudación del canon se reinvierta en el mantenimiento, restauración y protección de las infraestructuras hidráulicas de la cuenca. Como ejemplo, se puede mencionar que en algunas cuencas, y mediante el convenio correspondiente con las Comunidades Autónomas, se cede para su uso en planes de saneamiento entre el 50 y el 85% de la

recaudación por canon a las industrias. Por parte de la Administración, se tiene la intención de recuperar la gestión para así asegurar la reinversión en condicionamiento y mejora, y no en Planes Regionales de Saneamiento.

Como resumen de todo lo expuesto, se recogen por su interés los comentarios del Consejo Económico y Social (CES) en el Anteproyecto de Ley de Reforma de la Ley de Aguas de 1985:

“Con carácter general, el canon de vertido del Anteproyecto habría de tener mayor claridad y definición que la otorgada en el texto, a efectos de garantizar una mayor seguridad jurídica”.

En relación con el apartado 2 de este mismo artículo, el CES propone incluir el siguiente párrafo:

“En cualquier caso, para la acuicultura la carga contaminante se medirá como la diferencia entre la carga a la salida y a la entrada. Por otra parte, se habrán de tener en especial consideración, para el cálculo de valores equivalentes, aquellas actividades que supongan grandes volúmenes de utilización de agua”.

3.2. Conclusión

Si tuviéramos que escoger, en definitiva, un argumento para caracterizar la acuicultura española, sería el de resaltar la contradicción permanente en la que parece desarrollarse esta actividad.

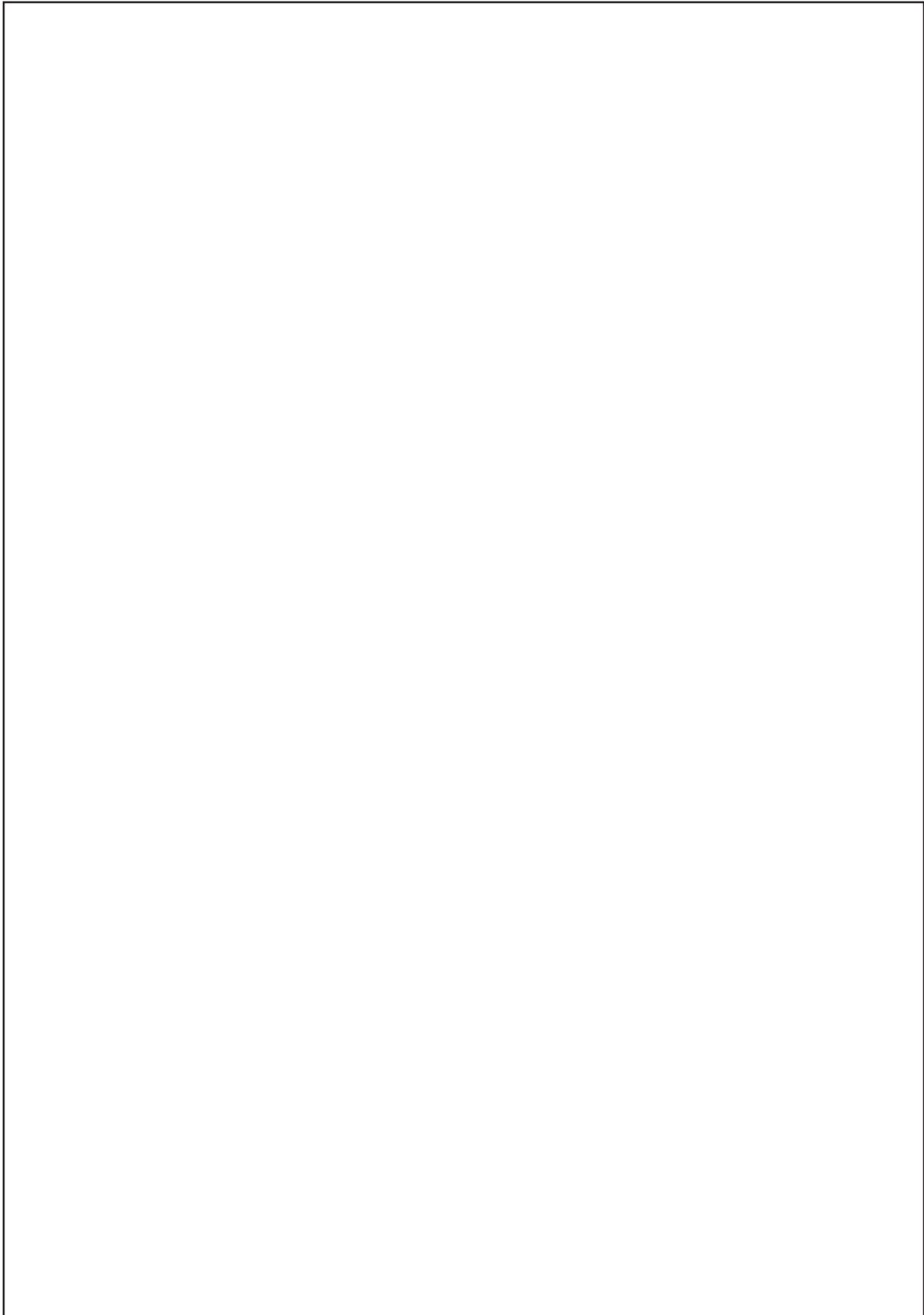
Por una parte, esta actividad mueve todo tipo de expectativas y augurios favorables, e incluso, busca y encuentra numerosos apoyos institucionales, argumentándose su capacidad potencial de generar riqueza, crear puestos de trabajo estables, así como fomentar el equilibrio de la balanza comercial en el sector de los productos de la pesca, siendo una actividad que si se desarrolla ordenadamente, puede considerarse respetuosa con el entorno. Por otra parte, la realidad se ocupa obstinadamente en desmentir los augurios favorables, erigiendo un número creciente de dificultades y trabas a su desarrollo, de manera que ha podido llegar a decirse que, en el mundo de la acuicultura, *cualquiera que sea capaz de poner un impedimento lo pone*.

Si tuviéramos que escoger una fórmula para garantizar su desarrollo armónico, ésta sería la de aconsejar su consideración como sector estratégico, ya que sería la única forma que se adivina como capaz de eliminar, a corto plazo, la contradicción a la cual se hacía referencia en el párrafo anterior, permitiendo su desarrollo real.

Como síntesis, se resaltan los principales obstáculos al desarrollo de la acuicultura:

- La ausencia de instrumentos de planificación del litoral se revela como el principal obstáculo al desarrollo de la acuicultura marina, y se necesita, de manera imperiosa, arbitrar medidas de planificación específica que eliminen esta traba.
- La filosofía subyacente en los instrumentos de planificación hidrológica tiende a ignorar los valores de la acuicultura continental, y se refleja en aspectos concretos como la priorización de la actividad en el uso del agua o la aplicación de cánones.
- La complejidad de los procedimientos administrativos para la obtención de autorización y concesiones, unidas al elevado número de los mismos, origina una excesiva lentitud en la creación de nuevas empresas. A este respecto, cabe destacar que el procedimiento de autorización ha visto incrementada su duración de manera continua en los últimos años. Un ejemplo lo constituye la divergencia de procedimientos administrativos derivada de la estructura territorial (autonómica) de nuestro país.
- La falta de conciencia clara sobre los aspectos medioambientales, por parte del sector productor, así como el pobre conocimiento de las técnicas de gestión medioambiental y de las necesidades de formación en esta materia, podrían convertirse en un freno para el desarrollo del sector a medio plazo.
- La práctica ausencia de la acuicultura en la reglamentación comunitaria de mercados y la menor importancia que el sector ha dado a los aspectos de comercialización y *marketing* (escasa inversión promocional) en relación con la producción, son otros obstáculos relevantes que se detectan, aunque este último factor ya se está empezando a corregir.
- La falta de motivación para la transferencia de tecnología desde la investigación a la empresa, así como la incoordinación de las diversas políticas públicas que inciden en el campo de la I+D (investigación y desarrollo), han supuesto y supondrán retrasos notorios en el desarrollo del sector de difícil cuantificación, siendo, como es, un claro ejemplo de área de actuación en la cual los procesos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación son fundamentales.

- Por otra parte, un deficiente dimensionado de las necesidades de recursos financieros y una inadecuada estructura financiera caracterizan la explotación acuícola española, juntamente con una escasa implicación del sector financiero en el desarrollo de esta actividad.
- Por lo que respecta a las políticas fiscales, de seguridad social y a la legislación laboral, sólo cabe mencionar la absoluta falta de individualización de este sector, siendo imprescindible, para su correcto desarrollo, que se contemplen de forma específica determinados aspectos peculiares del sector.
- En cuanto a los aspectos sanitarios y zoonosológicos, el pequeño volumen económico actual del sector condiciona el interés de los sectores públicos y privados conexos; esto se refleja en las dificultades de adaptación a las demandas sociales en esta materia. Para poner un ejemplo, veamos que la práctica inexistencia de medicamentos veterinarios específicos se correlaciona con la falta de interés del sector veterinario por invertir en la autorización y registro de los mismos, así como en la carencia de una reglamentación específica que aborde esta casuística.
- Por último, la necesidad de adaptar la formación profesional al ritmo de evolución del sector, ya que frecuentemente se queda anticuada, así como la reestructuración de la enseñanza reglada para conseguir una enseñanza de las materias acuícolas adecuada a la realidad de la actividad, habrán de ser consideradas con la suficiente prioridad si se quiere garantizar la competencia.



CAPÍTULO 3

EL AGUA EN LA PISCIFACTORÍA. PROBLEMAS TOXICOLÓGICOS

1. INTRODUCCIÓN

Cada uno de los componentes del agua puede ejercer un efecto diferente sobre los organismos acuáticos, unas veces de manera directa y otras veces, indirectamente a través de otros componentes, la acción de los cuales modifica.

Según esto, se puede distinguir entre los denominados «parámetros de calidad» y los «parámetros de contaminación». Los primeros incluyen el pH, la temperatura, la alcalinidad, el calcio, el magnesio, la dureza, etc., y son los que, de manera sencilla, ayudan a definir la naturaleza de un agua. Los parámetros de contaminación corresponden a sustancias, la presencia de las cuales, o a una determinada concentración, ejercen un efecto perjudicial tanto sobre el medio como sobre los organismos vivos que en él se encuentran. Este segundo grupo puede presentar efectos muy diferentes en función de los parámetros de calidad, ya que estos son capaces de influir sobre estos últimos y modificarlos.

Existen diferentes vías mediante las cuales un elemento tóxico puede llegar a ejercer un efecto pernicioso en un organismo acuático. Por ejemplo, muchos iones o materiales tóxicos resultan perjudiciales porque tienen la facultad de atravesar las membranas impermeables de los peces; éste es el caso de muchos pesticidas (abonos químicos, insecticidas, fungicidas, acaricidas, nematocidas, herbicidas). Otras veces se trata de sustancias que no las atraviesan, pero que en el agua se convierten en compuestos peligrosos; esto sucede, por ejemplo, con ciertos metales pesados como el mercurio (Hg), el plomo (Pb) o el níquel (Ni), si existen en los sedimentos del medio ciertos microorganismos con capacidad suficiente para metilar estos elementos.

Otra cosa a tener bien en cuenta es que un mismo elemento puede ejercer una acción diferente según el estado en el cual se encuentre, la concentración que alcance o bien la forma en la cual se presente. Así, por ejemplo, una sal de hierro puede no ser tóxica en condiciones normales; en cambio, en forma de gel puede ser sumamente irritante e incluso puede llegar a obstruir las branquias de los peces y, por lo tanto, producir su asfixia

y la muerte.

Se ha de tener en cuenta, por último, que todos estos compuestos no se encuentran solos en el agua, sino acompañados de muchos otros, y que las interacciones que existen entre ellos ocasionan efectos muy diferentes, muchos de los cuales aún son desconocidos por los investigadores.

De toda manera, cada vez es más frecuente comprobar que la aparición de una enfermedad está en relación directa con una posible alteración del medio acuático. También se ha observado que muchos hongos se desarrollan por debajo de los 14 grados centígrados de temperatura y que existe una predisposición a contraer cierto tipo de alteraciones branquiales, como por ejemplo el exceso de producción de moco, cuando la concentración de amoníaco (NH_3) en el agua supera la cifra de 0,02 ppm (mg/l).

Es preciso tener también en cuenta que cualquier factor ambiental que contribuya a disminuir las defensas orgánicas de los animales favorece la aparición o bien la mayor difusión de ciertas enfermedades producidas por gérmenes que, en condiciones normales, no dan lugar a procesos patológicos; así, las alteraciones bruscas de temperatura facilitan la actuación de diversos tipos de bacterias oportunistas y la consecuente aparición de forunculosis.

Además de las enfermedades de origen infeccioso, en las explotaciones piscícolas pueden surgir otras diversas causadas por procesos toxicológicos que tienen su origen en una alteración de los denominados *parámetros de calidad*, en la presencia de compuestos tóxicos que normalmente figuran entre los parámetros de contaminación o hasta modificaciones que pueden experimentar estos últimos por la acción de los primeros.

2. PARÁMETROS DE CALIDAD EN EL MEDIO ACUÁTICO

Los principales parámetros o factores que determinan la calidad de las aguas para usos piscícolas son los siguientes: el pH, la temperatura, el contenido de oxígeno disuelto, la alcalinidad y la dureza. De todos ellos, los tres primeros son fundamentales para la supervivencia de los peces. Vamos, pues, a analizarlos separadamente.

2.1. pH

El pH óptimo más favorable para que la gran mayoría de las especies piscícolas encuentren las condiciones más convenientes para su total

desarrollo, se suele establecer entre 6,7-8,7.

Las desviaciones fuera de estos límites pueden provocar lesiones de más o menos importancia en los peces. Estas lesiones son unas veces visibles y afectan a la coloración y aspecto de las branquias; en otras ocasiones, resultan invisibles y consisten en diferentes tipos de alteraciones hemáticas y incluso en una alteración de la capacidad de osmoregulación del pez.

El principal regulador del pH en las aguas es el “sistema carbonato”, que se compone de dióxido de carbono o anhídrido carbónico (CO_2), ácido carbónico (CO_3H_2) y por los aniones HCO_3^- y $\text{CO}_3^{=}$. Este último puede modificar el pH e influir decisivamente en la disolución de ciertos productos tóxicos, provocando un aumento o disminución de la toxicidad de éstos. Así, por ejemplo, muchos compuestos la toxicidad de los cuales depende de su grado de disociación, como es el caso del ácido cianhídrico (CNH) o bien del ácido sulfhídrico (H_2S), puede ser aumentado su efecto cuando disminuye el pH. Por el contrario, en el caso del amoníaco (NH_3) se observa que aumentos rápidos del pH del agua pueden incrementar su efecto nocivo, ya que resulta ser 10 veces más tóxico a pH=8 que a pH=7, debido a que en la primera situación (más basicidad) se ve favorecida la producción de amoníaco no ionizado, que resulta más tóxico para el animal.

La toxicidad de algunos metales pesados también es mayor en condiciones determinadas de pH que afectan a su solubilidad.

Además de actuar directamente sobre los peces, las desviaciones por encima y por debajo del límite óptimo del pH pueden afectar también a la dinámica de un ecosistema, alterando la recirculación de los nutrientes y, como consecuencia de ello, su disponibilidad para los animales.

Un peligro adicional que se puede encontrar en situaciones en las cuales existe un predominio de algas, con elevadas temperaturas e intensidad lumínica grande, es que se acelere la actividad fotosintética, produciendo pH altos en periodos cortos de tiempo, a los cuales suelen seguir bajadas de pH durante la noche, con valores mínimos antes de salir el sol. Estas alteraciones bruscas del pH en periodos de tiempo cortos, amén de ser causa de diversos tipos de lesiones, suelen venir acompañadas, cuando los pH son altos, de temperaturas y concentraciones de oxígeno disuelto elevadas, que facilitan la presentación de un estado de sobresaturación de gases y, como consecuencia, la formación de vesículas en el cuerpo (conocida como “enfermedad de las burbujas”, a la que nos referiremos con posterioridad).

2.2. Temperatura

La temperatura controla el metabolismo de los peces y actúa directamente sobre la actividad y fisiología de estos animales. Indirectamente, actúa sobre la concentración del oxígeno disuelto en el agua, sobre el desarrollo de la vegetación acuática y del plancton, así como sobre los procesos de oxidación y degradación (biodegradación).

En general, los peces muestran diferencias considerables en su tolerancia a las temperaturas altas, dependiendo de la especie, de su estadio de desarrollo, de la temperatura de aclimatación a la cual han estado sometidos (muy importantes en el estudio experimental), de la concentración de oxígeno disuelto que tenga el agua, del grado de polución, de la estación del año, etc. Por esta razón, se pueden encontrar, en algunas regiones, especies indígenas que están adaptadas a grandes cambios estacionales de temperatura y que poseen una mayor tolerancia que las situadas en otras regiones; esta tolerancia hace variar la temperatura letal de una misma especie.

Normalmente, al aumentar la temperatura se reduce el periodo de supervivencia del pez, en el caso que en el agua haya una concentración letal de veneno. Esto es debido a que, en estas situaciones, todos los procesos bioquímicos del organismo de los peces se aceleran (las reacciones químicas, generalmente, duplican su velocidad por cada incremento de 10°C de temperatura) y, como es natural, también aquellos que cursan toxicosis. Por ejemplo, la toxicidad del ión CN^- se duplica cuando la temperatura se eleva de 7 a 17 grados centígrados.

Así mismo, se puede observar que los peces sometidos a un cierto estrés por la acción incontrolada de contaminantes se muestran menos tolerantes a las temperaturas elevadas.

La temperatura también puede afectar al desarrollo de parásitos y bacterias patógenas y hacer que se vea disminuida la resistencia del pez frente a la enfermedad. Por esta razón, una contaminación térmica del agua podrá convertir una pequeña enfermedad en una mortandad en masa, a medida que los gérmenes patógenos se vayan haciendo más virulentos y los peces menos resistentes. Esta puede ser una explicación al hecho observado de los problemas de los peces en las proximidades de los emisarios submarinos de aguas residuales o bien de los canales de descarga del agua de la refrigeración de los condensadores de los reactores de las centrales termonucleares, donde también se suele producir una proliferación de algas, por razones obvias.

2.3. Oxígeno

Los requerimientos de oxígeno de los peces varían de acuerdo con la especie, la edad, la actividad, el estado nutritivo y la temperatura del agua, porque cuanto más elevada sea ésta menor es la cantidad de oxígeno que hay disuelto en el agua. Aunque los peces pueden vivir algún tiempo en concentraciones más bajas que las consideradas necesarias, no es recomendable que estas condiciones se mantengan indefinidamente, ya que existen unos niveles mínimos necesarios para mantener un buen estado alimentario, una tasa de crecimiento correcta y un índice de conversión del alimento suficientemente eficiente.

Igual que sucede con el pH, las fluctuaciones en la cantidad de oxígeno disuelto en el agua repercuten negativamente en el pez, sobre todo por lo que se refiere a su crecimiento. Las disminuciones de oxígeno disuelto siempre son peligrosas, máxime si se tiene en cuenta que, en la mayoría de los casos, el medio acuático presenta algún tipo de contaminación, aunque este no es el caso de la piscifactoría intensiva que nos ocupa en el presente libro, ya que se utilizará siempre agua tratada. En el caso de que exista contaminación, hay una disminución de oxígeno disuelto que puede favorecer la entrada de sustancias tóxicas al organismo de los animales, porque los movimientos de los peces están acelerados.

Además, una concentración insuficiente de oxígeno disuelto puede favorecer la descomposición anaeróbica de algunos materiales orgánicos presentes en el sedimento y la formación de gases peligrosos, tales como el ácido sulfhídrico, amoníaco, anhídrido carbónico y metano. Estos gases pueden ascender hasta la superficie arrastrando parte del material orgánico que hay en los lodos.

2.4. Alcalinidad

Es la suma de los componentes que tiene el agua con capacidad de elevar el pH por encima de 4,5. Estos componentes son los carbonatos, bicarbonatos, fosfatos e hidróxidos o bases.

Es, por tanto, una medida de la capacidad que tiene el agua para regular la desviación de su pH, tanto hacia la acidez como hacia la basicidad, y dado que, tal como hemos visto, el pH influye directamente sobre los organismos acuáticos e indirectamente sobre la toxicidad de ciertos contaminantes, es necesario que cualquier agua tenga cierto grado de alcalinidad para evitar estos riesgos.

La alcalinidad del agua tiene también una especial importancia en la

reducción de la toxicidad de los metales pesados.

El criterio de calidad para la alcalinidad se ha establecido en 20 mg/l, concentración mínima que ha de tener el agua para no presentar problemas relevantes.

2.5. Dureza

La dureza de un agua determina su capacidad para formar complejos que precipiten y depende de la cantidad de iones metálicos que en ella hay, principalmente los cationes calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}) y, en menor cantidad, hierro (Fe^{2+} y Fe^{3+}), estroncio (Sr^{2+}) y manganeso (Mn^{2+} , Mn^{3+} , Mn^{4+} , y Mn^{7+}).

Se sabe que la dureza tiene un efecto “tampón” sobre los metales traza, cosa que hace disminuir su toxicidad. Contrariamente, las aguas blandas de pH bajo disuelven altas concentraciones de cadmio (Cd^{2+}), cinc (Zn^{2+}), plomo (Pb^{2+} y Pb^{4+}), etc., lo que puede ser causa de la aparición de procesos toxicológicos importantes en los peces. O sea, que la toxicidad de los metales pesados es menor en las aguas duras que en las blandas.

Se denominan **aguas blandas** las que tienen de 0 a 75 grados hidrotimétricos (un grado hidrotimétrico francés equivale a 10 miligramos de carbonato cálcico por litro de agua), **aguas moderadamente duras** las de 75 a 150, **aguas duras** de 150 a 300 y **aguas muy duras** las de 300 o más grados hidrotimétricos.

Recordemos que la dureza de un agua natural está condicionada por los compuestos de Ca^{2+} y Mg^{2+} . Los bicarbonatos de calcio y de magnesio producen la llamada “dureza temporal o transitoria”, que desaparece. De lo contrario, los cloruros, nitratos, sulfatos, fosfatos y silicatos de calcio y de magnesio constituyen la llamada “dureza permanente” o bien “dureza de ácidos minerales”.

3. Principales problemas toxicológicos en la explotación intensiva de peces

3.1. Introducción

Desde el punto de vista toxicológico se puede diferenciar, en las explotaciones intensivas de animales acuáticos como la que aquí nos ocupa, dos tipos diferentes de procesos patológicos; el primero está constituido por las enfermedades debidas a la acumulación en el medio de productos originados en la propia explotación como consecuencia directa del manejo y amontonamiento de los animales; el segundo incluye todos aquellos procesos toxicológicos que pueden aparecer como consecuencia de la presencia, en el

agua que abastece la explotación, de concentraciones tóxicas de uno o varios compuestos o elementos.

3.2. Problemas generados en la propia piscifactoría

La cría intensiva de animales supone el alojamiento de gran cantidad de animales en espacios reducidos. En el caso de las piscifactorías, esto representa la presencia de gran cantidad de peces en volúmenes reducidos de agua, que se renueva -en un determinado porcentaje- continuamente.

Existe, pues, un continuo intercambio entre peces y medio acuático, de forma que los animales cogen o anabolizan del medio determinadas sustancias o *inputs* (oxígeno disuelto, sustancias nutritivas, etc.) y eliminan al medio otras que podríamos considerar *outputs* (anhídrido carbónico, productos del metabolismo como el amoníaco, etc.). Este intercambio supone, por tanto, una modificación de las características del agua y la aparición en ésta de compuestos que antes no contenía. Esta modificación, que es más o menos pronunciada en función de la carga de los tanques, de las características fisiológicas de los peces y de los porcentajes de renovación del agua, es mayor aún debido a que los productos que se suministran a los peces (alimento, medicamentos, etc.) los reciben también a través del agua y, por tanto, los restos de estos productos permanecen presentes en el medio acuático.

3.3. Problemas toxicológicos debidos a la deficiente calidad del agua

3.3.1. Disminución del oxígeno disuelto

Se produce principalmente cuando la temperatura del agua es alta, la carga piscícola elevada y la tasa de renovación del agua pequeña. Se manifiesta mediante el bloqueo de los peces en la superficie del agua, la aglomeración de éstos en el punto de entrada del agua en la balsa y la abertura de la boca y de los opérculos durante la agonía de los peces.

3.3.2. Enfermedad de las burbujas

Para evitar que la concentración de oxígeno disuelto disminuya por debajo de los niveles adecuados para los peces, la mayoría de las explotaciones intensivas de peces tienen sistemas de aireación. La utilización excesiva y exhaustiva de estos sistemas puede originar concentraciones de oxígeno disuelto por encima de las propias de la saturación. Esta sobresaturación de oxígeno supone una pérdida económica, pero además, cuando se utiliza aire en lugar de oxígeno, puede originarse una sobresaturación del

resto de los componentes gaseosos del aire y aparecer la llamada “enfermedad de las burbujas”, caracterizada por la aparición en las branquias, piel, etc., de vesículas llenas de gas, con el aspecto característico de burbujas.

Este problema, pues, se presenta principalmente cuando existen sistemas de aireo a presión a profundidad que utilizan aire en lugar de oxígeno.

3.3.3. Intoxicación por amoníaco

Se produce mayormente como consecuencia de cargas de peces excesivas y cuando las características del agua o la aplicación de tratamientos impiden el paso del amoníaco a nitritos y nitratos. Es éste un problema fundamental en las piscifactorías con aguas un poco alcalinas, en las cuales frecuentemente se pueden observar concentraciones de amoníaco que, aunque no producen mortalidad, suponen una disminución notable de la productividad y del desarrollo de los peces. En aguas ligeramente ácidas, gran parte del amoníaco está en forma de ión amonio (NH_4^+), que es mucho menos tóxico y, por lo tanto, no suelen presentarse problemas, excepto si existen focos de contaminación ajenos a la piscifactoría. En este último caso es frecuente detectar grandes mortalidades de peces en 24 horas, incluso con un pH de 6,5 (ligeramente ácido).

3.3.4. Intoxicación por nitritos

Los nitritos pueden aparecer en el agua mediante dos vías fundamentales: la primera, por conversión del amoníaco (NH_3) en nitritos (NO_2^-), y la segunda, por conversión de los nitratos (NO_3^-) en nitritos (NO_2^-). Su desaparición del agua se debe, lógicamente, a los procesos químicos opuestos.

Muchas veces se comete el error de pensar que si existe oxígeno suficiente, los nitritos se convertirán sistemáticamente en nitratos y no presentarán problemas; no obstante, este paso requiere además la existencia de bacterias específicas y su velocidad está condicionada por las características fisicoquímicas del agua. En todas las piscifactorías se observan concentraciones determinadas de nitritos y, en algunas de ellas, se puede detectar un aumento de la mortalidad de los peces como consecuencia directa de la acción prolongada de concentraciones elevadas de estos compuestos químicos.

3.3.5. Intoxicación por sulfuros

La intoxicación por sulfuros se presenta como consecuencia de la degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno. La presencia de estos tipos de compuestos en el agua le confiere un olor desagradable y característica de huevos podridos.

CAPÍTULO 4

INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS

1. INTRODUCCIÓN

Hay diversas clasificaciones, como hemos visto en el capítulo anterior, de las instalaciones de acuicultura. Ahora bien, aquí se tratarán las instalaciones electromecánicas que corresponden a las granjas de cría y engorde de peces en agua dulce y en tierra firme. Y muy concretamente, las referidas a la cría de la *Anguilla anguilla*, L.

2. TOMAS DE AGUA

Este aspecto es de gran complejidad y tiene una incidencia económica importante en los proyectos técnicos de acuicultura. Las soluciones que se escojan dependerán de la orografía del terreno, tipo de fuente, caudal que se requiere, etc.

En las piscifactorías de cría de peces (denominadas *hatcheries*), los caudales necesarios son menores que en las granjas de engorde; es por eso que puede ser una buena solución el realizar la aspiración del agua de un río o de un canal (ver el anejo II – fotografía 18) con una tubería de aspiración, bomba centrífuga horizontal y tubería de impulsión. Este sistema requiere un bajo volumen de excavaciones (sólo para la zanja y la arqueta de bombeo) y tuberías de pequeño diámetro, por lo cual resulta una solución económica. El inconveniente es que con frecuencia se ensucian las tuberías con los sólidos que entran y por ello se requiere filtración o bien una limpieza periódica del sistema.

En el caso de que el agua de la piscifactoría se obtenga de un pozo, será necesaria la instalación de una bomba centrífuga vertical y tuberías de aspiración y impulsión para aspirar el agua y impulsarla a la red de distribución de la granja. Recientemente, estos equipos tradicionales han estado desplazados por las electrobombas sumergidas, con todos los correspondientes elementos de medida y control.

Cuando el agua se obtiene de la red pública, sólo se considerará una bomba para la impulsión del agua a la red de distribución de la piscifactoría,

teniendo en cuenta las tuberías con los diferentes diámetros y timbrajes, cada uno de los elementos de limpieza y filtrado del agua de cultivo, así como los equipos de oxigenación y desinfección.

Es preferible seleccionar bombas con pasos grandes de carrete para evitar atascos y es interesante que, al menos, el eje y los carretes o turbinas sean de acero inoxidable para prolongar su vida útil y cumplir los requerimientos sanitarios propios de cualquier actividad alimentaria.

3. IMPULSIÓN Y DEPÓSITO REGULADOR

La impulsión es el tramo de tuberías que sale de la bomba hacia los diferentes tanques de cultivo. A la salida de la bomba, deben instalarse válvulas de retención y de compuerta, y a lo largo de las tuberías también se tendrán que poner válvulas para evitar el fenómeno conocido como golpe de ariete, causado por la apertura o el cierre rápido de una válvula; en instalaciones de cierta importancia, puede requerirse el montaje de calderines hidroneumáticos de nitrógeno o de aire comprimido, así como moto-variadores de frecuencia con el objetivo de atenuar, en la medida de lo posible, dichas sobrepresiones accidentales. Para el cálculo hidráulico de las pérdidas de carga del conjunto de piezas especiales de esta instalación se puede considerar un global aproximado del 15%, lo que evitará el inconveniente de tener que realizar el cálculo individualizado de la pérdida de cada elemento de la red.

Es aconsejable la construcción o instalación de un tanque o depósito regulador o de reserva por diversos motivos. Uno es el de mantener una cierta altura o carga de agua para poder realizar la distribución por gravedad. También se busca tener agua durante un cierto tiempo para poder hacer frente a alguna eventualidad coyuntural (falta de suministro eléctrico, averías, contaminación de la red, etc.). En aquellas piscifactorías donde se recicla el agua, el tanque de reserva tiene una especial importancia debido a que en éste se desprende al aire el CO_2 (anhídrido carbónico) que contiene el agua como resultado del metabolismo (catabolismo) del pez.

4. RED DE SUMINISTRO DE AGUA

La red de suministro de agua a los diferentes tanques de cultivo, puede ser mediante canales abiertos (conducciones libres) o bien tuberías a presión (conducciones forzadas). Escoger un tipo u otro de sistema de distribución depende del caudal a repartir y de los condicionantes taquimétricos del terreno. En general, se escogen tuberías para los pequeños caudales. Este sistema tiene la ventaja de la flexibilidad de su diseño (pueden ir a nivel del suelo o bien levantadas, con derivaciones en cada tanque, con válvulas

o electroválvulas para poder controlar el caudal de agua en cada uno, etc.). (Ver el anejo II – fotografía 6).

5. RED DE DESAGÜE

Consiste en el conjunto de canales o tuberías que conducen el agua de los tanques de cultivo, o bien a la red de alcantarillado, en el caso de tratarse de circuito abierto, o bien al equipo de recirculación del agua de la piscifactoría en circuito cerrado (con posterior filtración y esterilización del agua de cultivo) (ver el anejo II – fotografía 12). Si el agua suministrada a los tanques ha sido calentada previamente, se debe contemplar la posibilidad de recuperar el calor residual del agua de desecho mediante intercambiadores de calor, para la consecución de un eficiente ahorro energético.

6. RED DE AIRE

El aireado, entendido como adición de oxígeno al agua, es fundamental en todas las granjas de peces, ya sean de cría como de engorde. Además, esta operación facilita la remoción de los metabolitos tóxicos.

El procedimiento de aireado se puede llevar a efecto mediante diferentes sistemas. El método más utilizado es la aportación de aire con la colocación de compresores o sopladores que conducen el aire por tuberías de plástico (PVC, PE o PRFV) a toda la planta (ver el anejo II – fotografía 5). Se realiza la aportación a cada tanque mediante una salida regulada con una llave de paso y un difusor que se introduce dentro del agua y aporta el aire al fondo del tanque, de manera que la burbuja ascendente está el máximo de tiempo posible en contacto con el agua, para la mejor transferencia del oxígeno que se está buscando.

7. RED DE OXÍGENO

La instalación de una red de oxígeno en una granja de cultivo puede tener, básicamente, dos finalidades, a saber:

- Dispositivo de emergencia ante posibles faltas de suministro de agua, en que se pone en funcionamiento la instalación que aporta oxígeno a cada tanque de cultivo y permite prolongar la vida de los peces cultivados.
- Incremento de la densidad de cultivo mediante la aportación continuada de oxígeno al agua que entra en la piscifactoría, con lo cual se pueden incrementar considerablemente las cargas piscícolas del sistema (kg de peces/m³ de agua).

La aportación del oxígeno al agua se puede hacer en diferentes lugares. En todos los casos, el oxígeno se mantiene líquido y almacenado en tanques a presión, y se pasa por un gasificador que lo transforma en oxígeno gaseoso. Éste se puede repartir mediante tuberías y difusores a los tanques de la instalación, o bien se pulveriza el agua hasta saturación en un reactor de oxígeno. Ver, al respecto, el anejo II – fotografías 5, 14, 15, 16.

Mediante estos sistemas, se pueden incrementar de manera considerable las densidades de cultivo y reutilizar el agua añadiendo el oxígeno perdido durante el proceso. Un pez, generalmente, puede coger oxígeno del agua hasta que su concentración llega a 3-4 mg/l (ppm). Según la especie, por debajo de esta concentración el pez sufre asfixia y muere. La concentración de oxígeno en el agua, de todas maneras, depende de la temperatura.

8. FILTRACIÓN Y ESTERILIZACIÓN DEL AGUA

Es aconsejable la instalación de filtros que eliminen los sólidos en suspensión contenidos en el agua utilizada para el cultivo y que pueden ser perjudiciales para la supervivencia de los alevines. (Ver el anejo II – fotografía 12).

Los primeros filtros que se colocan, siguiendo el flujo del agua, suelen ser los de arena de sílex con carcasa de poliéster o fibra de vidrio. Según la velocidad del paso del agua por el filtro, dotado de un sistema de circulación inversa del agua para proceder a su limpieza, se puede conseguir una retención de sólidos de una medida de 20 μm .

En caso que se desee una filtración más esmerada, se pueden instalar unos filtros de caucho con poliéster bobinado, los cuales pueden llegar a retener partículas de hasta 1 μm .

Se debe tener bien presente que, sobre todo en las fases en que hay presencia de alevines, se requiere una calidad del agua elevada y una ausencia casi escrupulosa de cualquier contaminación microbiológica. Por eso se utilizan filtros de ultravioleta y ozonizadores (aplicadores de O_3), que aseguran un 99% de eliminación de las bacterias del agua.

Es obvio que todos estos elementos provocan una pérdida de carga en el conjunto de la instalación que hace necesario disponer de un equipo de bombeo adecuado para la distribución del agua a la presión de servicio correcta.

9. SISTEMAS DE CONTROL Y ALARMA

En general están controlados, en una piscifactoría en régimen intensivo, los siguientes parámetros:

- la electricidad: falta de suministro o irregularidad del mismo.
- la temperatura: alta y baja.
- el nivel de agua: superior e inferior.
- el nivel de oxígeno: bajo.

Dada su dependencia energética, así como los cortos plazos de subsistencia de los cultivos que se realizan, la mayoría de las piscifactorías disponen de uno o más equipos electrógenos que se ponen en funcionamiento de manera automática cuando hay falta de suministro de electricidad en la red general. Se deben dimensionar con todos sus equipos auxiliares (tanque de fuel-oil, sistemas de arranque y paro, equipos de control,...) para que sea suficiente para abastecer de energía eléctrica a todo el equipo indispensable de la piscifactoría.

10. CLIMATIZACIÓN DEL AGUA

En general, como ya se ha explicado, se debe incrementar moderadamente la temperatura del agua de cultivo para conseguir un crecimiento más rápido de la especie. Lo más habitual es la instalación de una caldera y llevar, mediante el bombeo, el agua al quemador de manera que el calor que desprende se transfiera al agua del circuito y, mediante un intercambiador de calor, se calienta el agua entrante.

11. TANQUES DE CULTIVO

Los más comunes son los de planta circular, cuadrada o rectangular, con las esquinas redondeadas para evitar las zonas muertas.

Sin duda, el desagüe que funciona mejor es el central, situado en el fondo del tanque, ya que el flujo que se origina facilita la renovación del agua y la limpieza del tanque. En el caso de que sean tanques construidos de obra de fábrica, generalmente de hormigón armado, se realiza una ligera pendiente hacia el desagüe para facilitar su limpieza.

La entrada del agua a los tanques también se debe efectuar de manera tangencial para evitar la existencia de zonas muertas.

12. CÁMARAS DE CONSERVACIÓN Y FRIGORÍFICAS

Las cámaras de conservación son muy necesarias en una explotación de acuicultura, lo que justifica aún más la previsión del correspondiente grupo electrógeno. El pienso compuesto se ha de mantener en lugar fresco y de baja humedad relativa ambiental (cámara de conservación a 0°C). En caso de utilizar pescado, ya sea congelado como fresco, en la dieta de la especie cultivada, será necesaria una cámara frigorífica de conservación de congelados a unos -18°C.

Los dos tipos de cámaras mencionados se habrán de dimensionar y aislar adecuadamente, teniendo en cuenta la cantidad y los diversos tipos de productos a conservar y congelar.

CAPÍTULO 5

ALTERNATIVAS DE CULTIVO

1. ESTADÍSTICAS PESQUERAS DE ANGIULA EN LOS PUERTOS DE CATALUÑA

A continuación, se muestran los datos estadísticos correspondientes a las capturas de anguila en los diferentes puertos catalanes, así como el importe recibido por estas capturas y el precio medio de este producto. Se puede observar una bajada importante de la pesca de anguila del año 1994 al 1997, y que el puerto donde se registran más capturas, a lo largo de los años, es el de Sant Carles de la Ràpita (Montsià).

Los datos que se disponen, desde el año 1993, son los siguientes:

Cuadro 5.1. Estadística pesquera de anguila del año 1993

Puerto	Capturas(kg)	Importe(PTA)	Precio medio (PTA/kg)
St. Carles de la Ràpita	1.660	1.387.760	836
Deltebre	19	20.520	1.080
L'Ampolla	3	2.664	888
Total:	1.682	1.410.944	839

Cuadro 5.2. Estadística pesquera de anguila del año 1994

Puerto	Capturas(kg)	Importe(PTA)	Precio medio (PTA/kg)
St. Carles de la Ràpita	6.646	6.286.475	946
Deltebre	18	17.676	982
Mataró	2	703	370
Badalona	18	9.926	551
Arenys de Mar	91	11.170	123
Total:	6.822	6.357.306	932

Cuadro 5.3. Estadística pesquera de anguila del año 1995

Puerto	Capturas(kg)	Importe(PTA)	Precio medio (PTA/kg)
St. Carles de la Ràpita	1.625	1.498.526	922
Deltebre	8	5.773	722
Mataró	2	2.360	1.475
Tarragona	2.324	514.629	221
L'Ampolla	40	6.437	162
Total:	3.999	2.027.725	507

Cuadro 5.4. Estadística pesquera de anguila del año 1996

Puerto	Capturas(kg)	Importe(PTA)	Precio medio (PTA/kg)
Deltebre (incluye angulas)	988	14.792.741	14.972
Sant Carles de la Ràpita	445	422.550	950
L'Ampolla	6	5.004	848
Tarragona	3.271	341.842	105
Barcelona	2	1.500	750
Badalona	1	715	715
Total:	4.713	15.564.352	3.3027

Cuadro 5.5. Estadística pesquera de anguila del año 1997

Puerto	Capturas(kg)	Importe(PTA)	Precio medio (PTA/kg)
St. Carles de la Ràpita	1.046	959.613	917
Deltebre	141	150.770	1.069
L'Ampolla	11	4.557	414
Total:	1.198	1.114.940	931

Cuadro 5.6. Estadística pesquera de anguila del año 1998

Puerto	Capturas(kg)	Importe(PTA)	Precio medio (PTA/kg)
St. Carles de la Ràpita	1.635	1.882.386	1.151
Deltebre	341	417.322	1.224
Barcelona	3	975	375
Total:	1.979	2.300.683	1.163

Cuadro 5.7. Estadística pesquera de anguila del año 1999

Puerto	Capturas(kg)	Importe(PTA)	Precio medio (PTA/kg)
St. Carles de la Ràpita	4.250	4.476.137	1.053
Deltebre (incluye angulas)	990	21.530.862	21.748
L'Ampolla	2	1.147	574
L'Escala	24	21.228	870
Barcelona	7	5.269	753
Total:	5.273	26.034.643	4.937

Cuadro 5.8. Estadística pesquera de anguila del año 2000

Puerto	Capturas(kg)	Importe(PTA)	Precio medio (PTA/kg)
St. Carles de la Ràpita	3.233	3.325.287	1.029
Deltebre (incluye angulas)	1.996	48.207.799	24.152
L'Ampolla	19	391	21
Port de la Selva	5.341	1.263.037	236
Barcelona	580	117.434	202
Total:	11.169	52.913.948	4.738

Las capturas de anguila en Cataluña durante el año 2000 ascienden, como ya se ha visto, a 11.169 toneladas, lo que equivale a 52.913.948 pesetas (318.019,23 euros), incluyendo las capturas de anguila efectuadas en Deltebre.

Cuadro 5.9. Estadística pesquera de anguila del año 2004

Puerto	Capturas(kg)	Importe(€)	Precio medio (€/kg)
St. Carles de la Ràpita	1.427	9.072	6,36
Deltebre	94	473	5,03
Cambrils	22	115	5,23
Barcelona	16	56	3,50
Total:	1.559	9.716	6,23

Fuente: Estadística i Conjuntura Agrària. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. Generalitat de Catalunya

Las capturas de anguila en Cataluña durante el año 2004 ascienden, a 1.559 Kgs, lo que equivale a 9.716 euros.

2. MOTIVACIÓN DEL CULTIVO DE LA ANGUILA

La anguila, tiene una gran importancia comercial en las zonas del Baix Ebre, Montsià, Valencia y los países nórdicos.

La presencia de la anguila se ha reducido considerablemente en los últimos años de manera alarmante. La contaminación del agua continental y de la plataforma mediterránea, el exceso de capturas de angulas y anguilas cada vez con artes de pesca más perfeccionadas y el cierre de compuertas de los cursos de agua en épocas vitales de migración rompen eslabones fundamentales del ciclo biológico de este pez.

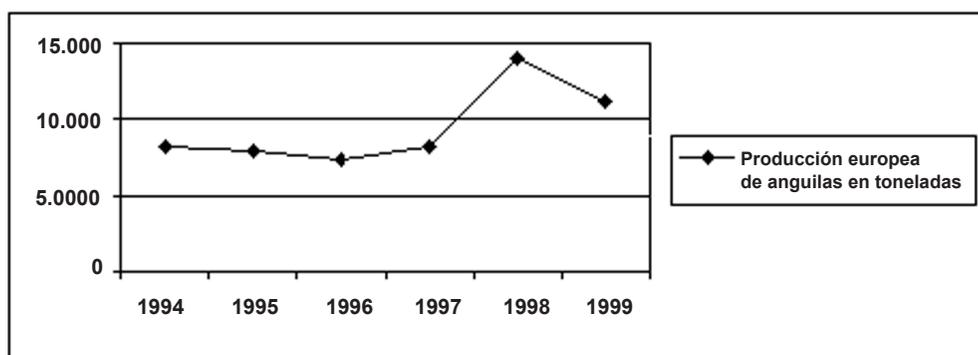
Cuadro 5.9. Producción europea de anguilas en Tm

País	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Anguila europea de < 130 g						
Bélgica/Luxemburgo	150	150	150	150	210	150
Dinamarca	1.000	1.200	1.200	1.700	2.500	3.000
Francia	810	180	25	-	-	-
Alemania	900	900	140	150	150	150
Grecia	350	234	350	312	500	500
Irlanda	-	-	-	-	150	-
Italia	2.700	3.000	3.000	3.100	3.100	-
Noruega	300	200	200	200	200	-
Holanda	1.500	1.600	1.800	1.800	3.000	3.500
Portugal	200	200	200	200	200	0
Reino Unido	-	-	25	-	0	-
España	180	174	210	266	-	-
Suecia	200	160	200	225	230	-
Turquía	-	-	-	200	-	-
Total de anguila europea de < 130 g	8.290	7.998	7.500	8.303	10.240	7.500
Anguila europea de 130-170 g						
Italia					1.200	1.200
España					260	260
Total de anguila europea de 130-170 g					1.460	1.460
Anguila europea de >300 g						
Italia					1.900	1.900
España					10	20
Suecia					250	250
Turquía					200	200
Total anguila europea de >300 g					2.360	2.370
Total anguila europea	8.290	7.998	7.500	8.303	14.060	11.330

Si bien la anguila es una de las especies más interesantes para el cultivo, por su rusticidad y adaptabilidad, debe de haber una gestión racional de las reservas explotables que forman parte del patrimonio internacional (reproductores, larvas leptocéfalas y angulas,...).

La zona del Delta de l'Ebre es, sin duda alguna, una de las regiones óptimas para el desarrollo de la acuicultura, no sólo de nuestro país, sino también de toda la cuenca mediterránea. Además, se trata de un lugar óptimo debido a la existencia de angulas en libertad, lo que hace favorable la ubicación de una piscifactoría en las proximidades del Delta de l'Ebre.

Figura 5.1. Evolución de la producción de anguilas en Europa del año 1994 al 1999



Como ya se ha comentado anteriormente, la piscicultura tiene unas consecuencias socioeconómicas que no se deben ignorar, tanto en el cultivo acuícola como en las actividades indirectas que se derivan, como pueden ser las industrias transformadoras de pescado (conservas, congelación, fileteado, ahumados,...) así como las empresas comercializadoras del mismo (importadoras y exportadoras).

Cuadro 5.10. Número de piscifactorías de anguila en Europa, lugares de trabajo y volumen de ventas (1996)

País	Número de piscifactorías	Número estimado de lugares de trabajo	Volumen estimado de ventas(M Euros)
Bélgica	2	6	1,2
Dinamarca	30	55	10,5
Francia	1	2	2,0
Alemania	13	10	1,2
Grecia	9	15	3,1
Italia	120 – 150	500	26,2
Holanda	45	75	15,7
Noruega	1	5	1,7
Portugal	4	12	1,0
España	4	12	2,2
Suecia	4	12	1,7
Reino Unido	1	2	2,0
Total	~ 250	~ 706	68,5

Fuente: Fuente Nacional (Asociaciones de Productores y Gobierno) - Francia

Así pues, se estima que el número de personas que trabajan en la industria acuícola de la anguila se traduce en 700 puestos de trabajo directos y de unos 700 indirectos. Por otra parte, se estima que las personas que trabajan en las industrias pesqueras de anguila son 500 en puestos de trabajo directos, 25.000 a jornada partida y 700 puestos de trabajo indirectos.

En el siguiente cuadro se puede observar la evolución del precio de la anguila desde el año 1994 al 1999 en el estado español, así como la producción y el valor total que ha representado esta pesquería. Así:

Cuadro 5.11. Precios y producciones de anguila en el estado español durante los años 1994-1999

Producto	Datos	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Anguila europea	Producción (Tm)	180	174	210	266		
	Precio (Euro/kg)	15,50	7,28	7,43	7,65		
	Valor en Meuros	2,8	1,3	1,6	2,0		
Anguila europea 130/170g	Producción (Tm)					260	260
	Precio (Euro/kg)					7,21	7,51
	Valor en Meuros	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	1,95
Anguila europea >300 g	Producción (Tm)					10	20
	Precio (Euro/kg)					7,51	7,81
	Valor en Meuros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,16
Producción de anguilas (Tm)		180	174	210	266	270	280
Precio (Euro/kg)		15,50	7,28	7,43	7,65	7,22	7,53
Valor de anguilas en Meuros		2,79	1,27	1,56	2,03	1,95	2,11

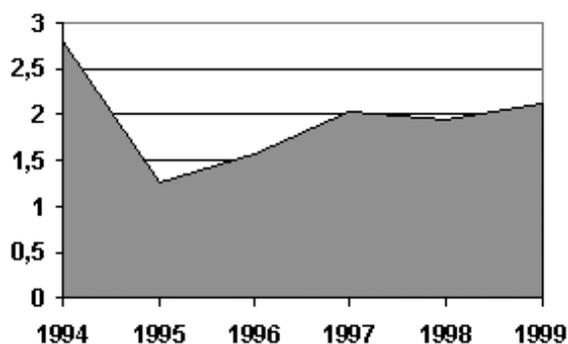


Figura 5.2. Valor en Meuros de la producción de anguila en el estado español desde el año 1994 al 1999

3. LA REPOBLACIÓN DE ANGULA EN CATALUÑA

La anguila es una especie piscícola migratoria que se encuentra en casi todos los continentes. Su reproducción, y sus dos o tres primeros años de vida, se desarrollan en el mar mientras que su crecimiento -hasta la consecución de la madurez sexual- se produce en los ríos y en las aguas salobres próximas a la costa. La anguila, en su ecosistema, es una especie dominante.

Según el informe elaborado por el ICES (*International Council for the Exploration of the Sea*) en mayo de 1998, se considera que en las dos últimas décadas se ha observado un aparente declive en las existencias de reproductores, y se cree que éstos pueden encontrarse en el límite de la seguridad biológica, para la supervivencia de la especie.

Esta preocupante situación se debe a toda una larga serie de factores, como la barrera artificial infranqueable que representan -para esta especie- los muros de contención de los embalses y la construcción de presas y azudes sin los dispositivos y obras adecuadas, que le impiden remontar los ríos y extenderse por las cuencas; la contaminación del agua, sobre todo la que es debida a compuestos organoclorados con la cual se ha observado una correlación notoria; la pesca excesiva e incontrolada; la mortalidad larval (leptocéfalas) por falta de alimentos durante la migración oceánica, la mortalidad de los prereproductores a causa del nemátodo parásito *Anguillicolla crassus*. La declinación de las existencias de anguila también se atribuye a acontecimientos coyunturales, como por ejemplo los cambios producidos durante la migración por el área atlántica debido a la diferente dinámica oceánica (la denominada corriente del Golfo o *Gulf Stream*) que esté afectando a su crecimiento, supervivencia y transporte de la anguila, siendo posible incluso que sea desplazada por las corrientes marinas hacia las áreas del norte. Seguramente, la suma de estos diversos factores ha supuesto la práctica desaparición de la anguila y de la anguila en los ríos mediterráneos de la península ibérica.

En Cataluña se inició, en el año 1995, un ambicioso programa de recuperación de la anguila. Dicha actuación es fruto de la colaboración interdepartamental establecida entre la Dirección General de Pesca y Asuntos Marítimos (*Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca*) y la Dirección General del Medio Natural (*Departament de Medi Ambient*) de la Generalitat de Cataluña. La primera retira del consumo y destina a la reproducción el 5% de las angulas capturadas por los pescadores, mientras que la segunda fija los lugares geográficos donde serán liberadas.

Cuadro 5.12. Repoblaciones de angula en Cataluña efectuadas entre 1996-99

Lugar	Municipio	Comarca (Provincia)	Fecha	Ejemplares	Peso medio (g)
Embalse De Cellers	Guàrdia de Noguera	Pallars Jussà (Lleida)	21/03/96	66.290	0,2127
Río Gaià	Montferri	Alt Camp (T)	16/01/97	30.553	0,3273
Río Llobregós	Ponts	La Noguera (LI)	13/02/97	53.454	0,2669
Río Boixols	Ponts	La Noguera (LI)	13/02/97	22.480	0,2669
Río Muga	Albanyà	Alt Empordà (Gi)	21/01/98	18.846	0,2704
Río Fluvià	Olot	Garrotxa (Gi)	28/01/98	4.688	0,2707
Río Fluvià	Serinyà	Garrotxa (Gi)	28/01/98	7.032	0,2707
Riera de Bianya	St Joan les Fonts	Garrotxa (Girona)	28/01/98	4.688	0,2707
Río Brugent	St Feliu de Pallerols	Pla de l'Estany (Girona)	28/01/98	4.688	0,2707
Pantano d'Utxesa	Torres de Segre	Segrià (Lleida)	29/01/98	4.688	0,2248
St Llorenç de Montgai	Camarasa	La Noguera (Lleida)	03/02/98	37.420	0,2944
Río Segre, La Mitjana	Lleida	Segrià (Lleida)	05/02/98	37.011	0,2840
Margalef de Montsant	Margalef	Priorat (Tarragona)	09/03/99	36.109	0,2092
Pantano de Riba-roja	Riba-roja d'Ebre	Ribera d'Ebre (Tarragona)	09/03/99	18.609	0,2128
Río Fluvià. Reserva Illa de Fluvià	Sant Ferriol	Garrotxa (Girona)	16/03/99	27.002	0,1534
Río Fluvià. Refugi de Pescadors	Olot	Garrotxa (Girona)	16/03/99	19.361	0,1534
Riera de Bianya	St Joan les Fonts	Garrotxa (Girona)	16/03/99	20.006	0,1534
Alòs de Balaguer	Alòs de Balaguer	Noguera (Lleida)	18/03/99	39.919	0,2232

Las angulas, proporcionadas por los pescadores, se estabulan en unas instalaciones adecuadas hasta que pasen a ser anguilones, que constituye un estadio intermedio entre la angula y la anguila que tiene más posibilidades de supervivencia. Véase, al respecto, el anejo II – fotografías 1, 2 i 3.

La reintroducción de la anguila en los diferentes lugares donde se realiza la repoblación reporta diferentes beneficios, como son: una mejora en la comunidad de peces afectada, el incremento de la diversidad de una población de peces en la cual originariamente la anguila ocupaba un espacio concreto y participando de una forma activa en su equilibrio; un incremento de la población de anguila prereproductora y una presión depredadora sobre el cangrejo de río americano (*Procambarus clarkii*), especie que cada vez más afecta los ríos de Cataluña, con efectos negativos, por ejemplo, sobre los arrozales del delta de l'Ebre y de Pals, ya que aquel crustáceo deshace los márgenes de tierra que delimitan las diferentes parcelas de cultivo, destruye las bases de sustentación de los puentes de acceso a las fincas, etc.

El número de repoblaciones efectuadas entre el año 1996 y 1999 ha sido de 10, con un total de 451.844 ejemplares repoblados. En el cuadro siguiente se detallan estas repoblaciones de angula.

El río Gaià goza de muy buenas condiciones, pero a partir de su embalse no suele circular agua, porque se desvía hacia las plantas petroquímicas del campo de Tarragona. Así pues, se crea otro problema que debe resolverse del siguiente modo: de la misma manera que los embalses impiden la subida o remontada de las angulas por los ríos, también dificultan su bajada al mar, donde van a parar después de su periodo de crecimiento y se reproducen. Así pues, esta segunda etapa de retorno al mar requiere la construcción de escaleras salmoneras, que son unas rampas escalonadas que conectan las dos masas de agua separadas por los muros de contención de los embalses, la obligatoriedad de la construcción de las cuales está previsto que esté considerada por la normativa de la futura Ley de Pesca e Hidrosistemas Continentales que elabora el Departamento catalán de Medio Ambiente. De momento, la migración de estos peces depende de la suerte que tengan a la hora de atravesar las turbinas de desagüe que incorporan los embalses.

Aún así, últimamente se ha podido comprobar que la repoblación efectuada a principios del año 1997 ha tenido una evolución favorable, ya que se capturaron en 1998 anguilas que medían entre 27 y 42 centímetros, y la densidad estimada de esta especie fue de 23 anguilas por cada kilómetro de río.

Durante los últimos años, los ejemplares que vivían en el río Montsant prácticamente han desaparecido. Este hecho ha provocado un desequilibrio importante en el ecosistema del río mencionado, ya que esta especie se alimenta

de insectos acuáticos, peces, moluscos y algunos crustáceos; y por otra parte, es también el alimento predilecto de algunas especies amenazadas de extinción. Por esta razón, en marzo del año 1999, se introdujeron 36.109 ejemplares de angula en el río Montsant para recuperar la especie y favorecer el reequilibrio ecológico de la zona. Por las mismas fechas se repoblaron también la isla de Fluvià (Alt Empordà) y Alòs de Balaguer (La Noguera).

En mayo de 1997, tuvo lugar en Sevilla la celebración de la Asamblea Anual General de la Federación Europea de Productores Acuicultores (F.E.A.P.). En la Resolución II de la misma se consideraron las existencias naturales de la anguila europea (*Anguilla anguilla*, L.) y consta que la federación observó la necesidad de preservarlas para futuras generaciones, ya que han estado agotadas y la sobrepesca puede hacerlas desaparecer en un futuro más o menos próximo.

Así pues, la F.E.P.A. aprobó rotundamente el documento de la Resolución de los productores titulado: "Observaciones de la reciente tendencia de las capturas de angulas y piscifactorías de anguila europea". Esta resolución fue examinada y se elaboró una respuesta; en esta respuesta se incluyó el estudio, en el contexto de esta resolución, de un informe, aún pendiente de finalizarse en aquella fecha, sobre la pesca de la anguila europea y el aseguramiento de la supervivencia de las especies. Este informe hállase fundamentado por un programa de investigación de la Comunidad Europea y en él se encuentran implicados diversos científicos de todos los estados miembros.

En la respuesta se consideraba que la situación actual -en cuanto a la disminución de las capturas de angula en la Unión Europea- era un asunto problemático pero se había de considerar si constituía una razón suficiente como para restringir la pesca. Más allá de las cuestiones estrictamente ecológicas había un aspecto comercial importante, al producirse una brusca subida en la demanda de angula por encima de los últimos cuatro años para suplir las anguilas de las piscifactorías asiáticas. Mientras se era consciente del impacto que esto estaba teniendo en la industria del cultivo de la anguila en la Comunidad, los servicios de la Comisión habían de cumplir numerosas y complejas obligaciones por encima de los convenios.

4. ALTERNATIVAS EN EL CULTIVO DE LA ANGIULA/ANGULA

1.1. Alternativas

Lo desarrollaremos de forma esquemática, en cada caso, a saber:

A. Tipo de explotación

- Explotación extensiva.
- Explotación intensiva.
- Explotación semiintensiva.

B. Especialización de la explotación

- *Nursery*.
- Engorde.

C. Etapas de cultivo

- Fase de preengorde.
- Fase de engorde.

D. Depósitos de cultivo

- Tipo.
- Forma y dimensiones.
- Material de fabricación o construcción.

E. Alimentación

- Alimentación natural.
- Alimentación artificial.
- Alimentación mixta.

F. Sistema de instalaciones hidráulicas

- Circuito abierto.
- Alternativas al circuito abierto.

G. Calentamiento del agua

- Energía eléctrica.
- Energía solar.
- Gasoil o fuel-oil.
- Gas (propano, butano, natural).

H. Edificaciones

- Construcción clásica.
- Prefabricación de hormigón armado o acero laminado.

4.2. Evaluación de las alternativas

A. Tipo de explotación

- **Cultivo extensivo:** se practica mediante la siembra artificial en extensiones grandes de agua, como pueden ser lagos, deltas, estanques o zonas del mar, y también en balsas preparadas para tal efecto. Las condiciones naturales no son demasiado modificables, por tanto hay un lento crecimiento y la consiguiente baja producción.
- **Cultivo intensivo:** los métodos intensivos de cría en la acuicultura moderna hacen referencia a un aumento de la densidad de los peces en los tanques de cultivo, con la finalidad de aprovechar al máximo el medio y optimizar las instalaciones, lo que obliga al suministro de unos caudales de agua mayores, oxigenación artificial, controles rigurosos del medio y a una alimentación artificial completa que posibilite un rápido crecimiento de la especie. Así pues, hay un mayor control de los condicionantes naturales del cultivo. Se realiza en explotaciones bajo techo, y a ellas dedicaremos, básicamente, el presente libro. Vean el anejo II – fotografías 8, 16 y 18.
- **Cultivo semiintensivo:** la densidad de los peces a cultivar es intermedia entre el cultivo extensivo y el intensivo. Se modifican algunas condiciones, como la concentración de oxígeno en el agua y otras. La alimentación tiene lugar con pienso compuesto para incrementar la velocidad de crecimiento. Se realiza, normalmente, en explotaciones al aire libre. Vean el anejo II – fotografías 4, 5 y 6.

B. Especialización de la explotación

- **Nursery:** permite a los alevines adaptarse a las condiciones de cultivo de la piscifactoría. Durante este periodo del cultivo, la mortalidad resulta elevada. Vean el anejo II – fotografía 7.
- **Engorde:** especialización que consiste en obtener peces de peso comercial. Vean el anejo II – fotografías 8 y 9.

C. Etapas de cultivo

- **Fase de preengorde:** consiste en condicionar las angulas recién pescadas a un determinado tipo de alimentación (natural, artificial o mixta). Este periodo de «destete» es más o menos difícil y más o menos rápido (de una semana a 2 meses), según los lotes, la estación del año, la apetencia del alimento,... Durante esta fase del cultivo hay una elevada mortalidad, que puede ser del orden del 30% al 50%. Al finalizar esta fase, el pez se llama *anguilón*.

- **Fase de engorde:** se trata de engordar los individuos que se han adaptado favorablemente a la alimentación y han alcanzado cierta talla, determinada mediante sucesivas calibraciones. Esta fase finaliza una vez el pez alcanza el peso comercial.

D. Depósitos de cultivo

- **Tipo: tanques o estanques.** La diferencia entre tanques y estanques es principalmente la medida o dimensión de los mismos. Los estanques son más grandes que los tanques y están contruidos mediante una excavación en el suelo y con materiales impermeables que impiden las excesivas pérdidas de agua. Son más indicados para el cultivo extensivo y semiintensivo (ver el anejo II – fotografía 4). Así mismo, para el cultivo intensivo son más adecuados los tanques de diferentes materiales.

Para un cultivo ideal, el tanque ha de cumplir las siguientes características físicas y funcionales:

- 1.- Liso por su interior, para prevenir daños al pez.
- 2.- Proveerlo de agua de suficiente calidad, con todos los parámetros a nivel óptimo para el cultivo de la especie.
- 3.- Que sea duradero y suficientemente resistente a los cambios de lugar y otras cargas internas y externas.
- 4.- Que se limpie fácilmente o sea autolimpiable.
- 5.- Que la superficie interior no sea tóxica para el cultivo y no favorezca el desarrollo de organismos indeseables.
- 6.- Lo más barato posible.
- 7.- Que no sea corrosivo.

- **Forma y dimensiones:** en cuanto a la forma de los depósitos de cultivo, la planta circular permite una autolimpieza rápida y efectiva, cosa que no sucede con las formas rectangulares u otras.

La dimensión de los tanques varía, según su función, a saber: tanques de preengorde (“anguleras”) y de engorde (“anguileras”). En cuanto a los tanques de preengorde es necesario que sean lo suficientemente pequeños como para poder clasificar los diferentes lotes de angulas que llegan a la piscifactoría, pero al mismo tiempo han de ser también lo suficientemente grandes como para economizar la instalación. Así pues, las dimensiones de los tanques de preengorde pueden ser de 1 metro de diámetro a 2 metros (ver el anejo II – fotografía 7). En cuanto a los tanques de engorde pueden tener de 4 a 10 metros de diámetro (ver el anejo II – fotografías 8 y 9).

- Material:

- Hormigón en masa y/o hormigón armado: es el material más utilizado para la construcción de los grandes tanques de cultivo. Es duradero, el material tiene un bajo coste, aunque se requiere mano de obra especializada para realizar la construcción *in situ* de los tanques, y pueden ser de la forma y medida deseada. También se pueden construir con piezas prefabricadas de hormigón pretensado. El tanque es resistente, ahora bien, supone una instalación permanente. La superficie interior de los tanques de hormigón puede ser muy lisa y uniforme (“enlucida”), pero sin poder usar separadores herméticos. Se puede observar este tipo de tanques en el anejo II – fotografía 10.

De todas maneras, los tanques de hormigón descubiertos son inaceptables para la depuración de crustáceos u otras aplicaciones piscícolas donde se deba evitar que se depositen las bacterias. Entonces, es necesaria la aplicación de productos de recubrimiento adecuados para corregir este problema.

- Madera: también se utiliza para la construcción de los tanques. Es uno de los materiales más baratos pero requiere una protección adecuada. Unos elementos de la estructura forman un anillo circundante por la parte superior y el fondo del tanque. Los elementos verticales de la estructura están sujetos entre los anillos.

- Plástico: se utiliza para denominar una larga serie de materiales. Se incluyen: la fibra de vidrio, polipropileno, poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), polietileno (PE) de alta y baja densidad, cloruro de polivinilo (PVC), vinilo, acrílicos y materiales parecidos. Cada uno de estos materiales tiene propiedades específicamente adaptadas a muchas aplicaciones. De todas formas, los plásticos son lo suficientemente similares como para ser tratados conjuntamente.

La fibra de vidrio es, probablemente, el material más utilizado para la construcción de los tanques de cultivo. Es ligero, resistente y de un precio razonable; es inerte, tanto para el agua dulce como para el agua salada. Se puede diseñar con la forma deseada, aunque es más frecuente la forma de planta circular. Este tipo de tanque se puede observar en el anejo II – fotografía 7.

El vinilo es un plástico flexible usado para piscinas y otras aplicaciones que requieran un material flexible y una permeabilidad al agua igual a cero. Como el vinilo es flexible, requiere unos muros verticales como soporte. Debe evitarse el utilizar utensilios cortantes o punzantes que podrían dañarlo. Como material utilizable para los tanques de cultivo de pescado tiene las ventajas de ser barato, de superficie lisa y fácil de limpiar.

El polietileno (PE) tiene unas características muy similares al vinilo.

Los materiales acrílicos, en general, son utilizados en el cultivo de peces con el propósito de experimentar. Pueden ser perforados, golpeados y trabajados con herramientas para darles forma y dimensiones adecuadas. Son inertes al agua dulce y también a la salada.

Los tanques de polipropileno pueden ser suministrados comercialmente de diferentes medidas, con un mínimo de capacidad de 1.500 litros. Los tanques más grandes tienden a ser más caros que los tanques de fibra de vidrio de construcciones similares. Son inertes al agua de mar y también al agua dulce. Los accesorios mecánicos adecuados se deben encolar, aunque es muy difícil.

Por último, el cloruro de polivinilo (P.V.C.) se utiliza para la construcción de tanques, pero se deben instalar sobre una cierta estructura de soporte. El P.V.C. se puede encolar y/o soldar mediante el calor. Es un material inerte, en principio, al agua dulce y a la salada, aunque en los últimos tiempos se están llevando a cabo estudios sobre su idoneidad para usos alimentarios. Se puede fabricar con "calidad alimentaria".

- **Metal:** el aluminio y el acero inoxidable son otros materiales con los cuales se pueden construir los tanques, así como el acero al carbono revestido interiormente con resinas epoxídicas en sucesivas capas de diferente color, aunque no son muy frecuentes, posiblemente por su elevado coste de adquisición.

E. Alimentación

- **Alimentación natural:** pescado fresco o congelado (sardina, caballa, aguja,...), larvas de insectos (gusano de harina) o bien crustáceos (cangrejos verdes). Su uso tiende a ser reemplazado, en todas partes, por el de alimentos comerciales habida cuenta de la regularidad del abastecimiento.

- **Alimentación artificial:** contiene un elevado porcentaje de proteínas (del 45 al 55%) y está elaborada a base de harinas de pescado y de carne, almidón y complementos minerales y vitamínicos. Se administra en forma de pasta húmeda o de granulados. La pasta se prepara poco antes de su utilización a partir de harinas, añadiéndoles agua (30%) y aceite de hígado de pescado (4%). Tiene el inconveniente de desaprovecharse bastante y de contaminar el agua.

Los granulados secos flotantes ofrecen considerables ventajas en cuanto a su almacenamiento, conservación y distribución, así como una mejor estabilidad en el agua.

Mediante el proceso mecánico de extrusión, se obtiene el pienso extrusionado, que tiene mucha flotabilidad y digestibilidad.

El diámetro de las partículas varía en función del estado de desarrollo de la angula-anguilón-anguila.

- **Alimentación mixta:** es aquella en que se utilizan simultáneamente alimentos naturales y alimentos artificiales. Este tipo de alimentación es la adecuada durante la primera etapa del preengorde, para que la angula se adapte a la alimentación con pienso compuesto. Esta alimentación consiste en la mezcla de huevos de bacalao y pienso.

F. Sistemas de instalaciones hidráulicas

- **Circuito abierto:** las instalaciones intensivas, como la que es objeto de estudio en nuestro libro, requieren la utilización del agua a una temperatura adecuada, 20-22t°C de mínima y 25-28°C la óptima, para que las anguilas consuman una gran cantidad de pienso, lo metabolicen favorablemente y tengan, como consecuencia, un máximo crecimiento. El calentamiento del agua en un sistema de circuito abierto, o sea, con entrada y salida continuada de agua a la piscifactoría, no es viable económicamente por razones obvias de gasto energético.

- **Alternativa al circuito abierto:** se han buscado diversas alternativas al circuito abierto. Estas son:

- calentamiento en circuito abierto con reaprovechamiento mediante intercambiadores de calor.
- utilización de aguas termales naturales o bien procedentes de la refrigeración de centrales térmicas o nucleares.
- calentamiento en sistema de recirculación (circuito cerrado).

La primera opción se utiliza en instalaciones de investigación y se utilizan bombas de calor.

Las aguas termales sólo pueden ser usadas en puntos concretos donde existen surtidores de estas singulares características. La temperatura del agua no suele ser muy alta, del orden de 18-20°C, que se pueden elevar 2 ó 3°C utilizando energías alternativas, como la solar o la eólica.

Los sistemas de recirculación son posibles en cualquier lugar, pero necesitan una gran tecnificación de la instalación. Estos sistemas se basan en la reutilización del agua de cultivo, y sólo es necesario calentar el agua que se introduce al medio para compensar las pérdidas por evaporación y por la eliminación de fangos, lo cual representa alrededor de un 5%. De

hecho, la recirculación del agua requiere la realización de tres tratamientos fundamentales, a saber:

- Filtración mecánica: eliminación de sólidos en suspensión, excrementos y restos de pienso.
- Filtración biológica: transformación del amoníaco producido en el metabolismo catabólico de los peces, en nitritos y nitratos.
- Reoxigenación del agua: para oxidar el nitrato y para la respiración de los peces.
- También son necesarios unos sistemas adecuados de control y alarma, así como electrobombas centrífugas para el movimiento del agua.

Se pueden observar detalladamente estos tipos de instalaciones en el anejo II – fotografías 12 y 16.

G. Calentamiento del agua

G.1. Introducción

En cuanto a la energía utilizada a la hora de calentar el agua, para llevar a cabo un cultivo en óptimas condiciones, tenemos las alternativas habituales.

La energía eléctrica es muy limpia pero cara; la solar o la eólica requieren una elevada inversión. Se escogerá el gas natural o bien los licuados de petróleo (propano o butano) como energía para el calentamiento del agua.

G.2. Aprovechamiento de la energía residual de las centrales térmicas para el cultivo de la anguila

El balance energético que se produce en una central térmica es el siguiente. La potencia comunicada al ciclo debido a la combustión sufre unas pérdidas por diversas causas (caldera, conductos, condensadores, turbina y mecánica) hasta llegar a la potencia útil al eje de la turbina de vapor.

En las centrales térmicas de circuito cerrado el calor cedido al condensador es liberado en un elevado porcentaje a la atmósfera, en forma de vapor de agua. De lo contrario, en las centrales de circuito abierto este calor se vierte con el agua de refrigeración a un hidrosistema cercano (embalse, río, etc.) que suele ser el mismo que alimenta el circuito aguas arriba.

Para el primer caso, el aprovechamiento del calor residual, se suele

recurrir a los intercambiadores de calor y para el segundo, o bien se sigue este mismo procedimiento o contrariamente se efectúa directamente.

Se ha comprobado que, al menos desde el punto de vista económico, el calor residual es interesante aprovecharlo en dos únicos campos: la agricultura y la acuicultura. En la agricultura se utiliza para modificar la temperatura del medio, con lo cual se consigue incrementar las cosechas y obtener productos fuera de temporada en el interior de invernaderos y otros cultivos forzados bajo plástico. Pero donde más clara resulta la aplicación de este efluente es en la piscicultura y, por extensión, a la acuicultura.

Representa una gran ventaja poder contar con los efluentes cálidos de una central térmica o nuclear, bien solos o en combinación con los provenientes del medio. Este último caso permite mantener la temperatura del agua de cultivo alrededor del valor más conveniente.

Muchos países, dentro del marco del aprovechamiento integral y del ahorro energético, están realizando experiencias encaminadas a conseguir aprovechar el calor residual que se pierde en la refrigeración de las centrales térmicas convencionales y las termonucleares para potenciar así las explotaciones piscícolas. En el ámbito español, se han realizado experiencias en la Central Térmica de Compostilla, en Cubillos del Sil (León), con diversas especies como anguila, carpa, tenca y trucha.

H. Edificaciones

- **Construcción clásica:** se realizará con este tipo de construcción el edificio que acoge las oficinas, vestuarios y servicios complementarios. También el laboratorio, almacén y sala de envasado, los cuales se ubicarán en el interior del invernadero.

- **Prefabricación:** con tal de reducir costes y conseguir una rápida implantación de la explotación acuícola, para llevar a efecto el cultivo intensivo se cubrirán las instalaciones mediante un invernadero, generalmente basado en una estructura metálica de acero galvanizado electrolíticamente y plástico de diferentes galgas, con sus correspondientes mecanismos de aireación automática y control de los parámetros ambientales. La construcción prefabricada, además de ofrecer una protección eficaz ante los agentes meteorológicos (viento, lluvia, escarcha, granizo, nieve) y los depredadores, permite aprovechar al máximo la energía calorífica del sol para el mantenimiento de un ambiente cálido en su interior, y por tanto mantener la temperatura adecuada del agua, y, consecuentemente, generar un ahorro importante de energía.

5. PRODUCCIÓN EN CULTIVO EXTENSIVO O TRADICIONAL

Mediante este sistema, a los dos meses de permanecer en la *nursery*, las angulas se trasladan a los estanques de engorde (Bruslé, 1990), la superficie de los cuales oscila entre los 1.500 y los 2.000 m² y su profundidad entre 60 y 100 centímetros. La densidad máxima a la cual se establecen los animales, en estos estanques, es de 3 kg/m² (Bruslé, 1990; Melotti *et al.*, 1990). Se puede mantener la concentración de oxígeno entre 3 y 7 ppm (mg/l.) mediante aireadores de palas y el pH ligeramente básico, en valores comprendidos entre 7 y 8. Es necesario realizar calibraciones frecuentes para atenuar el efecto del estrés y del canibalismo. La dispersión de tallas que se produce en el cultivo es bastante grande y esto se traduce en unos malos resultados económicos. En condiciones normales de manejo del cultivo, y con una temperatura mínima invernal de 16°C, se llega a alcanzar la talla comercial (unos 200 g) en un periodo de 24 - 30 meses, a los que, si añadimos los dos meses de preengorde, resulta un periodo conjunto de cría de 26 - 32 meses para esta especie.

CAPÍTULO 6

BIOLOGÍA DE LA ANGULA Y DE LA ANGUILA

1. CLASIFICACIÓN Y ANATOMÍA

Todas las anguilas pertenecen al género *Anguilla*. Se trata de peces Teleósteos pertenecientes al orden de los Anguilliformes. Se les conoce por su cuerpo alargado, serpentiforme, de sección redonda en la parte anterior, con una larga aleta impar resultante de la fusión de las aletas dorsales, caudal y anal, y sin aletas pelvianas pares.

Presentan escamas muy pequeñas sobre una piel rica en glándulas mucosas, que segregan una mucosidad blanquecina abundante, la cual les confiere una piel viscosa y enganchosa. La mucosidad forma una auténtica pantalla de protección que no es cuestión de eliminar por secado. De hecho, las anguilas retienen un porcentaje variable de agua bastante difícil de evaluar con precisión.

Poseen una mandíbula inferior ligeramente más alargada que la superior, y una línea lateral muy visible.

La coloración es variable (amarillenta, pardusca, verdosa, negruzca o plateada), según la edad y el medio de vida. Los machos miden entre 20 y 40 cm mientras que las hembras superan los 50 cm hasta un máximo de 1,50 metros.

2. ESPECIES DE ANGUILA

Actualmente hay censadas 19 especies de este pez, 3 de las cuales son las más conocidas, comercializadas y cultivadas (mediante la técnica conocida como “anguilicultura”), o sea:

- la anguila europea (*Anguilla anguilla*, Linnaeus, 1758)
- la anguila japonesa (*Anguilla japonica*)
- la anguila americana (*Anguilla rostrata*).

La diferencia entre las diferentes especies propias del Atlántico o del Indopacífico se basa en caracteres morfométricos, así como en diferencias genéticas (polimorfismo enzimático).

La anguila americana se distribuye por la costa este de los EUA y del Canadá; las especies indopacíficas se encuentran en la costa este de África,

India, Indonesia, Nueva Zelanda, Australia y Japón. La anguila europea es suficientemente común en el continente europeo, norte de África, Mediterráneo oriental y mar Negro.

3. HÁBITATS NATURALES

Las anguilas pueblan las aguas marinas litorales, los medios salobres (estuarios, lagunas) y las aguas continentales (ríos, lagos). Durante gran parte de su vida son sedentarias (3 a 12-15 años), pero efectúan importantes migraciones marinas durante un ciclo biológico complejo.

4. CICLO BIOLÓGICO EN EL MEDIO NATURAL

La anguila europea, la más conocida de todas ellas, es un pez marino que realiza migraciones hacia las aguas continentales durante los estadios larvarios y juveniles ("subida" o anadromia), con regreso de los reproductores a las aguas marinas ("bajada" o catadromia).

4.1. La puesta

El área de puesta de la anguila europea, que cubre parcialmente la de la anguila americana, se sitúa, según Schmidt (1922), en el Atlántico occidental, en el Mar de los Sargazos (a 22-29° de latitud N y 50-70° de longitud W) y cerca de las islas Bermudas.

La puesta, que nunca ha podido ser observada a causa de la imposibilidad técnica de la captura de anguilas en el mar, se produciría a 600 metros de profundidad y en la oscuridad, bajo presiones elevadas, durante los meses de marzo a julio. De esta manera, la recogida de huevos planctónicos prueba este hecho singular.

Los huevos fecundados suben hacia aguas más superficiales, donde eclosionan pasadas 24 horas.

4.2. La migración transatlántica de las larvas leptocefálicas

Después de la eclosión de los huevos, se originan unas pequeñas larvas que se transforman en leptocefálicas (larvas de cabeza pequeña y que tienen unos 5 - 7 mm de longitud) y transparentes, las cuales realizan un des-

plazamiento hacia el noreste siguiendo la deriva norte atlántica (*Gulf stream*). Su distribución horizontal, a partir del área de puesta de los Sargazos, muestra la migración que es, al mismo tiempo, pasiva (mediante corrientes) y activa (mediante natación propia). Su forma aplanada lateralmente parece una hoja de sauce, que favorece la sustentación en la masa de agua. Pero su musculatura les permite realizar movimientos autónomos, especialmente verticales (de 30 a 130 metros de profundidad durante la noche y de 175 a 200 metros de profundidad durante el día). La parte correspondiente a la actividad propia en el desplazamiento migratorio horizontal, se ha estimado en 20 cm/segundo (Tesch, 1982). El aumento progresivo de la talla (de 10 a 45 mm y hasta 75 mm) da una idea de la duración relativa de esta migración. Esta continúa siendo imprecisa; a menudo se ha estimado de 3 a 5 años, pero podría ser más corta: hasta inferior a un año, según Lecomte-Finiger (comentario personal), o de unos dos años, según otras fuentes y autores.

4.3. La metamorfosis de los leptocéfalos en angulas

La llegada a la plataforma continental europea y africana va acompañada de una transformación anatómico-fisiológica profunda de los leptocéfalos en angulas transparentes, o sea: forma cilíndrica y natación por movimientos ondulatorios, cambios endocrinos (hipófisis, tiroides), etc.

La llegada de la angula a las diferentes zonas de las costas europeas depende de la temperatura y del flujo de la corriente del golfo. A los ríos del norte de Irlanda, del sur y oeste de Inglaterra, Escocia, Bélgica, Dinamarca y Holanda la llegada principal de angulas sucede durante los meses de abril y mayo. A las costas de la península Ibérica, la entrada principal de la angula se produce de noviembre a febrero.

4.4. La migración anadroma de las angulas

Las angulas, que han adquirido mecanismos osmorreguladores, son atraídas por las aguas dulces de origen continental. Esta migración la realizan de noche. A contracorriente (reotactismo +), remontan las aguas salobres de los estuarios, deltas y lagunas litorales, nadando por las orillas y el fondo, aprovechando las corrientes del mar. Este movimiento estacional, bajo control hidrometeorológico, comienza generalmente en el otoño y se prolonga hasta la primavera (Elie, 1979; Cantrelle, 1981; Lecomte-Finiger, 1983).

Durante la estación de "subida" de los ríos, las angulas experimentan una curiosa evolución pigmentaria. Esta melanogénesis es progresiva y las etapas de distribución de las células pigmentarias (melanóforas) permiten distinguir diferentes estados precisos: de VA a VIB, según la clasificación de Elie et al. (1982). Paralelamente a la pigmentación, se observa una disminución

ponderal de la talla relacionada con un periodo de ayuno debido a la oclusión del tracto digestivo (Monein-Langle, 1985). Después de la obertura del tracto digestivo y la consecuente maduración de los sistemas enzimáticos (Monein-Langle, 1985), la actividad trófica (presas animales) va acompañada de una reactivación del crecimiento, tanto lineal como ponderal (Yahyaoui, 1983).

Veamos, a continuación, las tres figuras siguientes:

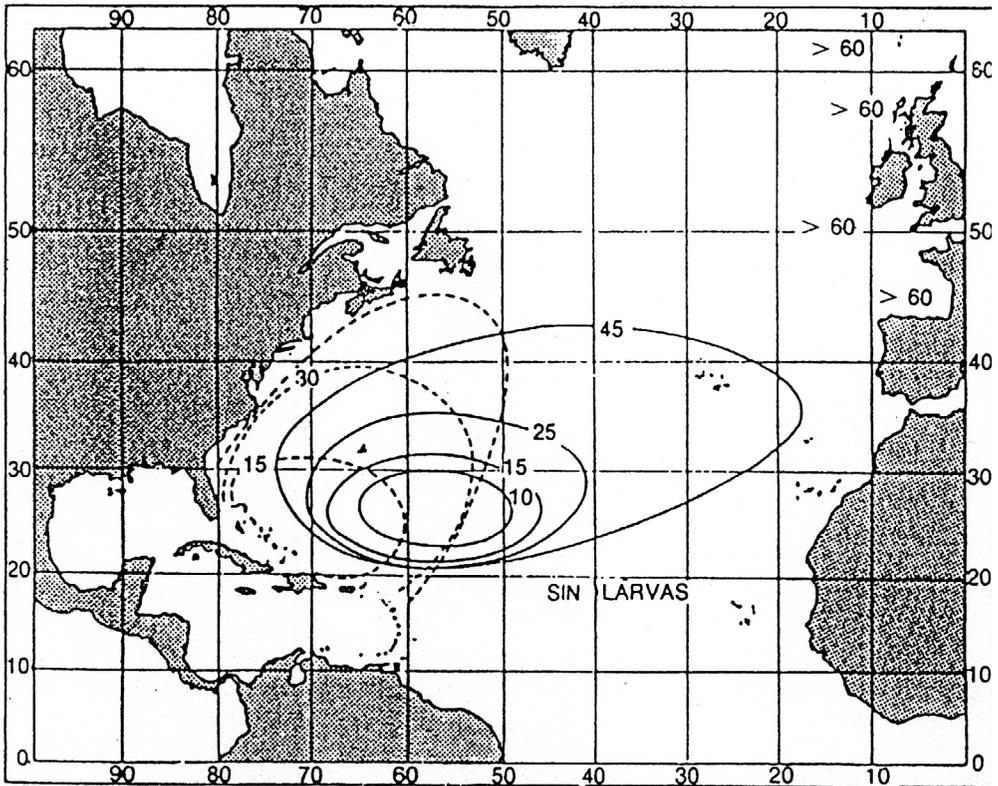


Figura 6.1. Carta de Johannes Schmidt donde se muestra la distribución de larvas leptocefálicas de *Anguilla anguilla*, L. en el Océano Atlántico (Schmidt, 1922)

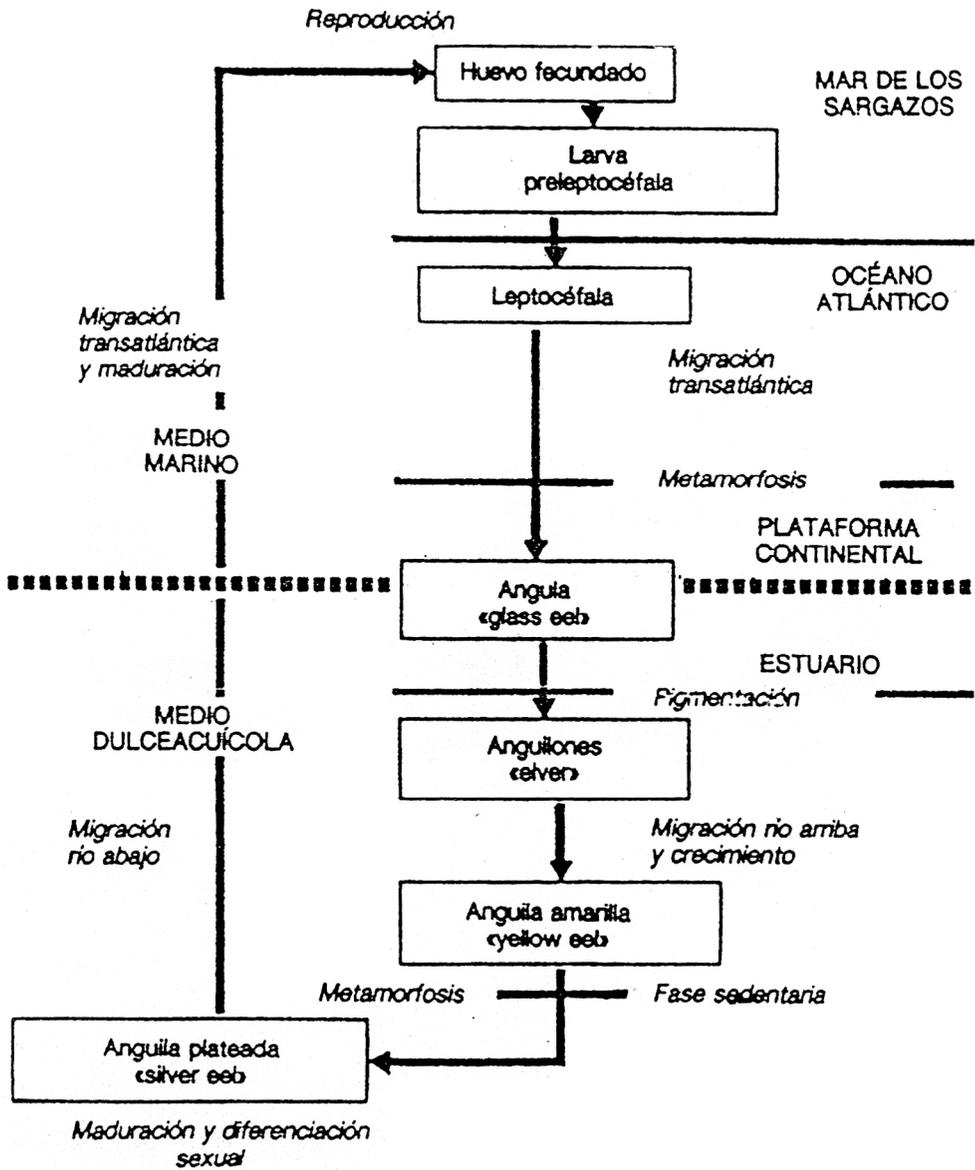


Figura 6.2. Ciclo biológico de la *Anguilla anguilla*, L. (Bellepaire y Ollevier, 1987)

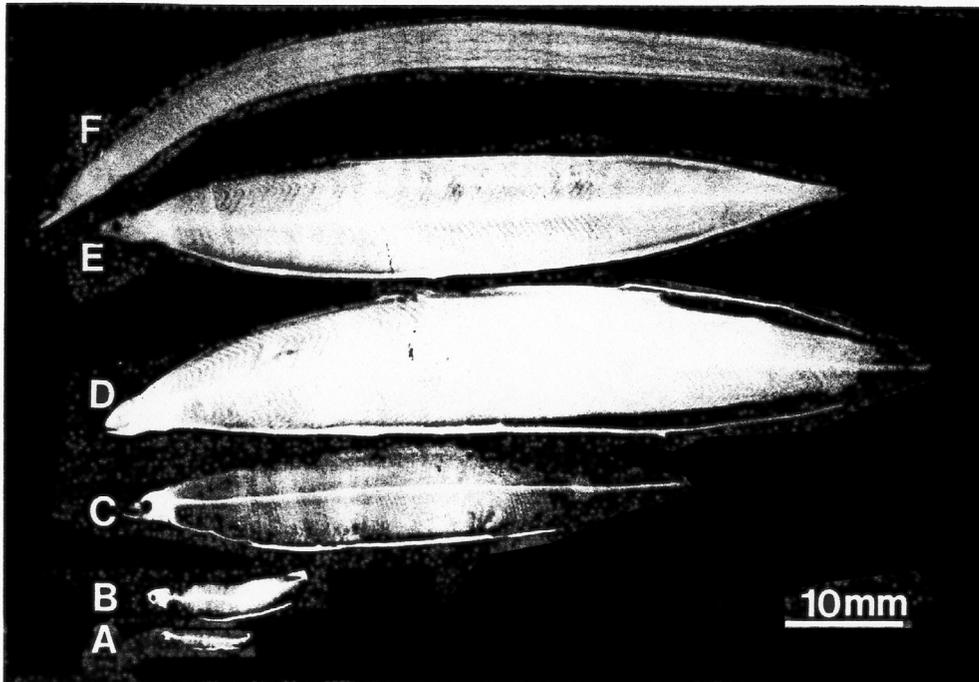


Figura 6.3. Larvas leptocéfalas (A - F) de anguila (*Anguilla anguilla*, L.) (Lecomte-Finiger, 1983)

4.5. Crecimiento de las anguilas amarillas

Una vez situados en las aguas salobres o dulces, los anguilones de color amarillo a verdoso o pardusco, según los biótopos, adaptan un comportamiento más o menos sedentario y territorial (vida más o menos solitaria), que se caracteriza por una intensa actividad alimentaria (presas animales muy diversas, siguiendo un comportamiento oportunista: crustáceos, copépodos, anfípodos, isópodos y decápodos; larvas de insectos, gasterópodos y pequeños peces (Lecomte-Finiger, 1983).

Su crecimiento es muy rápido durante la época del año con buen tiempo (de mayo a octubre), pero el frío del otoño y del invierno se traducen, cuando la temperatura del agua es inferior a 10-12°C, en una parada de la actividad trófica (de nutrición) y en la consecuente interrupción del crecimiento, como demuestran la talla y la estructura de los otolitos (corpúsculos calcáreos que se encuentran en el órgano del equilibrio de algunos vertebrados acuáticos): en efecto, las estrías de interrupción del crecimiento muestran las largas detenciones estacionales del desarrollo del animal (Mallawa, 1987).

4.6. La metamorfosis de la anguila plateada

Después de permanecer entre 5 y 15 años en las aguas interiores, las anguilas amarillas experimentan profundas transformaciones que tienen el valor de una auténtica metamorfosis. Estas modificaciones morfológicas, anatómicas y fisiológicas, relacionadas con cambios ecoetológicos (comportamiento según el ambiente y entorno), afectan del siguiente modo:

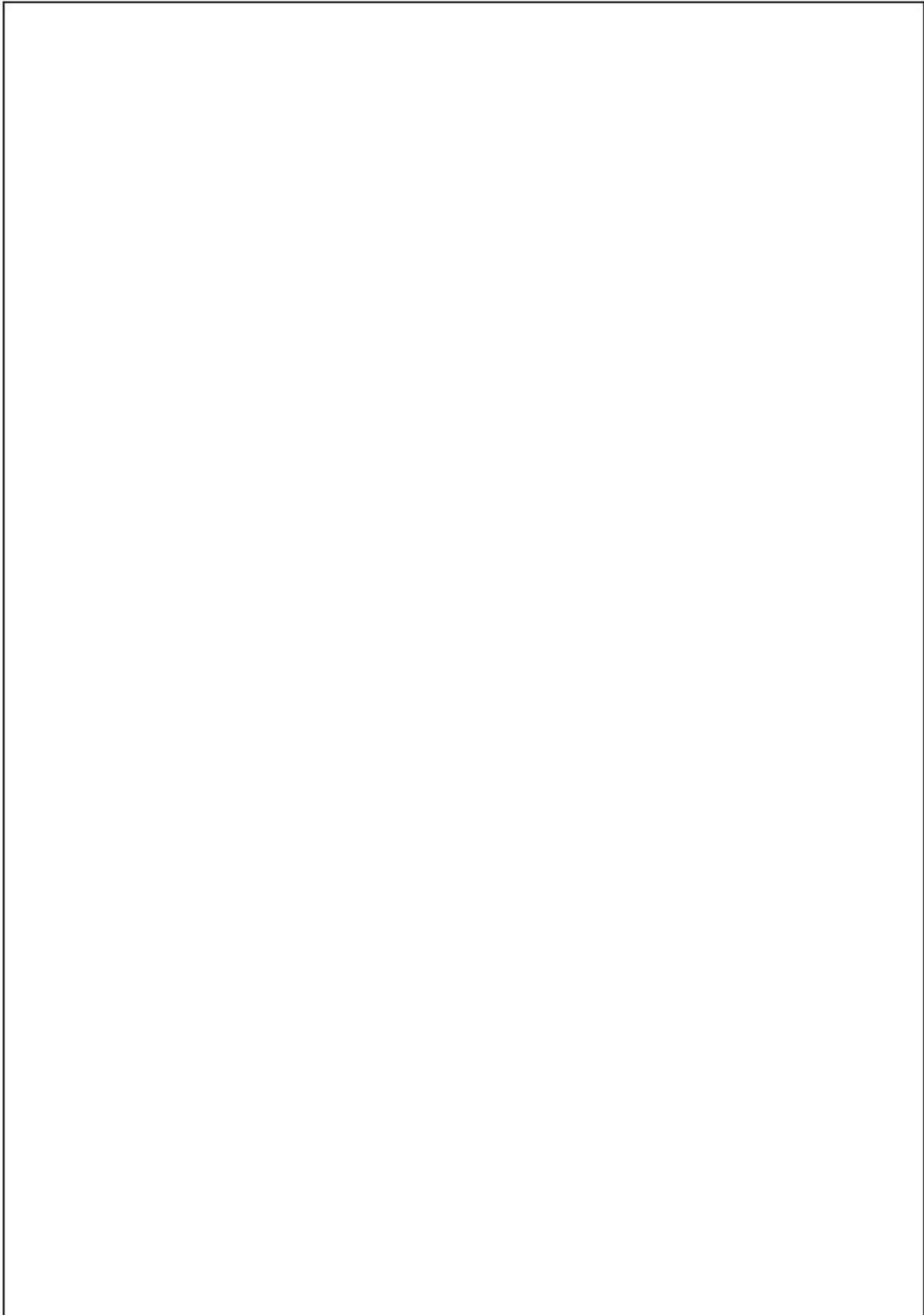
- el pigmento cutáneo: el dorso se vuelve más oscuro y el vientre plateado;
- los ojos, su diámetro aumenta y los pigmentos retinales se modifican;
- * la vejiga gaseosa, que desarrolla una hipervascularización;
- * el tracto digestivo, que deja de ser funcional con la práctica de un prolongado ayuno;
- * el eje hipotalámico-hipofisario y las gónadas. Éstas se mantienen indiferenciadas durante mucho tiempo, hasta las tallas de 30 a 40 cm, es decir, hasta los 3 - 4 años de edad.

Después de la sexualización anatómica, las gónadas se mantienen en reposo sexual: espermatogonias en los testículos, ovogonias y ovocitos previtelogénicos en los ovarios.

Las primeras actividades espermatogénicas y ovogénicas se manifiestan antes de la metamorfosis, aunque las gónadas sólo serán maduras y funcionales mucho más tarde, después del retorno al medio oceánico.

4.7. La migración trasatlántica de las anguilas plateadas

Las anguilas plateadas en otoño abandonan las aguas continentales para emprender la larga migración hacia el mar. El trayecto ha podido seguirse parcialmente sobre la plataforma continental (mediante "radiotracking"; Tesch, 1979), pero no se sabe casi nada sobre la migración transoceánica profunda que las llevará hasta el mar de los Sargazos. Durante la migración adquieren la madurez sexual y llegan al área de la puesta en primavera o durante el verano, momento en que tiene lugar el desove.



CAPÍTULO 7

- TÉCNICAS DE CULTIVO Y MANEJO -

1. EL CULTIVO DE LA ANGULA/ANGUILA

1.1. Fases de desarrollo y crecimiento en cultivo

Es importante destacar las diferentes fases del desarrollo de la anguila.

Después de la eclosión de los huevos y de una larga migración desde el mar de los Sargazos, a la cual ya hemos hecho referencia anteriormente, las larvas leptocefálicas llegan a la plataforma continental europea, donde sufren una metamorfosis y se origina la **anguila** (0,2 g a 2 g). Las características a destacar de este pez en esta fase, como hemos visto, son las siguientes: forma alargada, muy delgado y de color blanco. Después, el pez adquiere una pigmentación terrosa oscura y gana peso hasta alcanzar los 15-20 g; durante esta fase se le llama **anguilón**. A partir de entonces se le llama **anguila**.

El crecimiento global de las anguilas suele ser muy superior en cultivo que el que se observa en el medio natural, debido a las mejores condiciones térmicas y nutritivas que le rodean. En estas condiciones, la talla comercial puede obtenerse ya entre los 18 y 22 meses, considerando el peso comercial de 120 – 130 gramos.

Las condiciones de crecimiento y las características biofisiológicas de cultivo pueden ser apreciadas mediante diversas medidas indicativas, cálculos o parámetros, como los siguientes:

- crecimiento medio (talla en cm, peso en g)
- tasa de crecimiento específico (0,8 a 2,5 %/día)
- factor de condición de engorde (K)
- biomasa (kg/m^2 o kg/m^3)
- índice de conversión (I.C.)
- tasa de eficacia proteica

Este crecimiento es función de las características biológicas del lote (edad, sexo), de la temperatura, del tipo de alimento y de la tasa de carga.

De hecho, la anguila, más que cualquier otra especie piscícola, se

caracteriza por un crecimiento muy heterogéneo entre los individuos, de manera que los anguicultores distinguen generalmente 3 categorías de peces en un mismo lote de cultivo, a saber:

- los de crecimiento nulo o muy bajo (<0,99 % peso/día), entre 30 y 40% de la población;
- los de crecimiento medio (1 a 5 % peso/día), entre 40 y 50 % de los individuos;
- los de crecimiento rápido (>5 % peso/día), que suponen del 5 al 10% de las anguilas.

Los factores directamente responsables de este hecho son: los caracteres genéticos, la diferencia de sexos o géneros con un crecimiento de las hembras claramente superior al de los machos y las diferencias de comportamiento. Este último factor se debe a una fuerte competencia intraespecífica y el establecimiento de una jerarquía con individuos dominados y otros dominantes. Los primeros presentan síntomas de estrés agudo y casi no se alimentan. Muchas veces se producen enfrentamientos y canibalismo, lo que representa pérdidas notorias en el proceso productivo.

1.2. Calibraciones selectivas

Si se consideran las diferencias de talla entre los individuos, antes relacionadas, conviene realizar calibraciones sistemáticas y selectivas para eliminar los individuos no adecuados y clasificar las anguilas para reducir los efectos de dominio. De esta manera, se aumentan eficazmente los resultados medios en cultivo. Esta operación se repetirá periódicamente; no obstante se ha de limitar en número ya que pueden provocar estrés a los peces y aumentar correlativamente el coste de la mano de obra. En el anejo II – fotografías 14 y 15, se pueden observar máquinas clasificadoras, utilizadas para esta finalidad.

1.3. La densidad o tasa de carga

Este parámetro se incrementa a medida que crece el pez. En la etapa de angula/anguilón, el cultivo se realiza con 20 kg/m², de manera que se adaptan a las nuevas condiciones de vida. Durante el periodo de preengorde, la densidad o tasa de carga aumenta hasta 50 kg/m², y en el engorde se pueden alcanzar valores cercanos a los 150 kg/m².

1.4. Reproducción y sexualidad

Diversos grupos de investigación llevan algunos años trabajando sobre la reproducción de la anguila en cautividad, y ya se han obtenido puestas artificiales mediante tratamientos hormonales y masaje abdominal. Se han llegado a obtener pequeñas larvas que mueren, no obstante, al cabo

de pocos días.

De todas maneras queda mucho por investigar pues, aunque se consiga la supervivencia de las larvas, hay varias incógnitas, por ejemplo: cómo alimentarlas?, cómo efectuarían la metamorfosis de leptocéfalas a anguilas?..., y así sucesivamente.

El aspecto de la reproducción de la anguila, o más bien de su sexualidad, que tiene un interés práctico indudable, **es la posibilidad de determinar artificialmente el sexo de los peces**. Las hembras crecen más rápidamente y más que los machos, por lo cual una elevada proporción de hembras en la población a criar sería de gran interés económico. En este sentido se realizan investigaciones tratando diversos lotes de anguila con hormonas masculinas (testosterona) y femeninas (estradiol), a fin de dirigir la determinación del sexo en un sentido u otro.

1.5. Control del sexo

Las técnicas de control del sexo en el superorden de los teleósteos pretenden que, en una determinada especie, se exprese el sexo que mejor se adapte a unas condiciones o exigencias determinadas de cultivo. Las implicaciones económicas de estos métodos son importantes y casi siempre están ligadas a la obtención de mejores y más rápidos crecimientos. Los objetivos que se persiguen, con la aplicación de estas técnicas, son básicamente: el incremento de producción de huevos, obtener individuos estériles para maximizar su crecimiento, impedir la maduración sexual de especies que por este hecho sufren una infravaloración de mercado, obtener el sexo que presente un mayor crecimiento y, en última instancia, prevenir las migraciones.

Existen, básicamente, tres opciones que permiten ejercer el control del sexo de estos peces. La primera es la hibridación interespecífica, con éxito muy limitado en condiciones de cultivo, por lo cual no se tratará aquí. La segunda es la genética, mediante la manipulación del juego de cromosomas y la tercera contempla el tratamiento hormonal mediante los tratamientos con esteroides.

En los peces, la manifestación del sexo comprende dos procesos diferentes: la determinación y la diferenciación sexual. La primera se da en el momento de la formación del huevo o cigoto y depende de la combinación cromosómica y la segunda está ligada al desarrollo ontogénico (desarrollo del huevo hasta que el individuo alcanza el estado adulto) y se ve influenciada por múltiples factores que hacen que el sexo genotípico (XX y XY) se desarrolle en el fenotípico (hembras o machos). Pues bien, las técnicas modernas de manipulación hormonal actúan sobre el proceso de diferenciación

sexual, mientras que la manipulación genética lo hace exclusivamente sobre la determinación sexual.

La manipulación genética se basa en el manejo del juego de cromosomas y tiene el objetivo de obtener monosexos y de esterilizar. En el primer caso se obtienen hembras o machos mediante la ginogénesis (activación del oocito y posterior desarrollo de un cigoto en el cual no interviene material genético del macho) y la androgénesis inducida, respectivamente, y en el segundo caso se obtienen individuos estériles mediante la triploidía. Entre los teleósteos, la ginogénesis se da naturalmente en algunas especies. La ginogénesis inducida nos interesa para todas aquellas especies en que la hembra es homogamética y permite obtener generaciones sólo de individuos hembras. El sistema se basa en la irradiación del esperma con el fin de destruir su dotación genética sin perjudicar su capacidad de fertilización. El método más común es la irradiación con rayos UV, aunque también se han utilizado -con menos éxito- los rayos X (Roentgen) y los rayos gama (γ).

La manipulación hormonal se lleva a cabo mediante el uso de esteroides sexuales, de manera que su administración redirige su sexo, ya establecido en el momento de la fertilización, hacia el contrario o bien hacia la no expresión (individuos estériles). Así pues, hay tres posibilidades diferentes o alternativas a seguir masculinización, feminización y esterilización. Este control sexual puede ser, a la vez, directo o indirecto. La feminización directa se obtiene mediante la administración de estrógenos, al agua o bien a la dieta, y es llevada a cabo en épocas muy tempranas del desarrollo ontogénico. La dosis y el momento de aplicación dependen, sin embargo, de cada especie. Se debe tener presente que la aplicación directa de esteroides a peces destinados al consumo humano está prohibida por las regulaciones sanitarias vigentes. Ahora bien, estas hormonas se aplican al principio del desarrollo del pez y en pequeñas cantidades. Estos animales, que llegarán al mercado al cabo de mucho tiempo, muy probablemente no contendrán restos de esteroides en su cuerpo.

En el control hormonal del sexo, los andrógenos más utilizados son la 17a metil-dihidro-testosterona (MDHT), entre los sintéticos, y la testosterona (T) y la 11-cetotestosterona (11-KT), entre los naturales. Entre los estrógenos naturales, el más utilizado es el 17b estradiol (E_2) y el 17a etinil-estradiol, entre los sintéticos.

En el caso concreto de la anguila europea (*Anguilla anguilla*, L.) las hembras pueden pesar dos o tres veces más que los machos de la misma población. En muchos sistemas de cultivo intensivo de anguila, la mayoría de individuos evolucionan a gónadas masculinas. Si se induce a elevados porcentajes de hembras en la explotación puede resultar una mejor produc-

ción, por las razones ya expresadas.

En el Instituto de Zoología de Leuven (Bélgica) se realizó una experiencia con tratamiento hormonal a la anguila. Concretamente, se indujo a la diferenciación sexual de anguilas con 17 β estradiol, un esteroide femenino. Esta hormona se suministró oralmente, en diferentes concentraciones, en grupos idénticos de anguilas no diferenciadas. La experiencia duró 200 días y las anguilas se alimentaron "ad libitum" (a la demanda).

Los resultados obtenidos confirman que, bajo condiciones controladas, por encima del 90% de las anguilas evolucionaron a gónadas masculinas mientras que, en los grupos tratados con más de 25 mg de estradiol/kg de alimento, el porcentaje de hembras llega a ser hasta muy superior. La mayoría de las hembras se encuentran en el grupo de anguilas tratadas con 100 mg de estradiol/kg de alimento. En todos los grupos de la experiencia realizada, unas cuantas anguilas no diferenciaron sus gónadas, mientras que algunas de las anguilas tratadas con estradiol desarrollaron ambas gónadas al mismo tiempo.

El cultivo de pequeñas anguilas también se ve afectado por el tratamiento de estradiol. El mejor cultivo se obtiene con anguilas tratadas con 25 mg de estradiol/kg de alimento, mientras que 1 mg de estradiol/kg de alimento suspendía el crecimiento.

2. ALIMENTACIÓN

Este es un factor primordial para el cultivo piscícola.

La cantidad de alimento distribuido depende de los siguientes factores:

- del tipo de alimentación (alimento artificial: 6% a 8% del peso fresco; alimento natural: 10% a 30% del peso fresco)
- del peso corporal (3 a 10% en la anguila, 2 a 6% en la anguila)
- de la tasa de carga (4%/día a densidad elevada y 6%/día a baja densidad)
- del número (de 2 a 4) y la hora (día y noche) de las comidas diarias.

La composición del alimento consiste en una tasa de proteínas del 45% al 55% y del 15% al 21% de lípidos o grasas, lo que permite obtener una carne grasa, muy apta para el ahumado. Las necesidades tróficas se estiman no solamente en términos cuantitativos y energéticos (kJ/día), sino también a escala cualitativa, así:

- aminoácidos limitantes (cisteína, lisina, metionina, treonina,...)

- ácidos grasos indispensables (ácido linoleico y linolénico)
- sales minerales (calcio, fósforo, cinc, cobre, hierro, magnesio, de 2 a 8%)
- vitaminas: tiamina, riboflavina, biotina, piridoxina, ácido fólico, ácido panto-ténico, ácido ascórbico (vitamina C) ...

Teniendo en cuenta los principales problemas planteados por la iniciación alimentaria de las angulas y el rechazo del alimento por una parte importante de anguilones y angulas (del 30% al 70%), unidos a la poca apetencia del alimento artificial, los esfuerzos se han encaminado, en los últimos tiempos, hacia la búsqueda de un tipo de alimento más atractivo para el pez. Así pues, se ha comprobado que añadir a la dieta elementos naturales (artemia, tubifex, mejillones, huevos de bacalao,...) favorece la alimentación de las angulas.

Últimamente, la enfermedad de Creutzfeld-Jacob, y más concretamente en su variante de E.E.B. (encefalopatía espongiiforme bovina), ha hecho tomar medidas a los gobiernos con relación a la utilización de las harinas de carne. Así pues, la Comisión Europea, el 29 de noviembre del 2000, propuso a los Quince prohibir en la Unión Europea el uso de harinas de carne y huesos para la elaboración, como primeras materias, de los piensos compuestos completos destinados a la alimentación de animales para el consumo humano, durante un periodo de seis meses. Por tanto, se han suprimido las harinas de carne complementándose proteínicamente con harinas de pescado y de soja.

A continuación, se muestran los ingredientes que puede tener el pienso en diferentes fases del proceso de cultivo de la angula y la anguila, así como el análisis nutritivo de éste.

Composición del pienso de inicio para angulas

1. Primera materia (kg en 100 kg de pienso)

Harina de soja (con el 47,5% de proteína).....	42,90
Aceite de soja	11,80
Harina de pescado (con el 65-70% de proteína y LT).....	40,70
Fosfato bicálcico (17% fósforo y 25% calcio)	1,50
Carbonato cálcico	1,43
Sal.....	0,60
Antifúngico	0,05
Capsoquín (con el 66,6% de etoxiquín).....	0,02
Vitaminas/Minerales	1,00
.....	$\Sigma = 100,00$

LT: secado a baja temperatura.

En el caso de que volviera a permitirse la incorporación de pienso de carne en la composición del pienso de inicio para angulas, la aportación proteica sería mediante 27,10 kg de harina de soja, 15,80 kg de harina de carne y 40,70 kg de harina de pescado por 100 kg de pienso.

2. Análisis de los nutrientes

Los datos de estos análisis están expresados en % en peso. Son los siguientes:

Peso total.....	100,0000
Humedad.....	7,5482
Sustancia seca.....	92,4518
Proteína bruta.....	46,9905
Grasa bruta.....	16,4881
Fibra bruta.....	1,8543
Cenizas.....	16,5304
Almidón.....	2,9810
Azúcares.....	0,1626
Lisina.....	3,0555
Metionina.....	1,0013
Metionina + Cisteína.....	1,5120
Treonina.....	1,6816
Calcio.....	4,2516
Fósforo asimilable.....	1,6852
Fósforototal.....	2,1916
Sodio.....	0,6995
Ácido linoleico + a. linolénico.....	6,0193

3. Vitaminas y minerales (mg/100 gramos de pienso)

a) Vitaminas:

Pantotenato cálcico.....	6,00
Vitamina B ₁	2,00
Vitamina B ₂	5,00
Vitamina B ₆	1,50
Inositol.....	40,00
Biotina.....	0,05
Ácido fólico.....	0,50
Cloruro de colina.....	120,00
Ácido nicotínico.....	10,00
Vitamina B ₁₂	0,01
Vitamina C.....	40,00
Vitamina A.....	2,00
Vitamina D ₃	0,40
Vitamina K.....	1,00
Vitamina E.....	0,30

b) Sales minerales:

Fosfato potásico.....	1.000,00
Cloruro potásico.....	100,00
Sulfato de manganesio.....	35,00
Sulfato de hierro.....	50,00
Sulfato de magnesio.....	500,00
Ioduro potásico.....	2,00
Sulfato de cobre.....	5,00
Sulfato de cinc.....	25,00
Sulfato de cobalto.....	3,00
Molibdato sódico.....	0,80
Selenito sódico.....	0,20
Sulfato de aluminio.....	2,00

Total de vitaminas y minerales: 2.051 mg/100 g pienso.

Composición del pienso de engorde para anguilas

1. Primera materia (kg en 100 kg de pienso)

Harina de soja (con el 47,5% de proteína)	30,60
Aceite de soja	16,30
Harina de pescado (con el 65-70% de proteína y LT)	48,50
Fosfato bicálcico (17% de fósforo y 25% de calcio)	1,50
Carbonato cálcico	1,43
Sal	0,60
Antifúngico	0,05
Capsoquín (con el 66,6% de etoxiquín)	0,02
Vitaminas/Minerales.....	<u>1,00</u>

$\Sigma = 100,00$

LT: secado a bajas temperaturas.

En el caso de que se volviera a permitir la incorporación de pienso de carne en la composición del pienso de inicio para anguilas, la aportación proteica sería mediante 29,30 kg de harina de soja, 1,80 kg de harina de carne y 48,00 kg de harina de pescado por 100 kg de pienso.

2. Análisis de los nutrientes

Los datos de estos análisis están expresados en % en peso.

Peso total	100,0000
Humedad.....	7,2772
Sustancia seca.....	92,7228
Proteína bruta.....	45,9905
Grasa bruta.....	20,0083
Fibra bruta.....	1,9484
Cenizas.....	15,7086
Almidón.....	3,2230
Azúcares.....	0,1758
Lisina.....	3,1897
Metionina.....	1,0781
Metionina + Cisteína.....	1,5931
Treonina.....	1,9300
Calcio.....	3,7486
Fósforo asimilable	1,4425
Fósforo total.....	1,9396
Sodio	0,6468
Ácido linoleico + a.linolénico....	6,2281

3. Vitaminas y minerales

Ídem en relación con pienso de inicio para angulas.

Además de la composición química de las dietas, la presentación física y el proceso de fabricación son muy importantes en cuanto al aprovechamiento nutritivo. En este sentido, el proceso de extrusionado ofrece grandes posibilidades, pues además de obtenerse pienso con flotabilidad a voluntad, se produce una pregelatinización de los almidones que aumentan la digestibilidad, y permite una elevada adición posterior de grasas líquidas.

Como se puede observar, los piensos contienen una elevada proporción de proteína y aceite de pescado, justificados por ser la anguila un pez carnívoro y, por tanto, por tener un metabolismo adaptado a un catabolismo fundamentalmente proteico.

Como sucede también con otros peces carnívoros, parte de la proteína ingerida no se utiliza para crecer, sino para producir energía. Esto sucede de manera más acusada durante la fase de preengorde. Es por esta razón que el porcentaje de proteínas en el pienso de inicio es mayor que el que se encuentra en el pienso de engorde. En este último, se aumenta la cantidad de grasa bruta: esto produce un pescado más sabroso y más apto para ahumar.

3. NUTRICIÓN PROTEICA Y MEDIO AMBIENTE

Uno de los aspectos de más interés en los últimos años, paralelo a la expansión de la acuicultura, es la preocupación por sus repercusiones sobre el medio ambiente. Son riesgos absolutamente menores en comparación con otras actividades industriales o residuos domésticos, pero no por esto deja de contribuir al deterioro del medio, por lo cual se ha despertado el interés por cuantificar esta contribución e iniciar estudios que permitan conocer las medidas a tomar para limitar las consecuencias o hasta prevenirlas. La alimentación es uno de los principales aspectos del problema y ya se empiezan a dedicar esfuerzos importantes para reducir la contaminación por residuos que puede afectar a las propias piscifactorías y que, fundamentalmente, incluyen: materia orgánica sólida, fósforo y nitrógeno.

El catión amonio (NH_4^+) es el principal producto resultante de excreción del metabolismo nitrogenado, ya que constituye hasta un 90% del total, y su excreción está directamente relacionada con la ingesta proteica; esto hace que, también por motivos de rentabilidad nutritiva-económica, interese reducir al máximo su eliminación y aumentar simultáneamente el uso estructural de la proteína de la dieta. Por esto, resulta esencial conseguir una adecuada relación proteína/energía, así como utilizar proteínas de elevada digestibilidad y con un patrón aminoacídico óptimo para la síntesis proteica; en definitiva, se trata de favorecer todo lo que minimiza la destinación de los aminoácidos con otras finalidades (de la Higuera y Cardenete, 1987; Watanabe et al., 1987; Pike et al., 1990; Johnsen i Wandsvik, 1991; Alsted, 1991).

Parece lógico plantear que proteínas de baja calidad, en función de su contenido en aminoácidos esenciales, induzcan altas tasas de excreción de amoníaco, al ser metabolizados los aminoácidos excedentes del patrón requerido para el crecimiento. Por el contrario, a medida que este patrón se aproxima al patrón estructural y funcional de la especie, la retención nitrogenada será mayor, juntamente con una menor tasa de excreción de amoníaco. La situación es muy similar a la de la presencia de aminoácidos libres en la dieta, ya sea bien por exceder las necesidades (Kaushik y Fauconneau, 1984) o, más probablemente, por la asincronía en su absorción respecto a los procedentes de la digestión proteica, con lo cual, o bien se excede la capacidad de síntesis, o bien se altera el patrón aminoacídico óptimo para este proceso. En cualquier caso, se favorece la desaminación de los aminoácidos, con el consiguiente aumento en la excreción de amoníaco (Murai et al., 1984; Kaushik y Cowey, 1991). Estos perniciosos efectos, consecuencia directa de una alterada disponibilidad en el tiempo de los aminoácidos, para la síntesis de las proteínas, pueden subsanarse, en gran parte, aumentando la frecuencia de alimentación; con esto se puede mejorar la biodisponibilidad, al coincidir los aminoácidos procedentes de ingestas próximas, dando lugar a una estimulación del crecimiento (Kaushik y Gomes, 1988; Peragon et al., 1991).

De lo contrario, la suplementación de proteínas de baja calidad, en cuanto a su contenido en aminoácidos esenciales, no mejora su uso estructural todo lo que cabría esperar, por darse esta asincronía, ofreciéndose dos alternativas diferentes: aumentar la frecuencia de alimentación, para sincronizar los aminoácidos “proteicos” con los libres de las comidas siguientes, o bien englobar los aminoácidos suplementados con estructuras proteicas y/o lipídicas y/o hidrocarbonadas (glucídicas), para retardar su absorción después de la digestión de estas estructuras y mejorar así el patrón disponible para el crecimiento, reduciendo el catabolismo aminoacídico y la eliminación de amoníaco (de la Higuera et al., resultados no publicados).

En factores bióticos, relacionados con la eliminación de amoníaco, se debe señalar que la excreción está inversamente relacionada con el tamaño de los peces.

El aumento de la temperatura del agua, a través de su influencia sobre la ingesta, velocidad de paso, actividad metabólica, etc., produce un incremento en la excreción de amoníaco, independientemente del nivel proteico de la dieta.

En líneas generales, se puede afirmar que las dietas de alta densidad calórica, en las cuales se minimiza el contenido proteico, producen un menor deterioro del medio al reducir la eliminación de materia orgánica, fósforo y amoníaco, siendo la selección de fuentes proteicas en la fórmula, y fundamentalmente el tipo de harina de pescado y su tratamiento previo, de gran transcendencia para reducir la producción de residuos contaminantes. Los efectos estimulantes del crecimiento de algunas de estas dietas abren una perspectiva interesante, a menudo insospechada, para el futuro de la acuicultura, en la cual el desarrollo de dietas de bajo nivel de contaminación ha de ser uno de los objetivos más inmediatos.

Cuadro 7.1. Tabla de alimentación

Alimentación diaria (% del peso de la biomasa) Según la temperatura (°C)

Peso (g)	25°C	23°C	21°C	19°C	17°C	15°C
0,3-0,8	6,7	5,8	5,1	4,4	3,7	3,1
0,8-2,5	5,9	5,1	4,5	3,8	3,2	2,7
2,5-6,0	5,1	4,4	3,9	3,3	2,7	2,3
6,0-12	4,3	3,8	3,3	2,8	2,3	2,0
12-20	3,6	3,2	2,7	2,4	2,0	1,7
20-35	3,0	2,6	2,3	2,0	1,7	1,4
35-50	2,5	2,2	1,9	1,6	1,4	1,2
50-130	2,1	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0
130-150	1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	0,9
150-200	1,5	1,3	1,1	0,9	0,7	0,5
200-300	1,0	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4
>300	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4	0,2

4. COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL Y DATOS BIOMÉTRICOS ENTRE ANGUILAS PROCEDENTES DE PISCIFACTORÍA Y DEL MEDIO NATURAL

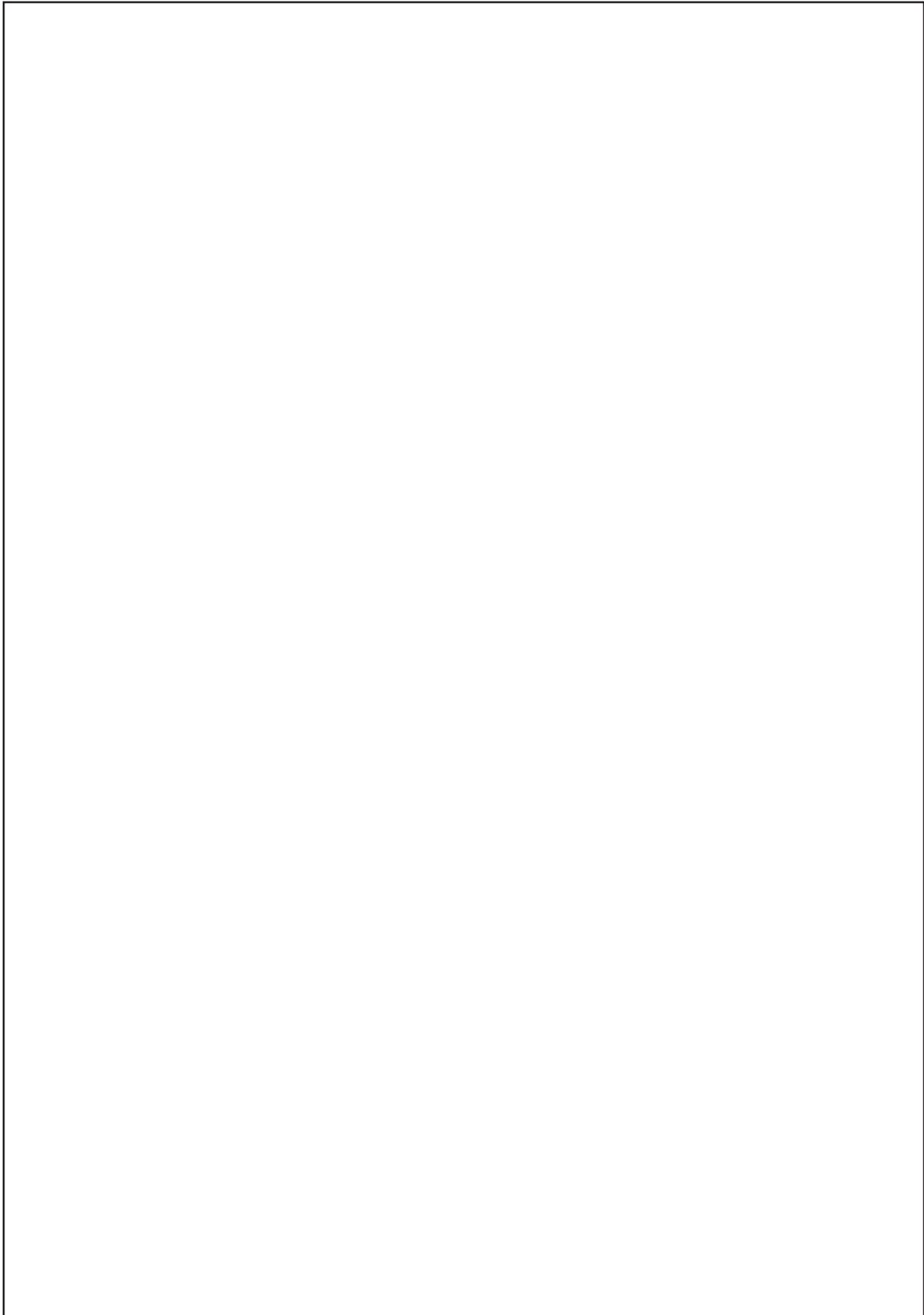
La composición corporal de las anguilas comerciales, y más concretamente su contenido lipídico, alcanza gran importancia para determinados mercados que prefieren ejemplares muy grasos, así como las destinadas al proceso de ahumado, el cual requiere, como es lógico, una elevada proporción de grasa.

A lo largo de su vida y debido a su ciclo biológico, la anguila presenta diferencias notables en su composición química corporal. Así pues, a medida que el animal crece acumula grasa intramuscular que le servirá de fuente de energía en su viaje migratorio (López, 1963) de manera que, en estadio de angula, el porcentaje de grasa corporal determinado por JOVER et al. (1989) fue, aproximadamente, del 13% sobre M.S. (materia seca).

El crecimiento de la anguila en estado natural depende totalmente de la disponibilidad de alimento, razón por la cual su composición corporal dependerá más de su talla que de su edad. En condiciones de cría intensiva, con una alimentación completa, abundante y, en algunos casos, más abundante en hidratos de carbono (glúcidos) y grasas (lípidos), las anguilas tienen un crecimiento más rápido que dará lugar a un mayor engorde (DOSORETZ & DEGANI, 1987; MAS, 1985).

En un trabajo experimental, realizado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Valencia, se comprobó que las anguilas de piscifactoría, alimentadas "ad libitum" con pienso compuesto, tienen un **componente graso corporal** superior al de las anguilas del medio natural para todas las medidas, siendo los valores medios de 53,1% y 33,9% respectivamente, lo que supone casi un 57% más para las primeras. Así mismo, el porcentaje de proteína es menor, para todos los pesos estudiados, en las anguilas de alimentación artificial, con un valor del 47,5% frente al 61,1% de las anguilas de alimentación natural (lo que representa un 22% menos), apareciendo, así mismo, diferencias significativas. Este mayor porcentaje de lípidos en las anguilas de la piscifactoría puede explicarse por su crecimiento más rápido, que da lugar a un engorde de la canal, así como por la mayor riqueza del pienso compuesto en carbohidratos y grasas en comparación con el alimento natural, lo que favorece la acumulación de grasa en los músculos del pez objeto de nuestro estudio.

Así mismo, del análisis de las correlaciones que se producen entre los diferentes parámetros biométricos (peso, longitud corporal, peso del aparato digestivo y peso del hígado) se dedujo que, para igual longitud, tanto las anguilas de la piscifactoría como las del medio natural tienen un peso corporal similar, y que estas últimas presentan el aparato digestivo y el hígado más desarrollado a partir de los 50-60 gramos de peso corporal. El hecho observado de que las anguilas del medio natural tengan un aparato digestivo más desarrollado que las criadas en medios artificiales puede ser debido fundamentalmente al tipo de alimentación, ya que la ingestión natural se realiza de forma puntual y en gran cantidad, mientras que las anguilas de piscifactoría consumen el pienso de forma continuada y en menos cantidad, lo que reduce su capacidad anabólica.



CAPÍTULO 8

- PATOLOGÍA DE LA ANGUILA Y TRATAMIENTOS -

1. INTRODUCCIÓN

Las anguilas son atacadas por un gran número de enfermedades y parásitos. Muchas enfermedades dependen de la temperatura. Además, las anguilas pueden sufrir mala nutrición debida a una dieta poco equilibrada.

Se debe asegurar que las enfermedades no tengan oportunidad de establecerse en ningún lugar.

Los principales métodos existentes para prevenir las enfermedades y los parásitos de las anguilas son los siguientes:

- asegurarse que los tanques tengan siempre suministro de agua;
- secar y esterilizar los tanques después de cada cosecha con productos adecuados para descomponer los restos orgánicos;
- no dañar la piel de las anguilas cuando se manipulen;
- añadir productos antibacterianos y vitaminas a la comida de la última semana del otoño y a la primera de la primavera;
- eliminar inmediatamente los parásitos;
- eliminar las anguilas muertas rápidamente.

Las anguilas tienen, entre otros, los siguientes parásitos:

- crustáceos (*Argulus*, *Lerneae*, *Ergasilus*);
- tremátodos (*Dactylogyrus*...);
- nemátodos (*Anguillicola*...). La especie *Anguillicola crassa* es actualmente la causa de importantes pérdidas en casi todos los cultivos europeos.

Las enfermedades infecciosas son debidas a estos factores:

- hongos (*Saprolegnia*);
- protozoos (*Trichodina*, *Ichthyophthirius multifiliis*, *Myxidium*);
- bacterias (*Pseudomonas anguilliseptica*, causante de la peste roja, *Aeromonas hydrophila*, *Flexibacter columnaris*, *Vibrio anguillarum*, *Edwardsiella*...);
- virus (IPN, EVE, EEV...).

Los principales problemas patológicos que se presentan son: septicemias hemorrágicas bacterianas (*Pseudomonas anguilliseptica* y *Aeromonas hydrophila*), vibriosis (*Vibrio anguillarum*), punto blanco (*Ichthyophthirius multifiliis*), saprolegniosis (*Saprolegnia*) y nemátodos en la vejiga (*Anguillicola crassa*).

Los tratamientos curativos y preventivos son los siguientes:

- antisépticos (verde de malaquita, azul de metileno),
- desinfectantes de los tanques de cultivo (formol, verde de malaquita, hipoclorito sódico, iodóforos);
- medicamentos (sulfamidas);
- antibióticos (tetraciclinas);

Además del estrés y de las enfermedades gaseosas (“gas bubble disease”), se observa la existencia de diversas formas de patología alimentaria, como:

- el ayuno;
- deficiencias vitamínicas;
- carencias minerales;
- toxicosis por micotoxinas (aflatoxina);
- degeneraciones liposas del hígado relacionadas con un exceso de ácido oleico en el alimento.

Estas enfermedades nutricionales predisponen el desarrollo de enfermedades infecciosas a causa del debilitamiento del animal (*Flexibacter columnaris*, por ejemplo).

2. ASPECTOS VETERINARIOS

Para llevar a cabo el control veterinario en las instalaciones, es necesaria la emisión de un diagnóstico por parte de laboratorios autorizados de las Comunidades Autónomas, o bien, por laboratorios nacionales de referencia de las enfermedades de peces y moluscos. En cualquier caso, la sospecha de la presencia de cualquier enfermedad en estas especies debe ser confirmada por los laboratorios especializados.

A continuación, se cita toda una serie de medidas y disposiciones que tienen el objetivo de garantizar un estado sanitario óptimo en las instalaciones piscícolas y de sus productos. A saber:

1.- Es necesario profundizar en la colaboración entre los laboratorios nacionales de referencia, y los laboratorios autorizados, estableciendo de manera clara las relaciones que han de existir entre ellos.

2.- El estado español cuenta con una red suficiente de laboratorios de diagnóstico de enfermedades de peces y moluscos que pueden asistir al sector productor para la resolución de cualquier problema patológico que se presente, sin que los productores tengan que remitir muestras a laboratorios no nacionales para el diagnóstico de cualquier enfermedad.

3.- Es necesario el autocontrol en las publicaciones científicas al objeto de evitar que problemas sanitarios no confirmados tengan una repercusión magnificada que deteriore la imagen real del problema. En este sentido, se debe indicar que la detección de un foco de enfermedades de peces o moluscos ha de ser confirmada por los laboratorios nacionales de referencia.

4.- Se reclama, desde el sector productor y por los técnicos de laboratorio, que los movimientos de los peces, además de contemplar las garantías sanitarias actualmente previstas en la normativa nacional y comunitaria, se acompañen de un certificado que indique la situación sanitaria de la explotación de origen.

5.- Se han de desarrollar técnicas de diagnóstico rápidas y eficaces para las enfermedades de declaración obligatoria.

6.- Se ha detectado inquietud, tanto en el sector como entre los expertos, sobre ciertas fuentes de riesgo potencial que tienen pocos controles en la actualidad, como son las aves y los vertidos ganaderos incontrolados, las depuradoras de aguas residuales o las plantas de procesado de pescado.

7.- Otros aspectos, que necesitan ser estudiados a fondo, se refieren a las distancias mínimas entre las instalaciones (como sucede con ciertas instalaciones ganaderas), el cambio de agua durante el transporte, etc.

3. ENFERMEDADES DE LAS ANGUILAS

3.1. Introducción

Aunque en las anguilas se observen enfermedades infecciosas, parasitarias, nutricionales, genéticas, tóxicas y neoplásicas, la relación de estas enfermedades con el medio acuático y con el manejo no se debe olvidar en ningún momento. Además de los signos externos de enfermedad, se ha de destacar la calidad física y química del medio acuático, que pueden relacionarse con la causa, duración y resolución de las enfermedades: la temperatura, el pH, la salinidad, la disponibilidad de oxígeno, las presiones de los gases y los sólidos en suspensión son cualidades del agua que afectan directamente a la salud del pez y que se pueden medir fácilmente. Estas cualidades acuáticas a menudo se encuentran relacionadas entre ellas; por ejemplo, un aumento de la temperatura del agua disminuye su capacidad de llevar oxígeno disuelto; a medida que aumenta el pH, el amonio se convierte en amoníaco, que resulta ser una forma mucho más tóxica para el animal, etc.

Así pues, **la enfermedad de las burbujas de gas** o también conocida

como **embolismo gaseoso**, suele pasar cuando hay un exceso de nitrógeno y oxígeno en forma de gas en el agua de cultivo. Consiste en la acumulación de gas libre en algunos tejidos del pez. La afección se puede reconocer fácilmente observando las ampollas de gas ubicadas en los tejidos afectados. En las anguilas se producen en la cabeza y, ocasionalmente, en las aletas de los adultos.

El origen de esta enfermedad puede ser debido al agua de pozo, que lleva un exceso de nitrógeno en forma de nitratos y nitritos procedentes de los abonos químicos utilizados en la agricultura, y ha de ser analizada antes de su uso. La afección también se puede producir al desplazar peces de agua fría a cálida de una forma más o menos brusca, al introducir gases bajo presión debido a bombas hidráulicas defectuosas en su funcionamiento (que producen el fenómeno conocido como "cavitación") o por haber pérdidas de aire en las líneas de conducción de agua.

Habida cuenta de su importancia, valdría la pena profundizar algo más sobre dicho fenómeno hidráulico. Cuando un líquido se mueve dentro de un recinto limitado en una zona donde la presión reinante es menor que la tensión del vapor (a la temperatura ambiente), el líquido hierve y se forman burbujas de vapor (cavidades de vapor). Las burbujas son arrastradas con el líquido hasta una zona donde se alcanza una presión más elevada y allí se condensan bruscamente. Esta acción produce presiones dinámicas localizadas muy altas (del orden de las centenas de la atmosférica) sobre las paredes sólidas adyacentes, lo que se traduce en una especie de martilleo sobre la pared que, al repetirse de un modo continuo, llega a erosionar el material que se halla en esa zona, produciéndose el fenómeno denominado de "corrosión por cavitación".

Según hemos visto, el deterioro causado por la cavitación no ocurre en el lugar donde se desprenden las burbujas, sino donde éstas se condensan bruscamente. Los rotores de las turbinas y los impulsores de las bombas hidráulicas sufren este fenómeno si su diseño no es adecuado.

La cavitación, que suele ir acompañada de ruidos y vibraciones características, no es sólo destructiva sino que produce una caída en el rendimiento de la máquina, ya que la formación de cavidades de vapor disminuye el espacio utilizable para el paso del líquido, con la consiguiente disminución del caudal circulante. Al estrangular la vena líquida afecta asimismo a la aplicación del principio de continuidad.

En efecto, de acuerdo con la ecuación de Bernouilli, la presión en un punto cualquiera de una masa líquida en movimiento está dada por la expresión:

$$\frac{p}{\gamma} = H - \zeta + \frac{V^2}{2g} + \Delta H$$

según esto la presión es tanto más pequeña, y por tanto mayor la posibilidad de que se produzca cavitación, cuando:

- a) La altura geométrica z es grande.
- b) La velocidad V es grande.
- c) Las pérdidas de carga por fricción, a partir del punto considerado como origen, son elevadas.

La condición para que no exista cavitación en ningún punto es que el valor mínimo de la presión exceda a la presión de vaporización, esto es:

$$P_{\min} > P_v$$

La cavitación puede surgir en todos los dispositivos donde el flujo experimenta un estrechamiento local con un ensanchamiento posterior, por ejemplo en grifos, válvulas, compuertas, diafragmas, etc., que constituyen piezas especiales abundantes en las instalaciones piscícolas. En ciertos casos, la cavitación es posible también sin ensanchamiento del flujo inmediatamente después de su contracción, por ejemplo en las tuberías de sección constante al aumentar la altura geométrica y las pérdidas hidráulicas por fricción.

Una magnitud significativa del peligro de cavitación es el “coeficiente de cavitación”, que viene dado por la expresión:

Pequeños valores de σ representan altas velocidades de flujo que son muy deseables desde el punto de vista de la utilización de energía, pero al mismo tiempo aumentan el peligro de cavitación.

Volviendo a la patología causada, veamos que un remedio a esta enfermedad es añadir nuevos volúmenes de agua a los tanques o bien conectar un agitador que reduzca el contenido de oxígeno.

Un trabajo así mismo importante en la piscifactoría es determinar, en función de la evolución de los parámetros satisfactorios mesurables, un ca-

alendarlo de aplicación de medidas preventivas. Los tratamientos preventivos serán aplicados cuando la probabilidad de aparición de una enfermedad sea estimada en un umbral conveniente de determinar.

Una observación minuciosa en el cultivo de anguilas permite efectuar una gran aproximación en el diagnóstico de las diversas enfermedades que se puedan presentar. Así pues, para la ictiofitiriosis, existe un cierto tiempo de latencia, variable según la temperatura, entre la aparición de las primeras manchas sobre algunos individuos y la verdadera detección del epizoo causante.

A continuación se describen las enfermedades más importantes que pueden sufrir las anguilas en su cultivo, tanto intensivo como extensivo. Éstas vienen clasificadas en función de los tipos de organismos que las originan.

3.2. Enfermedades micóticas

Micosis o saprolegniasis

Es una enfermedad fúngica, o sea, ocasionada por un hongo. La infección la origina la *Saprolegnia sp.* Es la enfermedad más seria. Aparece en épocas en que la temperatura del agua es de 15-20°C.

Se detecta por unas manchas blancas en la piel que se extienden por todo el cuerpo, causando la muerte al cabo de una o dos semanas. Esta enfermedad puede ocasionar la muerte del 50 al 70% de las anguilas.

Para evitar la aparición de esta enfermedad se pueden añadir al alimento profilácticos bacterianos.

3.3. Enfermedades bacterianas

La peste roja

Se trata de una enfermedad ocasionada por la bacteria *Pseudomonas anguilliseptica* que afecta principalmente las anguilas grandes y que aparece cuando la temperatura del agua es de 18°C o más. Las aletas y el cuerpo se ponen en carne viva, afectando también al intestino, el hígado y el riñón.

Vibrio

Vibrio anguillarum es responsable de la enfermedad que produce manifestaciones sistémicas, incluso hemorragias y úlceras de la piel en aletas y cola

y cambios hemorrágicos y degenerativos de los órganos internos. Para el diagnóstico correcto de la enfermedad se necesita la identificación de cultivos puros a partir de los tejidos infectados. Para prevenir la enfermedad se deben evitar los amontonamientos de los peces y reducir al máximo el estrés de los mismos.

La enfermedad del intestino tumefacto

Enfermedad bacteriana en la cual se produce una hinchazón intestinal.

La enfermedad branquial

La produce una bacteria que ataca las branquias, las pudre y ocasiona la muerte. Ciertos productos bactericidas pueden curar la enfermedad.

La branquionefritis

Las branquias se hinchan, se ponen en carne viva y se pudren, y los riñones se inflaman. Para no vernos afectados por esta enfermedad, se debe mantener el agua de cultivo con una salinidad del 0,5-0,7‰.

Edwardsiella ictulari y Edwardsiella tarda

Causa gran mortalidad y pérdidas económicas graves en los cultivos de anguilas. Esta enfermedad enterobacteriana se caracteriza por una incidencia estacional en verano, alteraciones putrefactas del tejido subcutáneo y necrosis de los músculos. Para prevenirla es necesario despoblar los peces afectados, evitando la introducción de nuevos peces enfermos y eliminando las fuentes de contaminación fecal. La enfermedad se puede controlar administrando el antibiótico oxitetraciclina en la dieta a razón de 55 mg/kg pez y día, durante diez días. El fármaco se debe suspender en su aplicación 21 días antes del consumo humano del pez.

La enfermedad bacteriana de las branquias

Se puede iniciar por el amontonamiento y mala calidad del agua por sobrecarga orgánica, concentraciones elevadas de amoníaco y la presencia de especies oportunistas como *Flexibacter*, *Aeromonas* y *Pseudomonas*, que pueden seguir como invasores secundarios de los tejidos traumatizados por las agallas. Los signos de la enfermedad se relacionan con trastornos respiratorios debido a la disminución de la función de las branquias. Estas adquieren un aspecto tumefacto y moteado, con placas localizadas de crecimiento bacteriano que pueden confirmarse mediante un examen microscópico. Las anguilas jóvenes presentan una elevada mortalidad por esta causa. Cabe dirigir la prevención a mejorar la calidad del agua de cultivo y evitar el amontonamiento de los peces. Los fármacos

antibacterianos son útiles para tratar las infecciones secundarias.

3.4. Enfermedades causadas por otros organismos

La ictioftiriosis

Enfermedad causada por el protozoo *Ichthyophthirius multifiliis*. El remedio para este mal es bombear agua salada dentro del tanque o el estanque y dejar que las anguilas vivan en ella unos pocos días.

La mixidiosis

Producida por el protozoo parásito *Myxidium*. Las esporas se asientan en la piel, se extienden formando un círculo blanco que crece cada vez más. Se deberán eliminar y destruir las anguilas enfermas.

La enfermedad del cuerpo tullido

Causada por el protozoo parásito conocido como *Plistophora*, que ataca los músculos y deforma totalmente la víctima. En las anguilas pequeñas, los músculos afectados se ven por debajo de la piel con un color lechoso.

Parasitosis por copépodos

Los copépodos son crustáceos de pequeñas dimensiones, con una cubierta quitinizada y componentes importantes del zooplancton.

Una infección parasitaria importante causada por este tipo de organismo, es por el copépodo *Lernaea cyprinacea*, que pasa toda su vida en el interior de la boca de la anguila, donde altera notablemente su capacidad de alimentación, y en otras zonas del exterior del cuerpo. Las cabezas de los parásitos se encuentran incrustadas en la carne del huésped, succionando los jugos vitales. Una infección fuerte de este parásito causa irremediamente la muerte, ya que las anguilas no pueden comer.

Una *Lernaea* adulta pone 5.000 huevos que dan otras tantas larvas nadadoras, que nadan hasta encontrar una anguila, de la que se cuelga el parásito y el ciclo se repite. La condición de propagación más adecuada es una temperatura del agua de 14 a 32°C. Por debajo de los 14°C los parásitos no se reproducen.

Para curar esta enfermedad se deben aplicar los siguientes remedios:

- bombear agua marina al estanque y dejar que las anguilas vivan en ella durante 3-4 días. De esta manera, se eliminan las larvas y los huevos del pa-

rásito;

- extender cloruro cálcico por la superficie y mueren. El cloruro se dispersa y no daña los peces del fondo.

Además de las enfermedades mencionadas, pueden atacar a las anguilas diferentes especies de nemátodos y tremátodos, parásitos externos y internos, pero de escasa importancia.

4. MEDICAMENTOS

La utilización de medicamentos veterinarios implica unos mecanismos de evaluación, autorización y registro, según la vigente normativa comunitaria, que son específicos en cada medicamento y para cada especie animal. Esto implica unos elevados costes en el caso de especies menores, como son las de la acuicultura. Por tanto, estas especies cuentan con una menor cantidad de sustancias farmacológicas autorizadas para poder hacer frente a los diferentes procesos patológicos.

Deben hacerse, al respecto, las siguientes consideraciones:

1.- El sector reclama el desarrollo de vacunas eficaces contra las patologías más comunes de nuestra acuicultura y con una grave repercusión económica. Por otra parte, y sin reducir su utilidad, se ha puesto en evidencia el peligro que podría comportar el uso de autovacunas que no fueran elaboradas con las suficientes garantías y siempre dentro del marco normativo vigente.

2.- En la actualidad, preocupa mucho la inexistencia, para su uso en la acuicultura, de moléculas autorizadas con las que poder elaborar sustancias farmacológicas. Esta situación está relacionada con la existencia de un marco normativo y regulador europeo en materia de medicamentos que no ha previsto las consecuencias derivadas de su falta de disponibilidad, al verse obligada la Industria Zoosanitaria a dedicar elevadas inversiones en investigación y desarrollo (I + D). Esta situación es también compartida por otras especies ganaderas menores (apicultura, cunicultura, etc.), y está dando lugar en la actualidad al establecimiento de contactos entre la Comisión Europea y los diferentes sectores afectados, para intentar buscar las soluciones más adecuadas.

3.- Las posibles soluciones a estas cuestiones pasan, en cualquier caso, por algunas de las siguientes opciones:

- el reconocimiento de moléculas ya registradas en otros países comunitarios.
- el desarrollo, en el ámbito europeo, de una norma válida para espe-

cies menores.

- la utilización de fórmulas magistrales.
- el establecimiento de procedimientos específicos para productos ampliamente utilizados en otras especies que permitan su uso, con plenas garantías, en el campo de la acuicultura.

5. LEGISLACIÓN SOBRE EL USO DE MEDICAMENTOS

El Real Decreto RD 2.377/90 pretende regular el uso de antibióticos y desinfectantes en los centros de producción españoles, reflejo de los europeos.

Además de que el antibiótico o medicina veterinaria en cuestión esté legalmente autorizado, la legislación fija una cantidad máxima de cada medicamento en la carne del animal medicado, por encima de la cual está prohibido poner el producto a la venta en el mercado. Esta cantidad es el Límite Máximo de Residuo (LMR). Para que el contenido de cada medicina en la carne del pez esté siempre por debajo de su correspondiente LMR, los veterinarios que prescriben los tratamientos han de fijar un periodo de retirada o de espera, que asegure que el pez ha metabolizado el antibiótico y su contenido final sea considerado como seguro o inocuo para el consumidor.

De momento, los peces son considerados como un único grupo y se debate si es necesario fijar un LMR para cada medicamento y especie, ya que cada una de ellas puede tener un metabolismo diferente. Esto podría ocasionar un retardo y elevados costes de los registros de cada medicamento para cada especie de pez.

En la modificación del real decreto anteriormente mencionado, aparecida en marzo de 1997, constan cuatro categorías o anejos para clasificar todos los medicamentos veterinarios y se especifica que todos aquellos productos terapéuticos que no figuren en las listas de los anejos I, II o III, o que figuren en la lista IV de este procedimiento, el 1 de enero del 2000 ya quedaron prohibidos para su uso.

Así pues, el Anejo I recoge aquellos medicamentos de uso común en veterinaria, donde ya ha estado evaluada su seguridad y se han fijado los respectivos LMR. Éste es el caso de la oxitetraciclina. Ahora bien, las sulfamidas, aunque pertenecen a este grupo, en acuicultura sólo se usan bajo prescripción veterinaria excepcional.

El Anejo II recoge medicamentos que no necesitan que se establezca un LMR. Este es el caso del agua oxigenada (H_2O_2), los iodóforos y el formol. Su utilización como desinfectantes de uso externo es legal.

El Anejo III recoge aquellos medicamentos veterinarios que están autorizados y tienen fijado su LMR, pero solamente pueden ser utilizados de forma temporal hasta una fecha límite después de la cual, si no se aprueban definitivamente, quedarán prohibidos.

En cuanto a los productos considerados como peligrosos para la salud del consumidor, al estar presentes en la carne del pez, incluso a niveles indetectables, se ha decidido prohibir su uso totalmente. Estos están incluidos en el Anejo IV y figuran, entre otros, el cloramfenicol, el dimetridazol y todos los furanos.

Las sustancias con límite máximo de residuo (L.M.R.) para peces o permitidas en todos los alimentos para la producción de diferentes especies, están basadas en la lista de la Comisión de la UE con fecha 20 de abril del 1999 y actualizada.

Además de lo indicado hasta ahora, referente al uso de antibióticos y anti-parasitarios en la UE, existen dos legislaciones de ámbito nacional que se suman a los requisitos exigidos en Europa. Se trata de la Ley del Medicamento Veterinario (RD 109/95) y la legislación sobre Piensos Medicamentosos (RD 157/95).

6. TRATAMIENTOS DE LAS ENFERMEDADES DE LAS ANGUILAS

6.1. Tipos de tratamientos

En el cultivo de peces, cuando una enfermedad infecciosa irrumpe en la instalación, la única medida posible a adoptar es el tratamiento global del lote afectado de forma oral, si es que los peces no han perdido el apetito, a través del pienso. Los tratamientos por baño externo solamente son útiles en los tratamientos ante la presencia de ectoparásitos o bien ante enfermedades bacterianas externas.

Los tratamientos por inyección están en su mayoría contraindicados debido al agravamiento de la enfermedad que supone como consecuencia del estrés causado a los peces, sin contar además la laboriosa mano de obra que sería necesario contratar para tratar a miles de individuos. Por tanto, el sector piscícola necesita, para su seguridad, el uso de piensos medicamentosos.

Es necesario que, con cada partida de pienso medicado, se adjunte al albarán de compra la correspondiente Prescripción Veterinaria con todos los datos pertinentes. Esta prescripción habrá de ser conservada por el piscicultor durante cinco años después de cumplido el tiempo de espera indicado. Si los peces son trasladados a otra instalación antes de cumplirse este tiempo, se debe facilitar una copia de dicha prescripción a la nueva destinación.

El piscicultor que quiera realizar -en algún momento- las propias mezclas de antibiótico en su instalación, a partir siempre de premezclas autorizadas y prescritas por un veterinario colegiado, habrá de tener la correspondiente autorización de uso por parte de las autoridades agrarias de su comunidad autónoma.

6.2. Límites máximos de residuos (LMR)

El Reglamento del Consejo 2.377/90/CEE de 26 de junio de 1990 y su modificación acaecida en 1997 establecen un procedimiento comunitario de fijación de los límites máximos de residuos (LMR) de medicamentos veterinarios en los alimentos de origen animal. De los LMR fijados se hacen constar los siguientes datos: sustancia activa farmacológica, residuo marcador, LMR (expresado en mg/kg o ppm) y tejidos diana.

Cabe destacar, al respecto, los conceptos siguientes:

- **Tejido diana:** es el tejido comestible seleccionado para controlar el total de residuos de un medicamento en el animal de destino. Este tejido suele ser, aunque no necesariamente, el que presenta la velocidad más baja de depleción de los residuos.

- **Residuo marcador:** es el residuo (compuesto padre inalterado o sus metabolitos, o bien una combinación de ambos) la concentración del cual tiene una relación conocida con la concentración del residuo total en cada uno de los diversos tejidos comestibles, que pueden servir de tejido diana. El LMR fija la concentración del residuo marcador permitida en el tejido diana.

En el cuadro siguiente se incluyen las sustancias farmacológicamente activas para las cuales se establecen límites máximos de residuos.

Cuadro 8.1. Sustancias con límites máximos de residuos fijados

Sustancia activa farmacológicamente	Residuo marcador	Tejidos diana
Tetraciclinas	-	-
Todas las sustancias que pertenecen al grupo de las sulfonamidas	Compuesto inalterado	M,F,R,G *

* M: músculo; F: hígado; R: riñón; G: grasa

Los residuos totales combinados de todas las sustancias del grupo sulfonamida no han de exceder de 100 mg/kg.

En el cuadro 8.2 se incluyen las sustancias que no han estado sometidas a la fijación de un límite máximo de residuos, ya que no es necesario hacer esto para la protección de la salud pública. A saber:

Cuadro 8.2. Sustancias sin límite máximo de residuos (LMR)

Sustancia activa farmacológicamente	Especificaciones
Hormona liberadora de gonadotropina	Todas las especies
Iodo, compuestos inorgánicos: Ioduro de sodio y potasio, Iodato de sodio y potasio, Iodóforos.	Todas las especies
Formol	Todas las especies
Peróxido de hidrógeno	Todas las especies

Se establecen límites máximos de residuos provisionales siempre que no haya razones para suponer que los residuos de la sustancia de que se trate constituyan un riesgo para la salud del consumidor. Estos tipos de límites se aplicarán por un periodo de tiempo definido que no excederá los 5 años. Éste se podrá renovar excepcionalmente por un periodo que no excederá de 2 años, si se considera que este periodo es útil para concluir estudios científicos.

Existe un grupo de sustancias farmacológicamente activas para las cuales no se puede establecer un límite máximo de residuos, por el simple hecho de que cualquier límite de residuo en productos alimentarios de origen animal puede constituir un riesgo para la salud del consumidor. Estas sustancias se indican en el cuadro siguiente 8.3.

Cuadro 8.3. Sustancias farmacológicamente activas para las cuales no se puede fijar un límite máximo de residuos y está prohibida su comercialización para todas las especies

Cloramfenicol, Dapsona, Ronidazol, Dimetridazol y los Nitrofuranos, incluida la Furazolidona.

6.3. Productos farmacológicos

A continuación se clasifican los productos farmacológicos más adecuados para el tratamiento de las enfermedades de las anguilas, con los diferentes datos de interés.

Clasificación: **Antisépticos**

Son sustancias utilizadas para la desinfección de las instalaciones.

1. Nombre comercial: Verde de malaquita.
Nomenclatura química: Verde de malaquita.
Estado: Polvo.
Características: Tóxico para algunas angulas.
Posología: Baño de 0,2 ppm.
Enfermedad: Saprolegniosis.
2. Nombre comercial: Azul de metileno.
Nomenclatura química: Azul de metileno.
Estado: Polvo.
Características: No tóxico.
Posología: 2 ppm.
Enfermedad: Saprolegniosis.

Clasificación: **Sulfamidas**

Substancias incluidas en el Anejo I de la modificación del RD 2.377/1990, aparecida en 1998. Así pues, son sustancias autorizadas y con un límite máximo fijado. Algunas sulfamidas en acuicultura sólo se utilizan bajo prescripción veterinaria excepcional.

1. Nombre comercial: Dimetón.
Nomenclatura química: Sulfamonometoxina.
Estado: Polvo insoluble en agua.
Características: Las más absorbidas y más estables de las sulfamidas.
Posología: Incorporado al alimento a razón de 100 a 200 mg/kg de pez (5-7 días).
Enfermedad: Enfermedades de origen bacteriano: aeromonosis, pseudomonosis, condrococosis.
Observaciones: Se utiliza comúnmente.
2. Nombre comercial: ARCID.
Nomenclatura química: Sulfadimetioxina Na.
Estado: 10% Polvo.
Características: Menos absorbibles pero excretadas lentamente.

Enfermedad: Enfermedades de origen bacteriano: aeromonosis, pseudomonosis, condrococosis.

3. Nombre comercial: Sulfadimetoxina.

Nomenclatura química: Sulfadimetoxina.

Estado: Polvo puro.

Enfermedad: Enfermedades de origen bacteriano: aeromonosis, pseudomonosis, condrococosis, vibriosis.

4. Nombre comercial: Ciadina.

Nomenclatura química: Sulfisixadola.

Estado: Polvo puro.

Características: Absorción y excreción rápida.

Posología: Incorporado al alimento, 200 mg/kg de pez.

Enfermedad: Enfermedades de origen bacteriano: aeromonosis, pseudomonosis, condrococosis, vibriosis.

Clasificación: **Antibióticos**

Pertenece al Anejo I: producto autorizado y con límite de residuo máximo fijado.

1. Nombre comercial: Aureomicina.

Nomenclatura química: clortetraciclina.

Estado: polvo soluble en agua.

Características: muy eficaz "in vitro".

Posología: incorporado al alimento, a razón de 10-20 mg/kg pez durante 5-7 días.

Enfermedad: enfermedades de origen bacteriano: aeromonosis, pseudomonosis, condrococosis, vibriosis.

Clasificación: **Otros**

Producto permitido y no sujeto a L.M.R., que pertenece al Anejo II.

1. Nombre comercial: Fishade.

Nomenclatura química: mezcla vitamínica.

Estado: polvo.

Posología: incorporado al alimento a razón de 5-10 gr/kg de alimento por día.

A continuación, en los cuadros 8.4, 8.5, 8.6 y 8.7, se muestran los diferentes medicamentos que se pueden administrar como profilaxis de los agentes infecciosos para la anguila, tanto por vía oral como por vía parenteral y por inmersión, así como desinfectantes de uso general en instalaciones de esta naturaleza. Debe aclararse que la entrada de medicamentos por vía pa-

parenteral es toda aquella diferente a la vía digestiva como, por ejemplo, la vía intramuscular, la intravenosa, etc.

Cuadro 8.4. Antibióticos antibacterianos administrables por vía parenteral

Producto	Dosificación (mg/kg de peso vivo)	Administración	Observaciones
Tetraciclina	10 – 20	IC – MI	Clor- y Oxi-

IC = Intracelomática. IM = Intramuscular

Cuadro 8.5. Sustancias administrables por vía oral

Producto	Dosificación (mg/kg de peso vivo)	Duración administración	Observación
Tetraciclinas	75	6 - 7 días	Retirar 30 DAR. PEAS.
Sulfamidas	100 – 220	21 días	No se absorbe. Sólo preventivo.

DAR = Días antes de la recolección.

PEAS = Poco eficaz en agua salada.

Cuadro 8.6. Sustancias administrables por inmersión

Producto	Dosificación (mg/kg de peso vivo)	Duración administración	Indicaciones
Formol	2000 100 – 200	10 min 60 min	–
Tetraciclinas	10 5	60 min B.P.	PEAS. Retirar 7 DAR.

PEAS = Poco eficaz en agua salada B.P. = Baja peligrosidad

DAR = Días antes de la recolección

Cuadro 8.7. Desinfectantes de uso general en las instalaciones

Producto	Dosificación	Observaciones
Hipoclorito sódico	200-400 ppm	Muy tóxico. Eliminar lentamente. Esperar 6 días antes de volver a incorporar peces.
Iodóforos	200-400 ppm	Igual que el hipoclorito sódico.
Formol	1:4.000	Muy eficaz en agua salada.
Verde de malaquita	100 ppm	Igual que el hipoclorito sódico.

6.4. Piensos medicados

Los piensos medicados se denominan así porque su finalidad más importante es la de ser vehículo de una serie de sustancias medicamentosas o fármacos utilizados como medida terapéutica, por vía oral, frente a una serie de enfermedades.

Estos piensos son fabricados por las mismas casas comerciales, las cuales, en su elaboración, incluyen unos u otros quimioterápicos en determinadas concentraciones, a veces a instancias o por petición de los profesionales veterinarios a cargo de la instalación.

La inclusión de quimioterápicos (antibióticos y sulfamidas) en los piensos requiere que estos productos reúnan una serie de características propias, que permitan ser incorporados al pienso. Así, el coste económico de adquisición es importante, ya que generalmente se utilizan estos fármacos en concentraciones elevadas y, en algunos casos, pueden constituir económicamente una carga. La presentación natural del producto ha de permitir su inclusión y fácil homogeneización en la mezcla, sin sufrir deterioro de su actividad en el proceso de fabricación. Los fármacos utilizados deben tener, como condición esencial, que sean fácilmente absorbidos por vía digestiva, lo que tiene mucha relación con su liposolubilidad, así como ser resistentes a la acción de los jugos gástricos y no poseer interacciones con sustancias presentes en la región gastrointestinal. La capacidad de difusión en los tejidos y la penetración o acumulación en determinados órganos es, ciertamente, el factor más importante en el condicionamiento en la eficacia de un fármaco. El tiempo de metabolización por parte del organismo del pez o la pérdida de actividad antibacteriana del fármaco es también muy importante, así como el nivel de concentración mantenido en la sangre. El efecto terapéutico más intenso se produce cuando la concentración del fármaco en la sangre es máxima y corresponde al periodo de tiempo comprendido entre la máxima absorción y la máxima eliminación. Obviamente, si la absorción es lenta y la eliminación rápida, el efecto farmacológico puede no presentarse al no alcanzar el fármaco en cuestión concentraciones sanguíneas suficientes. Si la absorción y la eliminación son lentas, la acción farmacológica resulta también lenta y poco eficaz; la acción óptima se produce cuando la absorción es rápida y la eliminación es lenta, la cual generalmente, se produce a través de la vía renal, hepática o intestinal.

Además de estas condiciones o características propias, los fármacos utilizados en los piensos necesariamente han de tener efectos positivos sobre los microorganismos, bien determinando la muerte de las bacterias (efecto bactericida) o bien inhibiendo su reproducción (efecto bacteriostático). Precisamente, la mayor parte de los quimioterápicos tienen efecto

bacteriostático, impidiendo la multiplicación de las bacterias, sin conducir las directamente a la muerte, disminuyendo la carga infecciosa general, siendo las propias defensas del pez, en definitiva, las que determinan la verdadera muerte de los agentes patógenos.

El mecanismo de acción de estos fármacos, utilizados ampliamente en piscicultura, sobre las bacterias es múltiple y variado, y dependiendo de esto, así es el efecto que desarrollan sobre unas y otras bacterias. De esta manera, y dependiendo de las bacterias, unos fármacos, a determinadas concentraciones, serán activos frente a unas bacterias, y otros no.

En la práctica terapéutica es frecuente asociar dos o más agentes quimioterápicos en el pienso. Aún así, se requiere un conocimiento especializado del tema y su manejo se debe utilizar, en todo momento, con este criterio.

En términos generales, digamos que la utilización de piensos medicados requiere, en primer lugar, justificar la necesidad de su uso mediante la verificación de la existencia de una enfermedad bacteriana. El estudio de los antecedentes, como clasificaciones y manipulaciones previas, depleción circunstancial de oxígeno, densidades altas, etc., acompañado unos días después de comportamiento anormal de los peces, con bajas diarias en aumento progresivo, etc., son instrumentos de gran ayuda para el clínico. La inspección anatómica de unos cuantos peces moribundos y su estudio comparativo con otros sanos, permiten inicialmente acumular datos que el veterinario especialista utilizará como pruebas definitivas o bien complementarias del diagnóstico.

Cuadro 8.8. Esquema de intervención rápida frente a una presunta infección bacteriana (original Sarti y Giorgeti, 1988)

Día	Intervención en el tanque de cultivo	Intervención en el laboratorio
1°	<ul style="list-style-type: none"> ■ Recogida de datos para el examen clínico ■ Diagnóstico del agente causal, si fuera posible 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Siembra en medio sólido de material procedente de peces en fase agónica y preagónica.
2°	<ul style="list-style-type: none"> ■ Limitación del manejo (disminución de la alimentación, aumento de oxigenación) ■ Evitar situaciones de estrés (suspender clasificaciones, no molestar a los peces) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Confirmación de la fase septicémica en preparación microscópica. ■ Aislamiento de las colonias sospechosas y estudio preliminar (gram negativo, catalasa, oxidasa, etc.) ■ Test serológico (aglutinación rápida en preparación microscópica) cuando sea posible. ■ Siembra de una colonia aislada sospechosa en medio sólido. ■ Siembra de una colonia aislada sospechosa en medio líquido.
3°	<ul style="list-style-type: none"> ■ Si las primeras indicaciones de laboratorio llevan a la posible identificación de un agente causal, la sensibilidad del cual frente a cierto antibiótico es notable, tratar con este mismo antibiótico. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Después de la siembra en un medio sólido, prosecución de los tests de tipificación del cultivo bacteriano. ■ Después de la siembra en un medio líquido, inoculación del preparado para antibiograma.
4°	<ul style="list-style-type: none"> ■ Como el tercer día. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Lectura antibiograma y definitiva verificación del antibiograma a utilizar. ■ Prosecución en la tipificación del cultivo.
5°	<ul style="list-style-type: none"> ■ Confirmación definitiva de la terapia. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Diagnóstico etiológico de la septicemia de bacterias.

7. EL ESTRÉS EN LOS PECES

7.1. La adaptación ambiental: resistencia, tolerancia y estrés

Todos los seres vivos están inmersos en un determinado medio ambiente, constituido por elementos biológicos y físicos que configuran su ecosistema. Con estos elementos, el ser vivo establece relaciones e intercambios (materia y energía), y su funcionalismo se ha adaptado, históricamente, a las características y peculiaridades de aquellos elementos.

La adaptación de las especies a su ambiente o entorno (*hinterland*) constituye una respuesta universal de los seres vivos que con eso consiguen la adecuación y la mayor eficacia de sus estructuras (morfología) y de sus funciones (fisiología) para el desarrollo de su capacidad biológica (supervivencia del individuo y de las especies, reproducción, crecimiento) con un gasto energético mínimo. De esta manera, las especies han conseguido poblar las diferentes regiones de la tierra, algunas de las cuales, por cierto, de condiciones climáticas muy adversas.

Esta adaptabilidad que manifiestan las especies, desde un punto de vista generacional, a los cambios ambientales de larga duración, y que afecta a la morfología, a la fisiología y al comportamiento de los animales, puede también hacerse presente, con modificaciones sólo fisiológicas y de conducta, frente a los cambios ambientales a corto plazo. Esta capacidad de respuesta frente a un estímulo exterior, forma parte, en realidad, de una propiedad más general encargada de mantener la integridad y la regulación funcional del ser vivo, la cual se conoce como "homeóstasis". Así, todo ser vivo, en grado directamente creciente a su nivel evolutivo, presenta mecanismos de regulación e integración funcional, de manera que, en cada momento y bajo cada influencia ambiental, el organismo dispone de los medios precisos para adecuar su funcionalismo a las nuevas circunstancias ambientales.

Ahora bien, esta adaptación funcional tiene unos límites que dependen, por una parte, de la naturaleza y intensidad del cambio experimentado, y por otra, de los propios dispositivos de que dispone la especie en cuestión.

El estudio de la respuesta adaptativa a los cambios ambientales permite considerar una serie de estados en los seres vivos que son exponentes de su capacidad de respuesta, y por eso definen su adecuación para conseguir una mejor supervivencia; estos estados o condiciones son: la tolerancia, la resistencia y el estrés. Veámoslos respectivamente.

Entendemos por "tolerancia" el resultado eficaz de las medidas que adopta el organismo frente a un cambio ambiental, con las cuales asegura

su normal funcionalismo y su supervivencia. Esta tolerancia es sólo factible dentro de unos valores ambientales determinados, que delimitan las “áreas de tolerancia”.

La “resistencia” es la capacidad de soportar cambios ambientales con la disminución correlativa de las actividades vitales, y la mortalidad marca el límite de la resistencia.

En todos los casos se establece una condición conflictiva en el funcionalismo del organismo, surgida en su intento de conseguir una respuesta adaptativa. Esta situación se acentúa cuanto mayor es la desproporción existente entre la naturaleza e intensidad del agente ambiental cambiante y la capacidad del organismo para adaptarse a este factor, o al menos para neutralizarlo. La condición en que se encuentra el organismo es lo que se llama “estrés”, que trataremos con mayor especificidad en el epígrafe siguiente.

7.2. Concepto de estrés. Agentes estresantes

El concepto de estrés, el propio Selye (1950) ya lo generalizó al considerarlo como “la suma de todas las respuestas fisiológicas por las cuales un animal intenta mantener o establecer de nuevo un metabolismo normal frente a un agente físico o químico”. El estrés constituye una manifestación homeostática del organismo, se trata de una respuesta universal en los seres vivos y presenta una importancia biológica considerable, ya que afecta tanto al individuo como a la población y al ecosistema.

La respuesta del estrés se incluye dentro de lo que Selye considera el “síndrome general de adaptación”, definido inicialmente para la fisiología humana, que puede considerarse como una ampliación de la “respuesta de emergencia”, señalada ya por Cannon en 1991, y atribuida, exclusivamente, al sistema nervioso simpático.

El estímulo que provoca el estrés es todo cambio del ambiente que tenga suficiente entidad como para producir una alteración del funcionalismo del organismo; por eso se denominan también “agentes o estímulos estresantes”. Así pues, estos agentes pueden ser naturales o pueden ser originados por el hombre (artificiales), con lo cual se amplía enormemente su diversificación y las posibilidades de generarlos en aquellos medios, como en el cultivo intensivo o forzado de los peces, donde la incidencia de la actividad humana puede ser especialmente importante.

En el cultivo de peces, los principales agentes estresantes pueden ser:

a) Ambiente físico:

- Agua: cambios de la salinidad, presión osmótica, contenido en oxígeno, calidad del agua: pH; contaminación química natural (nitritos, amoníaco, etc.) y contaminación exterior (iones, metales pesados, moléculas orgánicas, oxidantes, pesticidas, etc.); residuos sólidos en suspensión
- Temperatura
- Instalaciones de confinamiento

b) Ambiente biológico:

- Densidad de población
- Relaciones sociales: jerarquización, dominancia
- Depredación

c) Alimentación:

- Naturaleza y composición de la dieta
- Textura y tamaño del pienso
- Palatabilidad

d) Manejo y trabajos de rutina:

- Clasificación, pesaje, etc.
- Traslados en tanques, limpieza, desinfección, etc.

7.3. El estrés y la piscicultura

7.3.1. Introducción

Resulta de interés primordial en el cultivo de peces el tener conocimiento del fenómeno del estrés y de los diferentes motivos de su establecimiento, así como de las diferentes consecuencias que puede comportar en la producción piscícola.

Como es sabido, la cautividad, el amontonamiento y la producción intensiva con la alimentación mediante piensos compuestos artificiales ha sido motivo de un gran número de problemas y fracasos en la producción pecuaria de los mamíferos y de las aves domésticas. Es, por tanto, comprensible que estos problemas surjan igualmente en el cultivo de los peces, justo ahora que

su producción intensiva se está extendiendo por todo el mundo.

El mantenimiento de una supervivencia a un nivel razonable resulta una meta u objetivo mínimo inicial para el piscicultor, que ha de incrementarse con unas tasas de crecimiento y unos valores de conversión de alimentos que hagan realmente rentable la explotación piscícola. La alteración de la producción, la pérdida de rendimiento en el crecimiento o de la natural resistencia a los agentes patógenos, que no encuentren una explicación sencilla y directa, puede conllevar la perentoriedad de pensar en la presencia de un fenómeno de estrés. Sin embargo, la verificación del estado de estrés en el animal tiene cierta dificultad, y la identificación de la causa que la ha generado es otra etapa de estudio que obliga a ciertas modificaciones y cambios entre los factores posiblemente estresantes.

7.3.2. Detección

Se ha comprobado como el estrés provoca cambios en toda una serie de parámetros bioquímicos y fisiológicos, que pueden ser utilizados como un índice, indicador o señal de alerta de aquel estado. De esta manera, se valora la tasa plasmática de las hormonas del estrés (ACTH y corticosteroides y catecolaminas), en especial los niveles de cortisol; así como también, el estrés agudo se detecta por los aumentos de glucosa o lactato en plasma, o por la reducción de los niveles de cloro plasmático, o del recuento de leucocitos (llamados también glóbulos blancos). En los estados de estrés crónico, es bastante útil la valoración de los niveles de glucógeno hepático, los cuales tienden a reducirse, o de manera secundaria a la determinación de la concentración de la vitamina C (ácido ascórbico) en la glándula adrenal. Las pruebas biológicas, como son la valoración de la resistencia de los animales presuntamente estresados frente a controles, sobre la resistencia a un estrés adicional (disminución de oxígeno, aumento de la densidad de población, etc.) o bien la comprobación de la respuesta a una actividad, son también utilizados, pero, por su complejidad y laboriosidad, tienen un escaso interés y significación práctica.

7.3.3. Control del proceso de detección

El problema principal que se presenta en la detección del estado de estrés radica en la posibilidad de su provocación en la manipulación a lo largo del proceso de detección, con lo cual se enmascaran los resultados. Por tanto, se debe reducir a un mínimo y proceder siempre de igual manera. Cabe destacar los siguientes puntos o recomendaciones a seguir:

- Minimizar el tiempo total utilizado en la captura del pez, la anestesia y la toma de sangre; de uno a dos minutos es lo óptimo.

- Es importante el tipo de anestesia y el tiempo utilizado para su efecto. La toma directa de sangre sin anestesia, con el ejemplar envuelto con un trapo oscuro y húmedo, da excelentes resultados si se actúa con rapidez.
- Secuencia del muestreo. El muestreo repetido en un mismo tanque provoca una respuesta de estrés creciente. Es por eso que se aconseja el muestreo simultáneo, anestesia conjunta y toma de muestras de sangre por parte de unos cuantos operadores al mismo tiempo.
- Otras consideraciones a tener en cuenta son las siguientes: toma de muestras siempre a la misma hora, considerar siempre las variaciones del parámetro analizado en la especie, por efecto de la edad, sexo, estado sexual, estación, temperatura del agua; condiciones de las instalaciones: iluminación, horario de alimentación, factores circunstanciales como la limpieza de los tanques, variación de la calidad del agua, ruidos, etc. También se debe evitar el efecto acumulativo de los diferentes factores estresantes. Se pueden también adicionar fármacos antiestresantes.

7.3.4. El estrés y la producción

El cultivo de los peces se establece sobre una condición de cautividad, que es fuente permanente de factores estresantes bióticos y abióticos, como son: el confinamiento y la densidad de población, la calidad del agua, la alimentación artificial, etc. Por otra parte, la rutina de la explotación introduce nuevos factores estresantes que se adicionan a los primeros, como la clasificación de individuos, las medidas de talla y peso, el transporte y los traslados de tanques, desinfección, etc. A continuación, se citan algunas de las consecuencias negativas en la producción que se pueden generar por este concepto. Veámoslas:

1.- Reducción de la supervivencia por tres causas principales: a) Deficiencia de oxígeno, respuesta inmediata al estrés. b) Defecto de la osmoregulación. c) Fallida inmunitaria por la reducción de leucocitos.

2.- Reducción del crecimiento: a) Se detiene la actividad alimentaria y aumenta el catabolismo; b) Se bloquean los esteroides sexuales, promotores importantes del crecimiento. c) Supresión de la secreción de la hormona de crecimiento (GH) en estrés agudo. d) Respuesta semejante con las hormonas tiroideas.

CAPÍTULO 9

- CONDICIONANTES DE LA EXPLOTACIÓN -

1. CONDICIONANTES NATURALES

1.1. La obtención de la angula

1.1.1. La pesca

1.1.1.1. Introducción

Debido a que, como ya se ha dicho, no es posible la reproducción en cautividad de la anguila, la anguicultura depende totalmente de las reservas naturales de angulas que emigran hacia nuestras costas.

A causa de la contaminación de las aguas, esta especie piscícola ha desaparecido prácticamente en la Albufera de Valencia, pero aún se puede encontrar en el delta del Ebro y en la cornisa Cantábrica, en cuanto a la península Ibérica. En el resto de Europa se encuentra en Francia (en la vertiente atlántica y en el litoral mediterráneo), donde se practica la pesca en los estuarios de los ríos Vilaine, Loire, Gironde y Adour. También se practica su captura en el estuario del Severn en Inglaterra, en el delta del Po en Italia y en el Oued Sebou en Marruecos.

1.1.1.2. La pesca de la angula en el delta del Ebro

El delta del río Ebro presenta un importante entramado de puntos de descarga de aguas dulces en el mar, a consecuencia de su propio sistema fluvial natural y de la importante red de riego agrícola de los arrozales (acequias a cielo abierto) y desagües o emisarios de las estaciones de bombeo. Los más significativos son las dos bocas del propio río: la permanente o “garganta de Sorrapa” y la denominada “garganta de Migjorn”, bocas que sólo aportan agua al mar en momentos puntuales de avenidas. Por otra parte, los canales proveedores de las lagunas de l’Encanyissada, la Tancada, la Platjola, l’Aufacada, los dos Calaixos de la isla de Buda, el Canal Vell y la Goleta, pueden, indistintamente y según los niveles del mar y de las aguas de las lagunas, funcionar en doble sentido: vertiendo agua dulce o más o menos salobre al mar o, contrariamente, introduciendo agua

marina a las lagunas.

Todo un complejo sistema de acequias de tierra (“anganillas”) recoge las aguas sobrantes de los canales de abastecimiento del sistema de riego o de los arrozales y las vierte directamente al mar, a las bahías o al mismo río; estas acequias pueden verter agua exclusivamente por gravedad o bien mediante las grandes estaciones de bombeo con tornillos de Arquímedes que, en número de ocho (tres en el hemidelta norte y cinco en el hemidelta sur) son explotadas por las respectivas Comunidades de Regantes.

Las angulas aprovechan todos estos puntos ya citados para iniciar su migración a las aguas continentales o estuarinas, donde realizarán todo su desarrollo. Los pescadores de angulas aprovechan muchos de estos lugares para hacer sus capturas.

En cuanto al aprovechamiento de la angula en la zona del delta del Ebro, ha sufrido importantes variaciones a lo largo del tiempo. Hace unas décadas, las angulas se capturaban en grandes cantidades a causa de su abundancia y bajo coste, y era un alimento muy asequible para las clases sociales con pocos recursos económicos. Incluso se llegó a utilizar como alimento suplementario para gallinas y cerdos.

En la actualidad, es un plato gastronómico de elevado coste, ya que en los últimos años su precio se ha visto incrementado de forma considerable. Esto es consecuencia de la demanda ejercida por parte de los países cultivadores de esta especie, como es el caso de la China, que importa gran parte de las capturas del Delta del Ebro para su engorde en acuicultura.

1.1.2. Artes de pesca

Desde hace décadas, en la zona del delta del Ebro, donde el agua es salobre, se lleva a cabo la pesca de la angula y de la anguila durante los meses del otoño y del invierno.

Los aparejos para la pesca consisten en tamices y redes acopladas a un marco. La malla es muy fina (#1,5 mm) y los arcos son utilizados desde la orilla o con pequeñas embarcaciones. Esta actividad es estacional, y se desarrolla desde el mes de octubre hasta al mes de mayo.

En 1557, el caballero Cristóbal Despuig ya hablaba de las diferentes artes de pesca en su obra “Los coloquios de la insigne ciudad de Tortosa”, las cuales todavía se utilizan hoy, como las redes, el palangre y la pantena. También se usaron artes que hoy en día están prohibidas (“rall”, “ventrol” y anguilera).

Joan Moreira Ramos también habla de artes de pesca en su obra “Del folklore tortosí” (1934) y cita el trasmallo (“tresmall”), las nasas y los serones.

Desde el siglo XVI hasta nuestros días se han utilizado 17 artes diferentes de pesca, algunas de las cuales aún se hacían servir hasta hace poco, como: el trasmallo, el buzón (o “bussó” en Cataluña), el gánguil, el palangre y la pantena. Y otros que no se podían utilizar fuera de los vedados, como es el caso del “ventrol”, el “saldall”, la rastra, etc. Actualmente, tal y como indica la normativa, sólo se utiliza el gánguil para la pesca de la anguila y el buzón para la angula.

A continuación se explica en qué consisten algunas artes para pescar la angula y la anguila utilizadas en la zona del delta del Ebro. Veámoslas:

- Trasmallo: está formado por tres redes encaradas y armadas sobre la misma armadura. La red del centro es de malla más espesa que las dos exteriores y, al mismo tiempo, más alta y más larga. Es necesario que la red central quede perfectamente repartida y formando bolsas entre las mallas más amplias a lo largo de todo el trasmallo, cosa que hace bastante delicado su montaje. En un borde lleva los flotadores, y en el otro, el plomo.

Los dos extremos del trasmallo se atan -mediante una cuerda- a un canto rodado o plomo con tal de calarlo, y normalmente se hace con diversas piezas empalmadas que se disponen en zig-zag. En los alrededores de la boca del delta del Ebro es costumbre hacerlo de día.

Este método es muy antiguo y se utiliza en toda Cataluña, conociéndose con diferentes nombres, según la zona: “tresmall” en la zona del delta del Ebro, “armellades” cerca del cabo de Creus, “filets” más al norte y “tirets” hacia Tarragona.

El material utilizado era de procedencia natural, como el lino y el algodón, hasta hace un tiempo. Ahora se utiliza el nylon u otras fibras artificiales de naturaleza parecida.

- Pantena: es un arte fijo y de los más antiguos que se conocen. Se cala al final del canal que comunica la balsa con el mar para capturar los peces que viven en las balsas y que desovan en el mar. Consta básicamente de dos alas y el cuerpo. Las alas están formadas por una red calada verticalmente que va desde la superficie hasta el fondo y que está sostenida por una serie de estacas clavadas en el fondo. Antes, las estacas eran de madera y hoy día son de hormigón armado u otros materiales resistentes. Las alas abarcan desde los extremos del canal hasta la parte anterior del cuerpo y en la dirección de la corriente del agua. El cuerpo de la pantena

consta de una boca, de una parte central y del vivero. La boca es una red fijada a las estacas laterales y al fondo por unas estacas centrales. La parte central consta de una red fijada sólo lateralmente. El vivero es la parte final del cuerpo y donde va a parar el pescado que entra en la pantena.

Actualmente las pantenas se mantienen caladas durante todo el año, pero las redes solamente se paran en otoño-invierno (del mes de septiembre a marzo).

- Gánguil: consiste en una red que envuelve una serie de anillas o aros dentro de los cuales hay una pieza de red en forma de embudo. Es una trampa de la cual el pez, una vez ha entrado en ella, no puede salir.

Los gánguiles se calan en las zonas fangosas, que es donde viven las anguilas. Este arte se introdujo en el delta del Ebro hacia el año 1969 procedente del Palmar.

- Palangre: consta de un cordel largo y grueso denominado “madre”, del cual cuelga una serie de ramificaciones de igual longitud que se conocen como “brazoladas”. En el extremo de cada cordel cuelga un anzuelo.

La pesca con palangre comienza tirando al mar una cuerda que en un extremo sujeta un trozo de plomo muy pesado para fondear, y en el otro extremo se ata un trozo de corcho con una banderita blanca, denominada “gallo”, que sirve para señalar el calado del palangre. A continuación, se ata un extremo del palangre a la cuerda y cerca del plomo. El otro extremo se ata a otra cuerda con su correspondiente plomo y gallo. A veces se calan en dos filas o en una sola, aunque recorriendo una circunferencia más o menos perfecta. Hay muchas maneras de calar un aparejo tan antiguo. Ahora bien, se deben ir empalmando, la una con la otra, las diferentes unidades y procurar que los anzuelos queden cuanto más alejados mejor de la madre para evitar que se enreden.

Los palangres de pequeñas dimensiones utilizados más corrientemente cerca de la costa y en poco fondo se conocen con el nombre de “palangrets” o “palangrons” y a la brazolada se le da el nombre de “brazolín”.

Al principio, el palangre se hacía de cáñamo, después de nylon. Hoy en día se fabrica con fibras artificiales de más o menos grosor, según el tipo y parte del palangre de que se trate.

- Buzón: es un aparejo constituido por un receptáculo poliédrico, hecho de madera o hierro y malla de fibra artificial o de hierro, la base de la cual tiene como un embudo dirigido hacia adentro que es por donde entra el pez y de donde después no puede salir. Se cala acostado, de manera que la base quede de cara a la corriente del agua.

1.1.3. La regulación de la pesca de la angula

La pesca de la anguila y de la angula somete a esta especie a una fuerte presión, motivo por el cual se han establecido medidas especiales para su conveniente protección y conservación. Así pues, el 21 de septiembre de 1983, el *Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca* (DARP) de la *Generalitat de Catalunya* declaró Zona Preferente de Pesca de anguilas y angulas, por sus especiales circunstancias de producción de esta especie, la zona del delta del Ebro que va desde la línea que une las poblaciones de l'Ampolla, Amposta y Sant Carles de la Ràpita hasta el mar. Ya se estableció entonces que, en esta zona, la pesca de la anguila solamente se podía realizar con buzones ("bussons"), los cuales debían reunir las características que reglamentariamente se establecían. Además, quedaba prohibida la pesca con gánguil ("gànguil") en toda Cataluña, tanto en las aguas marítimas como en las fluviales, excepto en los lagos y las aguas estancadas.

Los gánguiles para pescar deben tener las dimensiones correctas de la malla siguientes:

- Los primeros 10 cm contados desde la boca de entrada: malla de 30 mm.
- Los 50 cm siguientes llevarán malla de 26 mm.
- Los 50 cm siguientes llevarán malla de 22 mm.
- Los 60 cm siguientes llevarán malla de 18 mm.

Los tres embudos internos del gánguil tendrán las mallas siguientes:

- El primero, contando desde la boca de entrada: malla de 26 mm.
- El segundo, malla de 22 mm.
- El tercero, malla de 18 mm.

El 16 de agosto de 1999 aparece en el D.O.G. (*Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya*) núm. 2.953 la Orden del 30 de julio del mismo año que regula la pesca de la angula en el delta del Ebro. Esta orden deroga la anterior del 27 de octubre de 1992, aparecida en el D.O.G. núm. 1.667 el día 9 de noviembre del mismo año. El texto identifica la angula como la cría de la anguila que no sobrepasa los 10 centímetros de longitud desde la punta de la boca hasta el extremo de la aleta caudal, estableciendo que la campaña va del 20 de octubre al 10 de marzo del año siguiente. También deja claro que sólo se podrá capturar con el arte conocido como buzón ("bussó"). La orden en cuestión también establece que solamente se permite instalar un buzón en cada punto de captura, y entre punto y punto de pesca se respetará una distancia mínima de 50 metros. Además, su ala paradora no debe

superar nunca el 25% de la anchura del canal.

La nueva orden autoriza la pesca de la angula en un máximo de 340 puntos de captura, distribuidos en estos sectores:

- Sector I: isla de Gràcia; acequia del Riet (bahía del Fangar) hasta la Gola del Pal; margen izquierda del río Ebro (desde el Lligallet de Buc hasta la desembocadura del río); e isla de Sant Antoni (margen derecho del río).
- Sector II: margen derecho del río Ebro (desde el Lligallet de Buc hasta el Migjorn); margen derecha del Migjorn; garganta del Migjorn y desagüe del Serrallo (isla de río).
- Sector III: garganta de Pal (lagunas del Canal Vell); desagüe de las Olles; desagüe del Trastellador (lagunas del Canal Vell; se pescará sólo en una de las riberas, que se irá alternando cada año); canal del Hospital; canal del Port; desagüe de la Platjola y canal de Baladres.

El DARP hace constar que para pescar la angula se necesitará licencia de pesca profesional, personal y intransferible, la cual se podrá obtener en las oficinas del Parque Natural del Delta del Ebro, y autoriza la expedición a la cofradía de l'Ampolla y de Deltebre, para el sector I; en la Asociación de Pescadores Profesionales de la angula de Sant Jaume d'Enveja, para el sector II y en la Cofradía de Pescadores de Sant Pere de Tortosa y de Sant Carles de la Ràpita para el sector III.

Cabe decir que, después de la citada división territorial en las tres zonas de pesca de la angula, se asignó en cada municipio el sector donde poder realizar esta práctica. En la zona del Delta se dedican profesionalmente unas 50 personas, las cuales se van renovando cada año mediante un sorteo. Aún así, uno de los problemas cruciales con que se enfrentan las cofradías es la pesca ilegal. Hay una cantidad indeterminada de capturas que se venden directamente sin pasar por la lonja, pero esta cuestión está siendo corregida progresivamente.

La Orden mencionada también prohíbe:

- Calar los buzos de las 8 hasta las 17 horas durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, y de las 9 a las 18 horas durante los meses de enero, febrero y marzo.
- Mantener los buzos en la zona de pesca una vez finalizada la campaña.
- Pescar anguilones (cría de anguila que mide entre 10 y 35 centímetros de longitud, contando desde la punta de la boca hasta el extremo de la aleta caudal)

y otras especies. Si se pescan accidentalmente, se deberán retornar al agua.

- La pesca inducida y la modificación o la variación de bocanas.
- La pesca en canales que comuniquen el mar con las lagunas, excepto los citados anteriormente en los Sectores I, II y III.

Por la noche, los pescadores visitan la trampa diversas veces y, cuando llega la mañana, al alba, extraen el buzón con la confianza de encontrar una buena captura. Es, entonces, el momento de la sorpresa: o bien nada o hasta un máximo de cincuenta kilos.

Para poder llevar un control correcto de las capturas, toda la pesca ha de pasar por la lonja y, para facilitar la repoblación de la especie, las entidades autorizadas reservan un 5% de las capturas con esta finalidad. Estos ejemplares serán liberados en los lugares indicados por los servicios técnicos del Parque Natural del delta del Ebro.

Considerando la situación de la especie, el interés pesquero y la importancia de ésta para los ecosistemas acuáticos continentales, poco a poco se han introducido medidas reguladoras destinadas a un mejor control de los puntos de captura, como por ejemplo la señalización y el precintado de buzones autorizados. Este control de puntos de captura se ha complementado con un control de la angula capturada mediante la aplicación de guías de circulación (aplicable según la legislación vigente al ser un transporte de animales vivos).

La identificación detallada de todos los puntos de captura ha permitido, de acuerdo con las entidades afectadas, desarrollar un programa de reducción de puntos, que ha pasado de 454 en la campaña pesquera 1992/93 a 333 en la campaña 1998/99.

Se produce un incremento significativo de las capturas, aún considerando que se pueden detectar campañas que reflejan una notable variación real en capturas; el incremento gradual observado desde la campaña 1993/94 hasta la campaña 1997/98 es básicamente consecuencia del incremento del sistema de control de las capturas y no tanto del incremento real de éstas.

1.1.4. Evolución de la pesca de la angula y la angula en el delta del Ebro

Los datos sobre la evolución histórica de las capturas de angula y de anguila proporcionadas por la Cofradía de Pescadores de Sant Pere de Tortosa y Sant Carles de la Ràpita indican una bajada muy importante. De cantidades superiores a los 4.000 kilogramos de angula por campaña en la década de los 70 se pasa a cantidades inferiores a los 1.000 kilogramos en la década

de los 90.

Consideramos que la disminución de las capturas de angula es consecuencia directa de la disminución de las existencias de individuos juveniles. La disminución de las capturas de anguila está también directamente relacionada con esta situación, pero no se debe descartar también la aparición de ciertas problemáticas locales que agravan esta situación, como es la falta de lugares donde la angula pueda desarrollarse. En la cuenca hidrográfica del río Ebro, esta disminución de lugares ha sido significativamente importante con la construcción de las grandes presas que, amén de depositar en sus fondos cantidades importantes de sedimentos (provocando la regresión geomorfológica y el hundimiento por subsidencia del propio Delta) impiden la migración de las angulas aguas arriba del embalse de Flix (Tarragona).

1.1.5. Capturas y comercialización de la angula en el delta del Ebro

En el cuadro 9.1. se indican las capturas de angula realizadas desde la campaña 1994/95 a la 1998/99, los precios correspondientes de lonja así como los precios de venta al público registrados en la zona del delta del Ebro. Así:

Cuadro 9.1. Capturas y precios de angula en el delta del Ebro

Campaña	Capturas (kg)	Precio lonja (PTA)	P.V.P. (PTA)
1994/95	639		
1995/96	689		
1997/98	4.784	16.000	
1998/99	2.879	20.000 - 30.000	78.500 (*)

(*) Precio excepcional en época navideña

En cuanto a las capturas indicadas en el cuadro anterior, faltarían sumar las de las pesqueras que no pasan por las lonjas. Aún así, se pueden considerar muy bajas, sobre todo si se tiene en cuenta que en los años 70 se llegaban a pescar, en una sola campaña, más de 30.000 quilos de angula.

Según datos obtenidos del propio *Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca*, las capturas de angula registradas en toda Cataluña durante el año 1999 fueron de 300 quilogramos y aproximadamente 450.000 unidades.

La importante bajada de las capturas se atribuye al bajo caudal que baja por el Ebro a causa de la sequía y las débiles nevadas acaecidas en

los últimos tiempos (que han configurado, junto con el mayor consumo de agua para los diferentes usos en la cuenca, un régimen claramente descendente de los caudales aportados al tramo final del río)¹, además de la contaminación del agua por los abonos químicos, herbicidas e insecticidas que van a parar a los canales, al revestimiento con hormigón de éstos y a la construcción de embalses. También se vincula la drástica rebaja a la excesiva explotación de esta especie debida a la gran demanda ejercida por parte de los chinos y de los japoneses.

En cuanto al precio, está en función de las capturas que se realicen a lo largo de la campaña. Ahora bien, también depende de la demanda por parte de los países importadores de este pez tanpreciado.

El precio de venta al público registrado en la Navidad de 1999 quedó muy lejos del que se llegó a pagar durante la misma época del año anterior. Esto básicamente es debido a que las exportaciones no empezaron hasta enero del 2000, ya que la China, principal importador de angula del Delta, que la compra para criarla y convertirla en angula, tenía sus viveros a pleno rendimiento.

En el siguiente cuadro se reflejan las capturas de angula efectuadas durante cuatro años (de 1995 a 1998) en Deltebre, que es el municipio del delta del Ebro donde se registra la mayor captura de este pez, así como los precios correspondientes.

Cuadro 9.2. Estadística pesquera de angula en Deltebre del 1995 al 1998

Puerto	- Año 1995 -		
Deltebre	Capturas (kg)	Importe (PTA)	Precio medio (PTA/kg)
	224	2.240.000	10.000
	- Año 1996 -		
	Capturas (kg)	Importe (PTA)	Precio medio (PTA/kg)
	438	5.256.000	12.000
	- Año 1997 -		
	Capturas (kg)	Importe (PTA)	Precio medio (PTA/kg)
	1.286	24.605.038	19.133
	- Año 1998 -		
	Capturas (kg)	Importe (PTA)	Precio medio (PTA/kg)
	1.435	28.059.396	19.554

Fuente: *Estadística i Conjuntura Agrària. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. Generalitat de Catalunya*

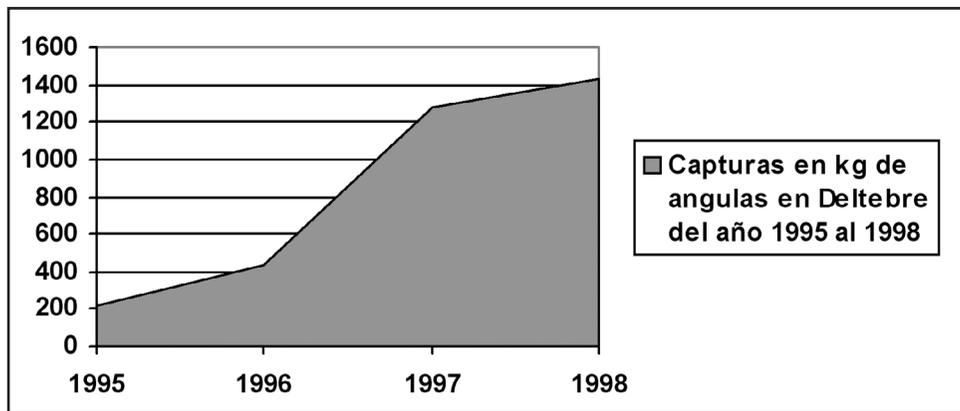


Figura 9.1. Capturas de angulas, en kilogramos, en Deltebre del año 1995 al 1998

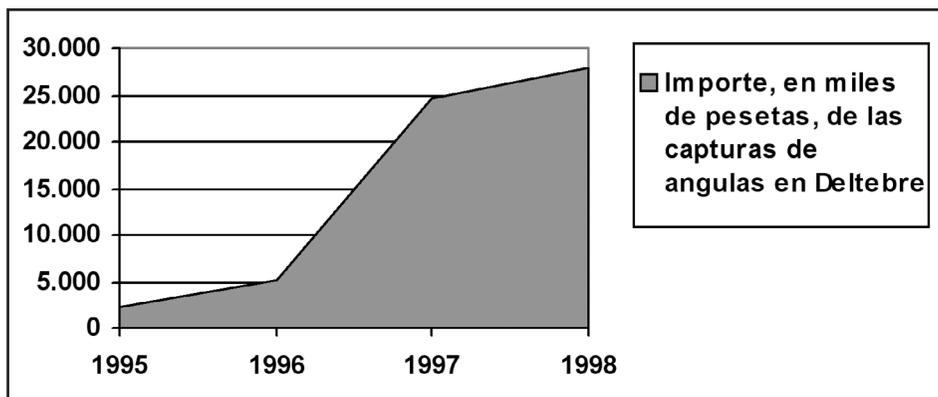


Figura 9.2. Importe, en miles de pesetas, de las capturas de angula realizadas en Deltebre del año 1995 al 1998

1.2. Calidad del agua

La anguila es un pez bastante exigente aunque robusto, y las tasas de carga elevadas, así como los resultados de supervivencia y crecimiento, requieren que sean tenidos muy en cuenta los parámetros fisicoquímicos siguientes:

A) Caracteres físicos:

- Temperatura

Los peces, como la inmensa mayoría de los animales acuáticos, son poiquilotermos o de "sangre fría", es decir, que su temperatura coincide con la del medio, aunque el calor liberado en los diferentes procesos metabólicos hace que la temperatura de sus cuerpos sea ligeramente superior a la del ambiente. Aún así, no afecta su comportamiento termodependiente y, por tanto, sus procesos vitales están marcados por la temperatura exterior.

Hay dos aspectos por los cuales se debe analizar la importancia de la temperatura del agua. El primero, más amplio y de interés eminentemente biológico, es el intervalo de temperatura en que una especie puede vivir normalmente o sobrevivir sin ninguna incidencia en su actividad vital. El otro, más conciso y el cuyo interés se enmarca dentro de la piscicultura, se refiere al intervalo de temperatura donde la especie experimenta un mayor crecimiento.

Las necesidades térmicas de la anguila son elevadas, dado que la alimentación y el crecimiento cesan a los 10-12°C. Se trata, pues, de una piscicultura de agua caliente que requiere temperaturas superiores a los 20°C, con un óptimo de 23 - 28°C.

- La **luz** no debe ser demasiado intensa, dado que la anguila prefiere las zonas semioscuras; de aquí la necesidad de crear refugios sombreados. En las fotografías 1,2 y 3 del anejo II se pueden observar algunas de las medidas a tomar para evitar el exceso de luminosidad en el medio de cultivo, como por ejemplo las mallas de sombreado.

- La **salinidad** puede ser variable, desde el agua dulce (0‰) al agua de mar (36‰), ya que la anguila es una especie con grandes aptitudes osmoreguladoras. No obstante, existe una preferencia de las anguilas por las aguas dulces o poco saladas (salinidad inferior a 3,5 ppt) y de las angulas por aguas de salinidad más elevada, sin que este parámetro sea considerado como primordial en el cultivo.

B) Caracteres químicos:

- El **nivel de oxígeno** necesario es de 3-6 mg/l, aunque la anguila puede soportar, provisionalmente, concentraciones más bajas (mínimo: 2 a 2,5 mg/l); en cambio las concentraciones superiores a 7-8 mg/l pueden ocasionar trastornos. También puede variar el consumo de oxígeno en función de los siguientes parámetros:

- la temperatura (20 mg/kg/h a 12°C y 60 mg/kg/h a 28°C),
- la edad (angulas:13 mg/l, anguilas:3 mg/l),
- la alimentación (el consumo de oxígeno aumenta durante las comidas),
- las manipulaciones en las operaciones de calibración y limpieza de tanques (crean síndrome de estrés al animal).

- El intervalo de **pH** del agua en el cual puede vivir la anguila sin sufrir consecuencias es de 6,5 a 9. Ahora bien, es mejor que el pH sea un poco ácido (6,5), porque de esta manera el amonio del agua, producido por el metabolismo del pez, no le será tan nocivo (Chen, 1976 y Lane, 1978).

- Los **residuos nitrogenados** son tóxicos, aunque la anguila solamente muestra una cierta tolerancia (< 0,5 mg N/l). Pese a que los nitratos presenten una baja toxicidad, el amoníaco, y sobre todo su forma ionizada NH_4^+ , se muestra como muy tóxico y es el causante de interrupciones del crecimiento y de la patología branquial. Los nitritos (NO_2^-), por su parte, provocan anomalías sanguíneas (metehemoglobinemia).

1.3. La alimentación

En el medio natural, durante la migración anádroma, la angula pasa por un periodo de ayuno debido a la oclusión del tracto digestivo (Monein-Langle, 1985). Después de la obertura del tracto digestivo y de la maduración de los sistemas enzimáticos (Monein-Langle, 1985), comienza la actividad trófica (alimentación con presas animales).

Una vez situados en aguas salobres o dulces, los anguilones de color amarillo a verdoso o pardo, inician una intensa actividad alimentaria mediante presas animales muy diversas siguiendo un comportamiento oportunista: crustáceos, copépodos, anfípodos, isópodos y decápodos; larvas de insectos, gasterópodos y pequeños peces (Lecomte-Finiger, 1983).

Cuando la anguila amarilla pasa a ser plateada también experimenta unos cambios relacionados con su alimentación, ya que el tracto digestivo deja de ser funcional e inicia un prolongado ayuno.

En el caso del cultivo de las angulas/anguilas, ya sea extensivo como intensivo, al principio del proceso productivo y después de un prolongado periodo de ayuno, es necesaria una iniciación alimentaria, ya que se produce un desprecio importante del alimento por una parte importante de los anguilones y de las angulas (del 30% al 70%) unido a la poca apetencia del alimento artificial. Es por esa razón que es necesaria una fase de adaptación alimentaria de la angula mediante el suministro de alimentos naturales, como Artemia, Tubifex, mejillones, huevos de pescado, hígado de buey o sardinas. El tiempo de adaptación a la alimentación artificial se puede mejorar añadiendo este tipo de alimentos frescos, para que los peces tengan una mejor adaptación. También existen unos atrayentes químicos que actúan sobre los quimiorreceptores palatinos de las anguilas. Se trata de aminoácidos como la arginina, alanina, glicina, histidina y también nucleótidos como la uridina 5'.

2. CONDICIONANTES LEGALES

2.1. Acuicultura

- Orden de 24 de enero de 1974 para la que se dictan normas sobre ordenación zootécnico-sanitaria de centros de piscicultura instalados en aguas continentales (B.O.E. núm. 27 del 31 de enero de 1974).

- Orden de 21 de septiembre de 1983, por la cual se dictan normas para la pesca de la anguila y de la angula.

- Real Decreto 1.521/1984, del 1 de agosto, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria de los Establecimientos y Productos de la Pesca y de la Acuicultura con Destino al Consumo Humano (B.O.E. núm. 201 del 22 de agosto de 1984), así como por el Real Decreto 645/1989, de 19 de mayo, por el cual se modifica la reglamentación anterior.

- Reglamento (C.E.E.) núm. 4.028/1986 del Consejo de Ministros (18-12-1986) relativo a «Acciones comunitarias para la mejora de las estructuras de la acuicultura».

- Reglamento (C.E.E.) núm. 970/1987 de la Comisión de 26 de marzo de 1987, sobre medidas transitorias y modalidades de aplicación del Reglamento (C.E.E.) núm. 4.028/1986 del Consejo en lo que respecta a las acciones de reestructuración y renovación de la flota pesquera, de desarrollo de la acuicultura y de condicionamiento de la franja costera.

B.O.E. núm. 209 del miércoles 31 de agosto de 1988. Anejo núm. 3: "Calidad exigible a las aguas continentales cuando requieran protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces".

- Directiva 78/659/CEE, relativa a la calidad de las aguas continentales para la vida piscícola, llevada a cabo por la Orden ministerial del 16 de diciembre de 1988 y por el Anejo III del Reglamento de la Administración Pública del Agua.

- Directiva 91/493/CEE del Consejo, del 22 de julio de 1991, por la cual se homologan los centros de expedición de los productos acuícolas.

- Real Decreto 1.437/1992, de 27 de noviembre por el cual se establecen las normas sanitarias aplicables a la producción y comercialización de los productos pesqueros y de la acuicultura.

- Real Decreto 1.488/1994, del 1 de julio por el cual se establecen medidas mínimas de lucha contra determinadas enfermedades de los peces (B.O.E. núm. 227 del jueves 22 de septiembre de 1994).

- Real Decreto 331/1999, de 26 de febrero, de normalización y tipificación de los productos de la pesca y acuicultura, frescos, refrigerados o cocidos.
- Real Decreto 1.193/2000, de 23 de junio, por el que se completa el anejo IV del Real Decreto 1.521/1984, de 1 de agosto, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria de los Establecimientos y Productos de la Pesca y de la Acuicultura con Destino al Consumo Humano. B.O.E. núm. 159 (4 de julio del 2000).

2.2. Medicamentos veterinarios y residuos

- Real Decreto 2.377/1990, y su modificación en marzo de 1997, para regular el uso de antibióticos y desinfectantes en los centros de producción europeos. Así pues, todos aquellos productos terapéuticos para animales de consumo humano que no figuren en la lista I, II o III, o que figuren en la lista IV de este procedimiento, a partir del 1 de enero del 2000 quedaron prohibidos para su uso.
- Reglamento (CE) núm. 2.701/1994 de la Comisión, de 7 de noviembre de 1994, por el cual se modifican los Anejos I, II, III y IV del Reglamento (CEE) núm. 2.377/1990 del Consejo por el que se establece un procedimiento comunitario de fijación de los límites máximos de residuos (LMR) de medicamentos veterinarios en los alimentos de origen animal.
- Real Decreto 109/1995, de 27 de enero, sobre medicamentos veterinarios. B.O.E. núm. 53, de 3 de marzo de 1995.
- Real Decreto (CE) 157/1995, 3 de febrero, que establece las condiciones de preparación, puesta en el mercado y de utilización de los piensos medicamentosos.
- Real Decreto (CE) 1.749/1998 que establece las medidas de control aplicables a determinadas sustancias y a sus residuos en los animales vivos y en sus productos con la finalidad de detectar su presencia en cualquier fase de producción.
- Anejo del Real Decreto (CE) 1.749/1998. Plan de vigilancia para la detección de residuos o de determinadas sustancias relacionadas.
- Real Decreto (CE) 109/1999, 27 de enero, en el cual se regula el uso de medicamentos veterinarios, los mecanismos de evaluación, autorización y registro de medicamentos.

2.3. Política zoonitaria

- Real Decreto 1.437/1992 y Real Decreto 1.840/1997 mediante los cuales se establecen las normativas sanitarias aplicables a la producción y puesta en el mercado de los productos de la pesca y de la acuicultura, así como de las disposiciones relativas a los autocontroles sanitarios de los productos pesqueros.

- Directiva del Consejo 91/67/CEE relativa a las condiciones de policía sanitaria aplicable a la puesta en el mercado de animales y de productos de la acuicultura; modificada por las Directivas del Consejo 93/54, 95/22 y 98/45. Transpuesta al Ordenamiento Jurídico Español mediante el R.D. 1.882/1994, modificado por el R.D. 2.581/1996.

- Directiva del Consejo 93/53/CEE por la cual se establecen medidas comunitarias mínimas de lucha contra determinadas enfermedades de los peces. Se transpone al Ordenamiento Jurídico Español mediante el R.D. 1.488/1994 modificado por el R.D. 138/1997.

- Controles específicos en centros de expedición establecidos en las disposiciones R.D. 571/1999.

2.4. Construcción

- D.O.G.C. núm. 1.422 del 2 de noviembre de 1988. Invernaderos.- Condiciones que han de reunir las construcciones para ser consideradas como invernaderos. Determinación a efectos de su construcción en terrenos calificados de suelo urbanizable no programado y como suelo no urbanizable. (*Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca*).- 25 de octubre de 1988 (Diario Oficial de la *Generalitat* de Catalunya, de 2 de noviembre de 1988).

Normas básicas de la edificación:

- NBE – CPI – 82 sobre condiciones de Protección contra Incendios en los Edificios, según el R.D. 2.059/1981 del 10 de abril y la modificación R.D. 1.587/1982 de 25 de junio.

- Así mismo, le resulta la aplicación el Decreto 322/1987, del Departamento de Gobernación de la *Generalitat* de Catalunya, de 23 de septiembre, de “despliegue de la ley 22/1983, de 21 de noviembre, de PROTECCIÓN DEL AMBIENTE ATMOSFÉRICO” (Diario Oficial de la *Generalitat de Catalunya*, núm. 919, de 25 de noviembre de 1987, pág 4.137).

- Pliego RL-88, «Pliego general de condiciones para la recepción de ladrillos cerámicos».

- Norma NBE-FL-90, «Muros resistentes de fábrica de ladrillo».
- NBE – CPI/91: “Condiciones de protección contra incendios en los edificios” según R.D. 279/1991 del 1 de marzo, y publicada en el B.O.E. núm. 58 de fecha 8 de marzo de 1991. Si bien la disposición que está en vigor actualmente es la NBE – CPI/96: “Condiciones de protección contra incendios en los edificios” según R.D. 2.177/1996 de 4 de octubre y publicada en el B.O.E. núm. 261 de fecha 29 de octubre de 1996.
- NBE - AE/88 «Acciones en la edificación», aprobada por Real Decreto 1.370/1988, del 11 de noviembre, y publicada en el B.O.E. núm. 276 del 17 de noviembre del mismo año, que sustituye a la antigua norma MV-101, así como las Normas Sismorresistentes y demás disposiciones legales que afectan el caso.

2.5. Prescripciones urbanísticas

- Reglamento de Gestión Urbanística de la Ley del Suelo, aprobado por Real Decreto 3.288/1978, de 25 de agosto, y publicado en los BB.OO.EE. núms. 27 de 31 de enero de 1979 y 28 del 1 de febrero del mismo año.
- Decreto 1/90, de 12 de julio, que refunde los textos legales vigentes en Cataluña en materia urbanística, publicado en el D.O.G.C. núm. 1.317, de 13 de julio del mismo año.
- “Ley sobre Régimen del Suelo y Ordenación Urbana” por Real Decreto Legislativo 1/1992, de 26 de junio (publicado en el B.O.E. núm. 156 de 30 de junio del mismo año).
- Ley 6/1998, de 13 de abril, sobre Régimen del Suelo y Valoraciones, publicada en el B.O.E. núm. 89 del 14 de abril del mismo año.

2.6. Industria agraria

- Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas, aprobado por Decreto de la Presidencia del Gobierno 2.414/1961, de 30 de noviembre (B.O.E. del 7 de diciembre del 1961).
- Decreto 833/1975, de 6 de febrero, por el que se desarrolla la ley 38/1972, de 22 de diciembre, de «Protección del ambiente atmosférico».
- Orden de 18 de octubre de 1976 sobre prevención y corrección de la contaminación atmosférica de origen industrial.

- Decreto, del Departamento de Gobernación, 322/1987, de 23 de septiembre, de despliegue de la Ley 22/1983, de 21 de noviembre, de Protección del Ambiente Atmosférico.
- Reglamento general de despliegue de la Ley 3/1998, de 27 de febrero, de la intervención integral de la administración ambiental.

2.7. Vertido de aguas

- Orden de 9 de octubre de 1962 por la cual se aprueban las normas complementarias que regulan la aplicación de la de Obras Públicas de 4 de septiembre de 1959 que reglamentaba el vertido de aguas residuales (B.O.E. núm. 254 del 23 de octubre de 1962).
- Ley 5/1981, de 4 de junio, sobre despliegue legislativo en materia de evacuación y tratamiento de aguas residuales, del D.O.G.C. del 10 de junio de 1981. Real Decreto 849 de 1986 por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
- Decreto 83 de 1996 sobre medidas de regularización de vertidos de aguas residuales.

2.8. Electrotecnia

- Reglamento electrotécnico para Baja Tensión, aprobado por Decreto 2.413/1973 de 20 de septiembre, y las Instrucciones Técnicas Complementarias MI BT 027, que tratan de Instalaciones en locales húmedos. Recientemente, dicha normativa ha sido actualizada mediante el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51, publicadas en el BOE nº: 224 del 18 de septiembre del 2002.

3. CONDICIONANTES DE MERCADO O ECONÓMICOS

El inicio del ciclo de producción de la piscifactoría se encuentra condicionado por la presencia de la angula en el delta del Ebro. Esto sucede desde el mes de octubre al mes de mayo, aproximadamente. La compra de la angula se efectuará a los pescadores de la zona. En el caso de que ésta sea escasa, la angula se podrá adquirir en la Albufera de Valencia, en la cornisa cantábrica o bien en Inglaterra, Francia o Portugal. El peso de la angula, al entrar en la piscifactoría, es de 0,2 a 0,3 gramos por unidad.

La angula, o sea, el alevín de la anguila, es un producto muy apreciado y de elevado precio en el mercado, sobre todo en fechas señaladas como son las navideñas, momento en que aumenta su consumo considerablemente. Cuando el pescado se desarrolla llega al estado de anguila y, aunque es de una carne succulenta y apreciada, su precio en el mercado disminuye de forma notoria. No obstante, el hecho de que a partir de unos cuantos gramos de angulas se obtengan toneladas de anguilas, hace viable la explotación.

La anguila se considera comercial cuando pesa de 120 a 140 gramos, de acuerdo con las preferencias de los consumidores de la zona. Así mismo, en cuanto al gusto europeo, se prefiere la anguila más grande, de unos 150 gramos.

Existen 19 especies de anguila distribuidas por las costas cálidas de todo el mundo: costa este de EUA y Canadá, Europa, Madagascar, Japón, Indonesia, Nueva Zelanda y las Islas Marquesas. Como ya se ha dicho, las especies más importantes, desde el punto de vista comercial y de volumen de producción, son: *Anguilla japonica* (la anguila japonesa), *Anguilla anguilla*, L. (la anguila europea) y *Anguilla rostrata* (la anguila americana). Entre ellas no hay diferencias apreciables.

Los principales consumidores de anguila, a nivel mundial, son Japón y Europa.

En cuanto a las anguilas en el mercado europeo, cada año en Europa se consumen alrededor de 30.000 toneladas, la mayoría de las cuales provienen de la pesca. En orden de consumo nacional se encuentran los alemanes, holandeses, daneses y suecos, y es la anguila ahumada la más apreciada. Los holandeses y los daneses son los que consumen más anguilas por persona, pero la mayor población de Alemania hace que sea el país de mayor consumo en cifras absolutas. En Bélgica, Inglaterra y Italia se consumen cantidades menores, aunque en este último país hay abundante industria para ahumarla.

El mercado europeo presenta unas buenas expectativas, ya que la diferencia actual entre la demanda y la oferta se prevé en unas 12.000 toneladas. Este desajuste indica la apreciación del mercado real; la cantidad correspondiente en el mercado potencial sería mucho más grande.

En cuanto al estado español, la producción de anguilas es de unas 1.000 toneladas/año. El consumo de este pescado es de gran tradición en Galicia, Comunidad Valenciana y sur de Cataluña, donde existen los platos típicos denominados «all i pebre», «xapadillo» y “l'anguila amb suc”. En cualquier caso, la gastronomía derivada se puede consultar como anejo de este mismo libro.

Las producciones de anguila en la zona mediterránea que cita la F.A.O. son de 9.600 toneladas el año 1990, y las previsiones para el 1995 fueron del orden de 12.500 toneladas, cifra ésta que representaba la mitad de previsiones de mugílidos y la tercera parte de lubina y dorada, lo que da una idea de la gran importancia que puede alcanzar su cultivo. En las previsiones efectuadas, destacan Italia con 8.000 toneladas, Grecia con 1.900 y Egipto con 1.350 toneladas.

En resumen, podemos afirmar que en el mercado internacional y especialmente en el europeo, hay una demanda de anguilas capaz de absorber toda la producción que se obtenga, tanto pesquera como piscícola.

En cuanto al precio de venta, viene muy determinado por la pesca. La captura de la anguila depende de la estación, y es más abundante en primavera y más escasa en invierno. Por este motivo, los precios de mercado de la anguila son más bajos (1.100 PTA/kg = 6,61 €/kg) sobre el mes de abril, y más elevados en enero (1.500 PTA/kg = 9,02 €/kg).

Veamos, a continuación, las siguientes estadísticas de producción y consumo a nivel internacional:

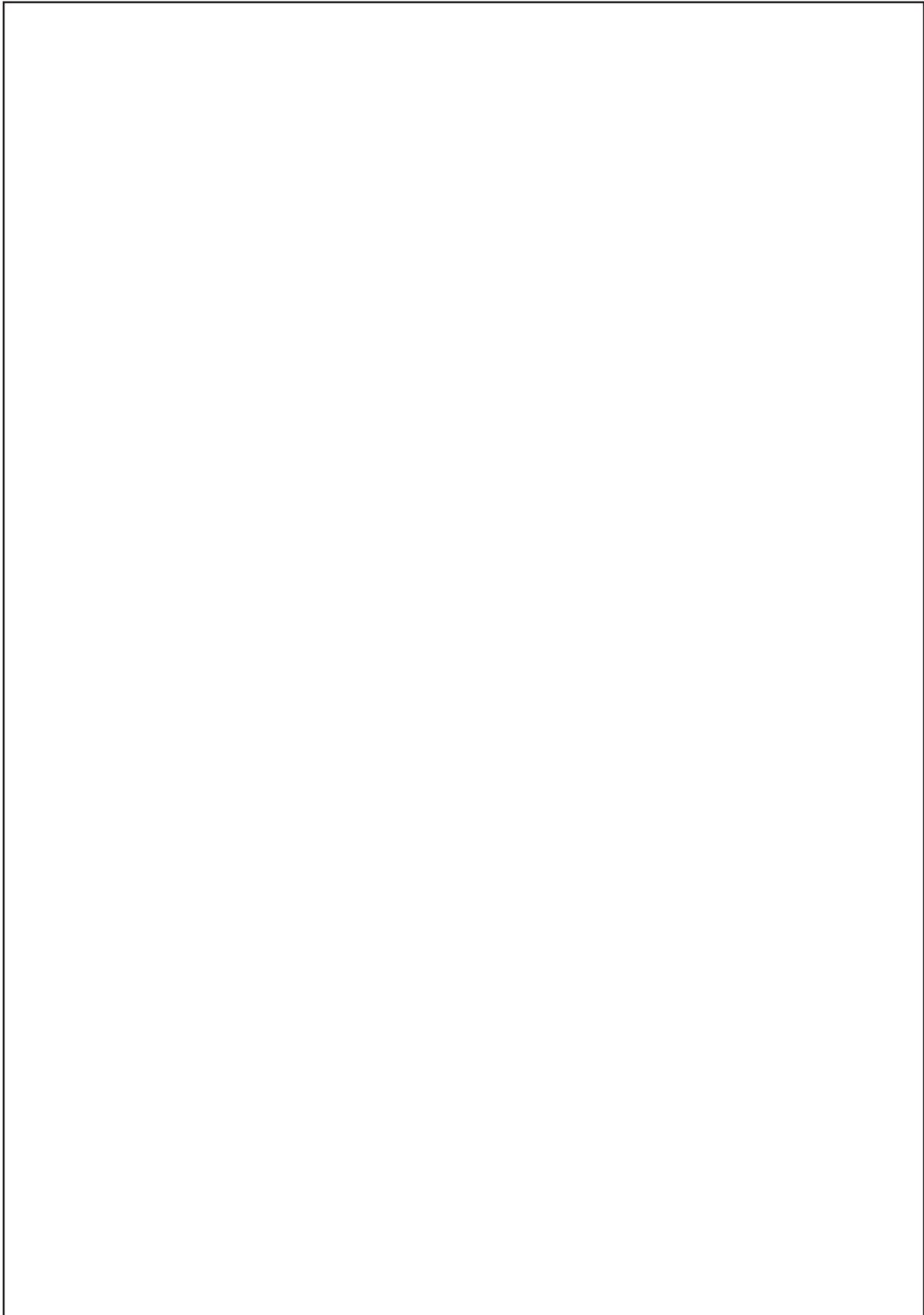
PRODUCTORES	CANTIDAD PRODUCIDA (Tm/AÑO)
Japón	50.000
Taiwan	50.000
China	15.000
Europa	20.000
Otros	10.000
TOTAL	145.000

Fuente: Cavailles y Loste, 1992; Legrand, 1992; EIFAC, 1993

Cuadro 9.4. Producción y consumo de anguilas en Europa

TIPO DE PRODUCCIÓN	CANTIDAD PRODUCIDA (Tm/AÑO)
Pesca	10.000
Extensiva	4.000
Intensiva	6.000
TOTAL	20.000
Importación	10.000
Consumo	30.000

Fuente: Cavailles y Loste, 1992; Legrand, 1992; EIFAC, 1993



CAPÍTULO 10

- DISEÑO DE UNA PISCIFACTORÍA DE ANGUILAS EN RÉGIMEN INTENSIVO -

1. PLAN DE PRODUCCIÓN

1.1. Programa productivo

1.1.1. Producción

La producción de anguilas será de 38.175 quilogramos, aproximadamente, por cada ciclo productivo. El peso medio de cada individuo, al finalizar el ciclo, será de 125 - 130 gramos.

1.1.2. Ciclos productivos

La duración de cada ciclo productivo será de 16 meses. Es por eso que coincidirán las cosechas de los dos ciclos, a partir del segundo año, cada tres años; por otra parte, el resto de años se producirá una cosecha anual.

Si se tiene en cuenta el periodo ya mencionado de captura de la angula en la zona del delta del Ebro, de los meses invernales de octubre a mayo, un ciclo de producción se realizará de mitad de octubre a mitad del mes de febrero, o sea, 16 meses después. El segundo ciclo comenzará a mitad de abril y finalizará en agosto del siguiente año.

Durante el periodo de estancia de la angula, el anguilón y la anguila en la piscifactoría, se pasa por las fases de preengorde y engorde hasta que se alcanza el peso comercial.

1.1.3. Programa

La duración de cada ciclo es de 16 meses, y se efectúan dos anualmente: uno comienza a mitad de octubre y el otro a mitad del mes de mayo.

Primeramente la angula pasa por el periodo de preengorde, con una duración de 5,5 meses; a continuación, por el periodo de engorde-fase 1

durante 5,5 meses, y finalmente 5 meses con el engorde-fase 2.

Durante el ciclo productivo se efectuarán 7 clasificaciones de los individuos de la piscifactoría (ver clasificadoras de anguilas en las fotografías 14 y 15 del anejo II). La periodicidad de las clasificaciones será de 2,5 meses aproximadamente, y se realizarán coincidiendo con el cambio de tanques en función de la fase del ciclo productivo y aproximadamente en la mitad de cada una de las fases del ciclo productivo. Estas clasificaciones son absolutamente necesarias debido al crecimiento poco uniforme de las angulas y anguilas, y pueden haber diferencias notorias entre las angulas de diferentes lotes de llegada.

En el siguiente gráfico se muestra el programa de producción de dos ciclos completos.

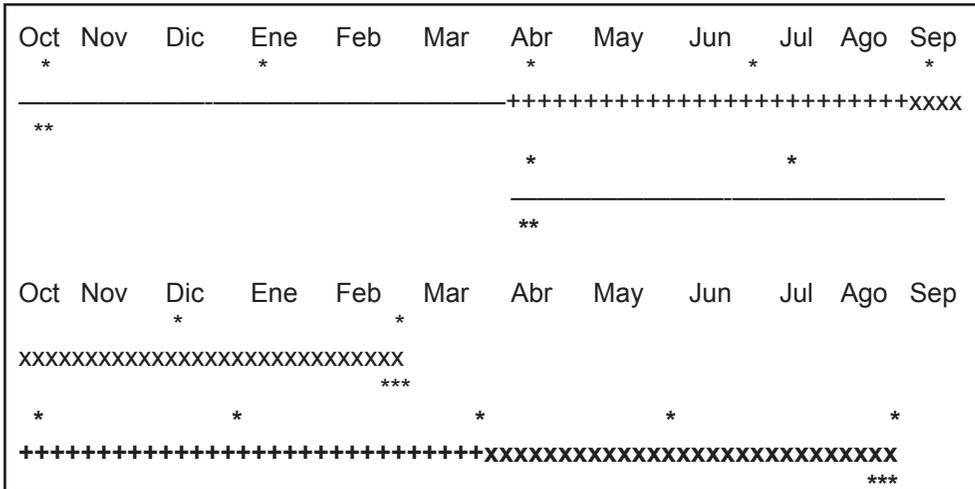


Figura 10.1. Programa de producción de dos ciclos completos de anguila

Leyenda:

- preengorde
- +++++ engorde-fase 1
- xxxxxx engorde-fase 2
- ** entrada de angulas en la piscifactoría
- * clasificación
- *** comercialización de la anguila

1.2. Proceso productivo

1.2.1. Descripción de un ciclo productivo

Se describe, a continuación, el proceso detallado de un ciclo productivo.

El índice de crecimiento de la angula/anguila es del 1,28% peso vivo/día, y es prácticamente constante a lo largo de todo el ciclo productivo, con una ligera tendencia a aumentar. En este sentido, se han tenido en cuenta, para las diferentes fases del ciclo productivo, los siguientes índices de crecimiento indicados en el cuadro 10.1, expresados en % de peso vivo/día, a saber:

Cuadro 10.1. Índice de crecimiento (Ic) de la angula según la fase del ciclo productivo en % de peso vivo/día

Fase del cicloproductivo	Ic (% peso vivo/día)
Preengorde	1,28
Engorde fase 1	1,33
Engorde fase 2	1,34
Fase opcional	1,35

Durante un ciclo productivo completo, tienen lugar las siguientes fases:

1º. Entrada de las angulas en la piscifactoría.

Las angulas, capturadas en las proximidades del delta por los pescadores de la zona, llegan a la piscifactoría dentro de unos tanques de transporte en camiones. Se pesan y se introducen en los tanques destinados al preengorde.

Es necesario establecer medidas de control sanitario y realizar tratamientos con formol o tetraciclinas por inmersión, con el fin de evitar la introducción de gérmenes patógenos y parásitos. También se pueden administrar antibióticos a dosis bajas con el alimento.

El peso de la angula, al entrar en la piscifactoría, es de 0,20 a 0,30 gramos cada una. El peso total que se adquiere a la hora de iniciar el ciclo es de

123 quilogramos, lo que representa aproximadamente unas 492.000 angulas.

2°. Preengorde.

Este periodo del proceso productivo comprende el paso de “angula” a “anguilón”. Los 10 tanques de preengorde tendrán un diámetro de 2 metros y se llenarán de agua hasta una altura de 80 centímetros.

El peso medio de la angula al iniciar la fase de preengorde, como ya hemos visto, se considera de 0,25 gramos.

La densidad de cultivo, al iniciar el preengorde del animal, es de 3,91 kg de angula/m² o bien de 4,89 kg/m³. La alimentación durante esta fase tendrá lugar con huevos de bacalao y pienso compuesto, con una frecuencia de 4 veces al día. El índice de conversión (I.C.) durante esta fase es de 1:1,6.

Se controlarán todos los parámetros necesarios para la consecución de las óptimas condiciones de cultivo. Éstos son los siguientes: temperatura = 25°C, residuos nitrogenados < 0,5 mg N/l, concentración de oxígeno en el agua = 5 mg/l, pH = 6,5, salinidad= 0‰, luz no demasiado intensa.

Esta fase de preengorde finaliza cuando la angula ha pasado a anguilón, o sea, tiene un peso de poco más de 2 gramos, una pigmentación marrón oscura y está muy adaptada a las condiciones del cultivo, y tiene una duración de 5,5 meses.

El peso total de los anguilones, al finalizar el preengorde, es de 640 kg (319.800 anguilones), de unos 2 gramos de peso cada uno. La densidad de cultivo es de 19,8 kg/m² o bien 24,8 kg/m³. La mortalidad durante este periodo se considera del orden del 35%.

En cuanto a la clasificación de los individuos, se realizará una cuando se reciban las angulas en la piscifactoría y se coloquen en los tanques de cultivo, y una segunda clasificación se llevará a efecto al cabo de 2 meses o 75 días.

3°. Engorde

Fase 1: se inicia en tanques de 4 metros de diámetro, con un total, en nuestro caso, de 9 tanques. Se aprovechará el cambio de los anguilones de los tanques de preengorde a los de engorde para realizar una clasificación.

La “densidad de cultivo” o “tasa de carga” en estos tanques al inicio de la fase es de 5,7 kg/m² o bien 7,1 kg/m³ (recordemos que la altura del agua en los tanques es de 80 cm, descontando el resguardo hidráulico).

La mortalidad se considera del orden del 5%.

Cuando finaliza la fase hay una densidad de cultivo de 47,1 kg/m² (58,9 kg/m³) y un peso total de 5.317 kg de anguilas. El peso de cada anguila es de 17-18 gramos, lo que representa un total de 303.810 anguilas.

La alimentación durante esta fase es a la demanda, con pienso compuesto.

Las condiciones de cultivo son las mismas que las citadas en el punto anterior.

La duración de esta fase es de 5,5 meses y se realizará una clasificación de los individuos cuando hayan pasado 2 ó 2,5 meses en esta fase y otra cuando finaliza la fase y se procede a cambiar las anguilas de tanques.

Fase 2: una vez se hayan clasificado las anguilas, se pondrán en el segundo tipo de tanques de engorde, un total de 18 en nuestro proyecto, de 6 metros de diámetro cada uno, con un nivel de agua de 80 centímetros. La densidad inicial de cultivo será de 10,5 kg/m² (13,1 kg/m³) y se finalizará con 75 kg/m² (94 kg/m³), que representa una producción de 38.175 quilogramos de anguilas por ciclo (aproximadamente 300.000 anguilas).

En esta fase la anguila está plenamente adaptada y se intensifica el cultivo, y se prevé obtener un buen rendimiento. Aún así, se considera una mortalidad del 2%.

La alimentación se llevará a cabo con pienso compuesto, a la demanda.

En último lugar, después de haber pasado 5 meses en esta fase, se llega al final del ciclo, cuando la anguila pesa unos 120 gramos, que es el peso comercial para el consumo en fresco en la zona (algo más elevado en otros países europeos).

Se deberá realizar una clasificación de las anguilas el segundo o tercer mes de esta fase. En el caso de que haya en el mercado una demanda interesante de anguila para ahumar, tanto en las diversas zonas españolas como en Italia (principal productor), se mantendrá la anguila un mes más en los tanques de la fase 2 de engorde hasta que pesen 185 - 190 gramos, ya que el peso ideal para ahumar la anguila es de 170 a 200 gramos. Ésta es la que llamamos "fase opcional".

4°. Final del ciclo productivo

Al finalizar el ciclo productivo, las anguilas se sacarán de los tanques de cultivo mediante redes y mallas. Se colocarán en tanques de transporte interno, de fibra de vidrio y poliéster reforzado, junto con hielo. Una vez muertas, las anguilas se pesarán y se pondrán en cajas de embalaje de "porexpan" (poliestireno expandido) con capacidad para 10, 5 y 3 kilogramos de pescado, según su destino.

Al respecto de lo expuesto, puede verse el siguiente diagrama explicativo (figura 10.2) del ciclo productivo de la anguila:

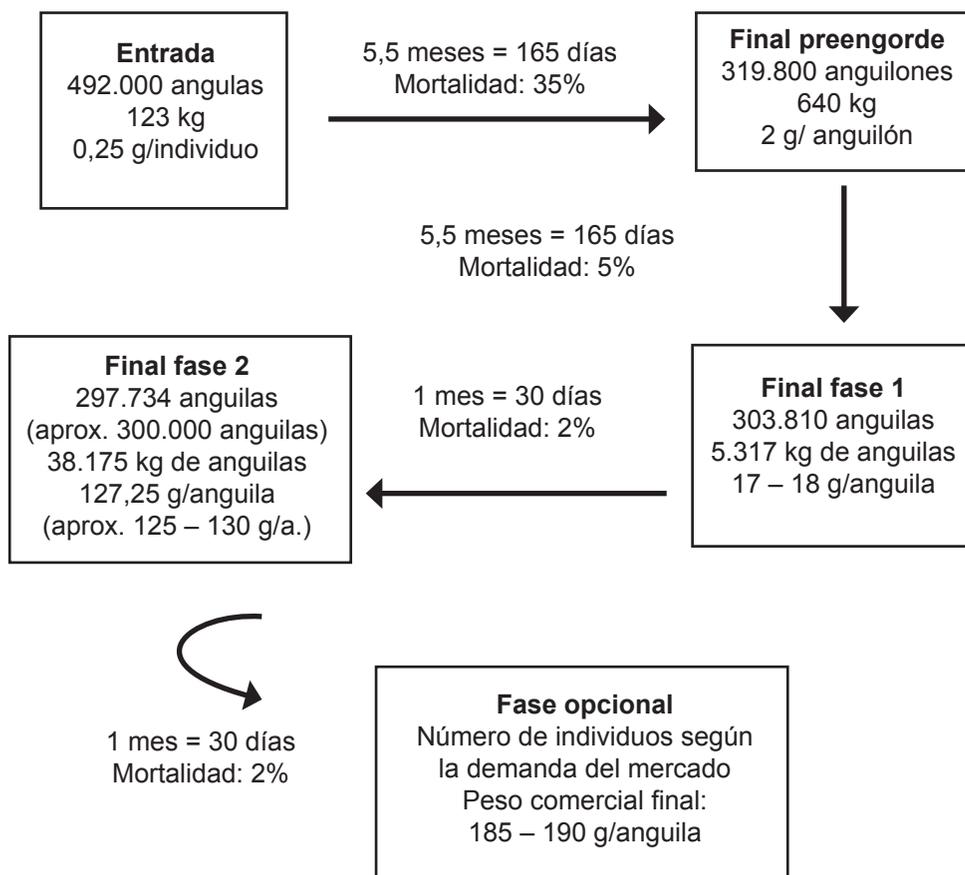


Figura 10.2. Proceso productivo de la angula/anguila (los datos indicados en cada cuadro corresponden al momento de finalizar cada fase)

Para calcular el incremento del peso de la angula, anguilón y anguila en las diferentes fases del ciclo productivo, se ha aplicado la fórmula del interés compuesto, la cual, como es bien sabido, tiene la siguiente expresión:

$$P_f = P_i (1 + lc)^d$$

siendo:

P_f = peso al final de la fase productiva.
 P_i = peso inicial de cada fase productiva.
 lc = índice de crecimiento en tanto por uno de peso vivo/día.
 d = número de días de la fase productiva a partir del primero.

Como aplicación a nuestro caso de dicha ley de crecimiento, tendremos los siguientes pesos al finalizar cada una de las fases del ciclo productivo:

Final preengorde: $P_f = 0,25(1 + 0,0128)^{164} = 2,01 \cong 2$ gramos
 Final fase 1: $P_f = 2(1 + 0,0133)^{164} = 17,46 \cong (17 - 18$ gramos)
 Final fase 2: $P_f = 17,5(1 + 0,0134)^{149} = 127,17 \cong (125 - 130$ gramos)
 Final fase opcional: $P_f = 127,25(1 + 0,0135)^{29} = 187,74 \cong (185 - 190$ gramos)

En el cuadro 10.2 se recogen los datos sobre el intervalo de peso de la anguila según los días y las fases del ciclo productivo.

Cuadro 10.2. Intervalos de peso de la anguila según las fases y días del ciclo productivo

Fases del ciclo	Días del ciclo	Intervalo de peso de la anguila (g)
Preengorde	1 – 165	0,25 – 2
Engorde fase 1	166 – 330	2 – 17,5
Engorde fase 2	331 – 480	17,5 – 127,25
Fase opcional	481 - 510	127,25 – 187,75

1.2.2. Etiquetaje y transporte del producto final

Después del embalaje de las anguilas se procederá al etiquetaje de las cajas que las contienen.

En el mundo actual, con un comercio cada vez más globalizado, la calidad de los productos frescos que el consumidor adquiere ha de poder estar garantizada al máximo. Los productos sin información, sin origen y sin identificación no se consideran de calidad. Los productos con información demostrable y contrastable sí que se consideran de calidad. Hasta ahora se puede afirmar que el pescado fresco se ha vendido a granel, sin conocer, con garantía, su procedencia, su frescor o incluso su especie. Se puede decir que es el único producto alimentario que no tiene carné de identidad y que el consumidor compra sólo confiando en la profesionalidad de quien le vende y/o la propia intuición personal.

Este *modus operandi*, vigente hasta hace poco, tiene, no obstante, los días contados. El MAPA, a través de la Secretaría General de Pesca Marítima, publicó el Real Decreto 331/1999, de 26 de febrero, de normalización y tipificación de los productos de la pesca o de la acuicultura, frescos, refrigerados o cocidos. Este Real Decreto tiene como objetivos garantizar la valoración y certificación de la calidad de los productos de la pesca y la mejora de la transparencia del mercado de la pesca. Esto quiere decir, entre otras cosas: favorecer la comercialización de los productos de la pesca y de la acuicultura, consolidar la confianza del sector y reforzar la seguridad del consumidor.

El Real Decreto en cuestión, que afecta a todos los implicados en las diferentes fases de comercialización de los productos de la pesca y de la acuicultura por todo el territorio español con independencia de su procedencia (del Estado español, de la U.E. o bien importados de terceros países) obliga a que todos los productos lleven una etiqueta, la cual debe acompañar al producto en todas las fases de su comercialización. Dicho distintivo estará presente en el envase de embalaje, en un lugar bien visible y, como mínimo, contendrá las siguientes especificaciones: país de origen, categoría de calibre, categoría de frescor y fecha en que se determina, nombre comercial y científico de la especie, forma de obtención (pesca extractiva, acuicultura), forma de obtención y tratamiento, expedidor, número de registro sanitario y domicilio.

Si el 26 de febrero se fechaba el Real Decreto, su aplicación entraba en vigor a los seis meses de su publicación, o sea, el 18 de septiembre de 1999.

A pesar de esto, su aplicación real comporta una adecuación técnica de las etiquetadoras existentes en las lonjas y, lo que es más importante aún, una mentalización de la conveniencia de los cambios por parte de los productores, comerciantes, importadores y detallistas; en definitiva, de todos los agentes intervinientes en el proceso. Esta labor se ha llevado a cabo en los últimos meses desde el FROM, con la colaboración de las Comunidades Autónomas, mediante cursos organizados en los puertos pesqueros, mayoristas y minoristas.

En el caso de Cataluña, a pesar de que las principales lonjas desde hace tiempo incorporan una etiqueta en cada caja, se han tenido que preparar las etiquetadoras existentes para los nuevos cambios y, a la vez, proporcionar los medios necesarios para etiquetar en las lonjas, con subasta, y que hasta ahora no etiquetaban.

Por consenso de todas las lonjas catalanas, se ha llegado a un acuerdo por el cual las etiquetas que serán emitidas desde los puertos catalanes llevarán una etiqueta unificada en forma y contenido.

De esta manera, y de acuerdo con el espíritu del R.D. expresado, el pescado de las lonjas -cuando llegue a los puntos de venta- podrá ser identificado. Sin duda alguna, esta singularización ha de redundar en una revalorización de los productos y, a la vez, orientar al consumidor en el momento de escoger su compra.

Para asegurar la trayectoria del producto, la etiqueta se debe mantener desde la primera hasta la última venta. Sólo en el último estadio de venta, la etiqueta será substituida por un tablero con el precio de venta y todas las características contenidas en la etiqueta.

Para el transporte y la distribución del producto final se utilizarán vehículos, remolques, contenedores cerrados, isotérmicos o bien refrigerados.

Durante el transporte y hasta la llegada a los puntos de destino, la temperatura en el centro de las piezas será entre 0 y 7°C. Con la finalidad de no sobrepasar esta temperatura, cuando sea necesario, se utilizará hielo, de manera que garantice la conservación del pescado. La cantidad de hielo estará en función de los quilogramos de la especie transportada, de la longitud del recorrido, de la época del año y de la región geográfica.

1.2.3. Limpieza y mantenimiento de los tanques

El periodo de tiempo en que los tanques quedan vacíos se puede aprovechar para hacer un mantenimiento de los mismos y, en caso de que se hayan formado algas abundantes, realizar una limpieza a fondo y subsiguiente desinfección.

2. CONDICIONANTES NATURALES

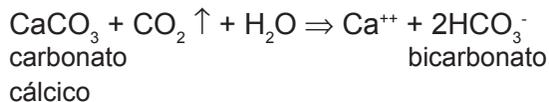
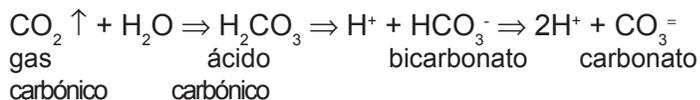
2.1. Temperatura

El intervalo de temperaturas dentro del cual la anguila tiene las mejores condiciones de cultivo se halla comprendido entre los 23 y 28°C. El agua de cultivo se calentará hasta los 28°C para asegurar un buen y rápido crecimiento del pez.

2.2. pH

Aunque la anguila puede vivir con un pH comprendido entre 6,5 y 9,0, es aconsejable mantener un pH neutro o más bien un poco ácido (6'5-7'0): de esta manera se evita la toxicidad por parte del amonio producido por el propio metabolismo de la anguila, como ya se ha dicho en otro apartado de este mismo libro.

Dentro de un circuito cerrado, debe remarcarse una caída progresiva de los niveles de pH. La causa principal es la producción de CO_2 por la respiración de los animales y de las bacterias, así como la oxidación de la materia orgánica. Esta acidificación perjudica la eficacia de la filtración biológica (Saeki, 1958, en Spotten). Mediante la aportación de carbonato de calcio se mantendrá el pH adecuado. Se producen, en fin, las siguientes reacciones químicas:



2.3. Necesidades de oxígeno

2.3.1. Necesidades de oxígeno de la angula/anguila.

Las necesidades en oxígeno dependen de la actividad de la anguila, así como de la temperatura del medio. La anguila es poco exigente de este gas en relación con otros peces. La necesidad mínima es, en general, de 3 mg/l de oxígeno. Así mismo, a dosis menores (1 mg/l) puede sobrevivir algunas horas. La anguila posee una resistencia excepcional para sobrevivir en una atmósfera húmeda. Esta cuestión ha sido estudiada por numerosos biólogos. Byczkowska - Smyk (1958) muestran que la anguila es posible que satisfaga sus necesidades de oxígeno únicamente por las branquias. Es la piel la que cubre el resto de sus necesidades. Así, dentro del agua, (según Berg y Steen, 1965) el 90% de las necesidades son cubiertas por las branquias. En el aire, esta proporción se encuentra alrededor de 1/3, cubriendo la piel los 2/3 restantes. Estas propiedades, en la cría del pez son utilizadas en la manipulación de los diferentes individuos, sobre todo a la hora de realizar las clasificaciones.

La cantidad de oxígeno consumido por parte de las angulas (de 0,25 gramos cada una) es de unos 286 mg/kg/h. El consumo de oxígeno de las anguilas se muestra en el cuadro siguiente 10.3.

Cuadro 10. 3. Consumo, por cabeza y por quilogramo, de oxígeno por parte de las anguilas

Peso corporal de las anguilas (g)	5	10	20	50	100	150	200	300
O₂ consumido por cabeza: mg/h	1,1	1,7	2,9	5,5	8,9	11,8	14,6	19,3
O₂ consumido: mg/kg anguila/h	214	171	143	108	89	78	73	64
O₂ consumido: ml/kg anguila/h	150	120	100	76	62	55	51	45

Fuente: EGUSA 1958 a QUERELLOU 1974

Como se puede observar en el cuadro 10.3, si aumenta el peso de la anguila, el consumo de oxígeno por cabeza también aumenta, cosa que parece bastante lógica. En cambio, por quilogramo de anguila, si aumenta el peso de los individuos disminuye el número de individuos y, por tanto, disminuye también el consumo de oxígeno.

El hecho singular es que los valores del cuadro 10.3 son válidos para las condiciones de vida «normales». Estos valores se pueden doblar, según la digestión del pez.

Además de ser las anguilas las que consumen el oxígeno disuelto en el agua de cultivo, es para la descomposición de la materia orgánica para lo que también es necesario el oxígeno. Esta descomposición puede llevarse a cabo dentro de los tanques de cultivo por parte de los productos de deshecho no evacuados, y sobre todo dentro de los filtros donde se realiza la depuración biológica.

Como se puede comprobar en el cuadro 10.4, a una temperatura del agua de 28°C, el contenido de oxígeno del aire a saturación será de 7,75 mg/l.

En la figura 10.3 se pueden observar las concentraciones en el agua de oxígeno y nitrógeno, puros y del aire, a diferentes presiones, a una temperatura constante del agua de 28°C y salinidad nula.

En la figura 10.4 se muestra la diferente solubilidad que tiene el oxígeno puro y el oxígeno del aire en el agua, a diferentes temperaturas y a una salinidad nula.

La concentración de oxígeno puro cuando el agua tiene 28°C de temperatura es de 36,43 mg O₂/l. Así pues, comparando con la concentración de oxígeno del aire para la misma temperatura del agua, se muestra claramente la mayor efectividad de oxigenar el agua de cultivo con oxígeno puro frente a oxigenarla con oxígeno del aire.

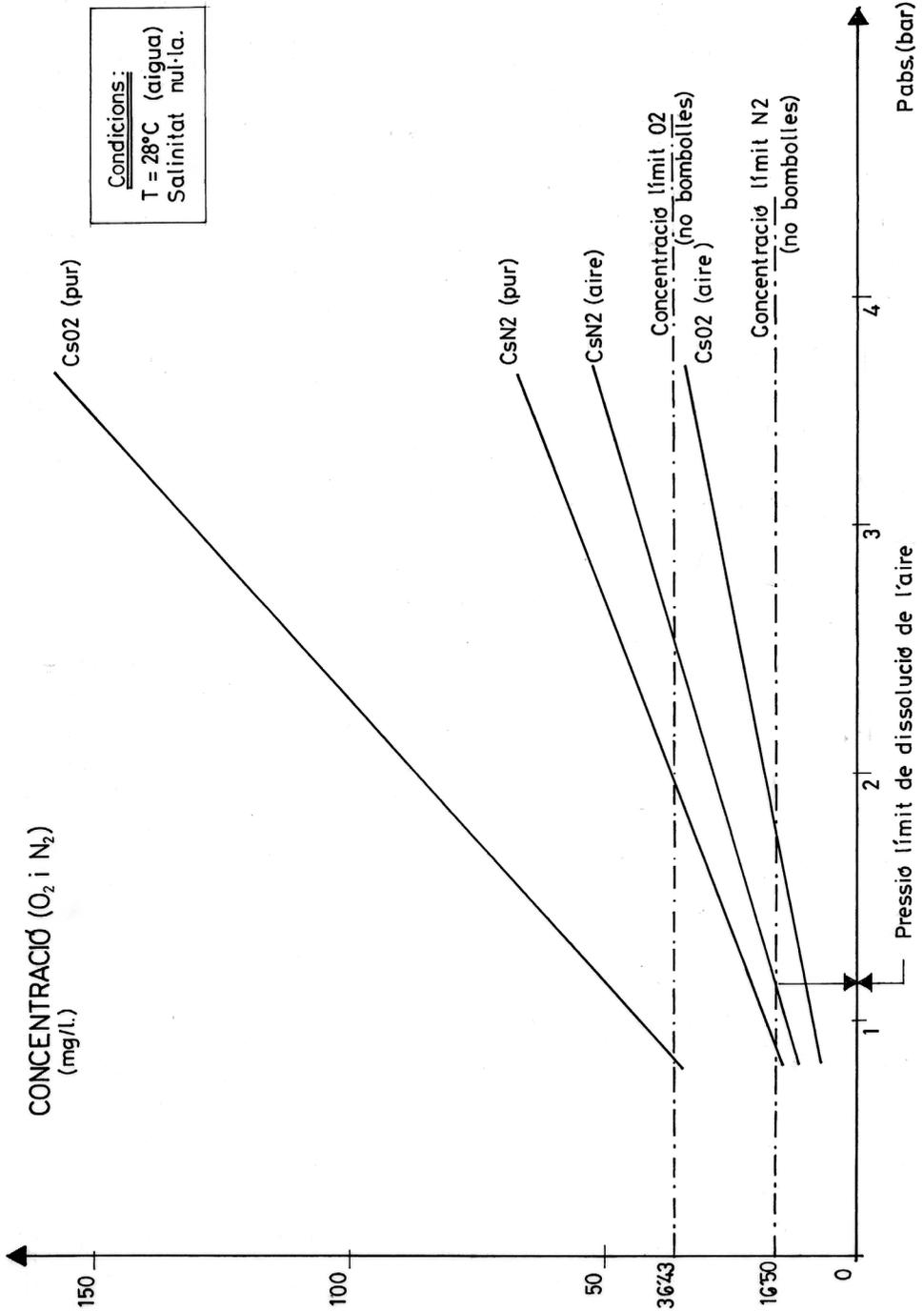


Figura 10.3. Concentraciones en el agua de oxígeno y nitrógeno, puros y del aire, a diferentes presiones, a temperatura de 28°C y salinidad nula. Cortesía de S.E. de Carburos Metálicos, S.A.

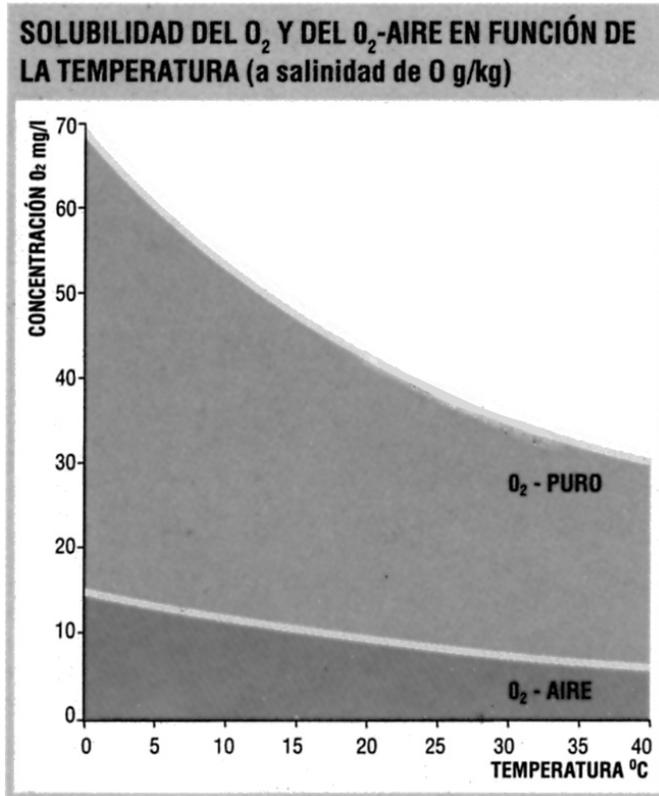


Figura 10.4. Solubilidad del oxígeno puro y del oxígeno del aire en función de la temperatura en agua de una salinidad de 0 g/kg. Cortesía de S.E. de Carburos Metálicos, S.A.

Cuadro 10. 4. Saturación de oxígeno en agua en función de la temperatura, para 1 atm de presión (1 kp./cm²) en una atmósfera saturada de vapor de agua

T (°C)	mg O ₂ /l					
	0,0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
10	10,92	10,87	10,82	10,80	10,77	10,72
11	10,67	10,62	10,57	10,50	10,53	10,48
12	10,43	10,38	10,34	10,31	10,29	10,24
13	10,20	10,15	10,11	10,09	10,06	10,02
14	9,98	9,93	9,89	9,87	9,85	9,81
15	9,76	9,72	9,68	9,66	9,64	9,60
16	9,56	9,52	9,48	9,46	9,45	9,41
17	9,37	9,33	9,30	9,28	9,26	9,22
18	9,18	9,15	9,12	9,10	9,08	9,04
19	9,01	8,98	8,94	8,93	8,91	8,88
20	8,84	8,81	8,78	8,76	8,75	8,71
21	8,68	8,65	8,62	8,61	8,59	8,56
22	8,53	8,50	8,47	8,46	8,44	8,41
23	8,38	8,36	8,33	8,32	8,30	8,27
24	8,25	8,22	8,19	8,18	8,17	8,14
25	8,11	8,09	8,06	8,05	8,04	8,01
26	7,99	7,96	7,94	7,92	7,91	7,89
27	7,86	7,84	7,83	7,81	7,79	7,77
28	7,75	7,72	7,70	7,69	7,68	7,66
29	7,64	7,61	7,59	7,58	7,57	7,55
30	7,53	7,51	7,48	7,47	7,46	7,44
31	7,42	7,40	7,38	7,37	7,36	7,34
32	7,32	7,30	7,28	7,27	7,26	7,24
33	7,22	7,20	7,19	7,18	7,17	7,15
34	7,13	7,11	7,09	7,08	7,07	7,05

Fuente: Truesle, Downing y Lowden. J. Appl. Chem. (1955)

2.3.2. Cálculo de las necesidades de oxígeno

En todo momento, nos referiremos al diseño de la piscifactoría intensiva contemplada en el presente libro. El cálculo de sus elementos y el grafiado de sus instalaciones principales y auxiliares se puede ver a lo largo del desarrollo de los diferentes capítulos de nuestro trabajo, así como en los anejos que lo acompañan.

~ Preengorde: angulas de 0,25 a 2 gramos.
 peso medio total: $(123 + 640)/2 = 382$ kg angulas
 media de consumo de oxígeno: 217 mg/kg h
 consumo de oxígeno: 0,083 kg O₂/h

~ Engorde-Fase 1: anguilas de 2 a 18 gramos
peso medio total: $(5.317 + 640)/2 = 2.979$ kg anguilones
media de consumo de oxígeno: 204 mg O₂/kg h
consumo de oxígeno: 0,608 kg O₂/h

~ Engorde-Fase 2: anguilas de 18 a 130 gramos.
peso medio total: $(5.317 + 38.175)/2 = 21.746$ kg de anguilas
media de consumo de oxígeno: 116 mg O₂/kg h
consumo de oxígeno: 2,523 kg O₂/h

Necesidades de oxígeno en la piscifactoría: 3,21 kg O₂/h

Se debe tener en cuenta el consumo de oxígeno del agua por parte de la depuración biológica, la descomposición orgánica y de las algas. Es por eso que las necesidades de oxígeno se incrementan prudentemente un 8-10% sobre las estrictamente calculadas.

~ Necesidades totales de oxígeno en la piscifactoría: 3,53 kg O₂/hora.

~ Concentración de oxígeno a la salida: el valor mínimo de concentración de oxígeno en el agua de salida de los tanques de cultivo debe ser de 3-4 g O₂/m³. Consideramos la concentración de oxígeno a la salida de $3,5 \times 10^{-6}$ kg O₂/l.

~ Aplicación de oxígeno: la solubilidad a saturación del oxígeno puro en el agua, a una temperatura de 28°C, es de 36,43 mg O₂/l. Ver al respecto la figura 10.4.

Así pues, cada litro de agua contendrá $32,93 \times 10^{-6}$ kg de oxígeno aprovechable para los peces.

~ Caudal: el caudal de agua necesario, para la consecución de una buena oxigenación en la piscifactoría, es del orden de 106 m³/h.

~ Necesidades diarias de oxígeno: el rendimiento del reactor de oxigenación es del 99%, y la densidad del oxígeno licuado es de 0,851 kg/l. Por tanto, es necesario el suministro de 100 l de oxígeno/día.

~ Renovación: para llevar a cabo una buena oxigenación en los tanques de cultivo, se deberá hacer una renovación del agua cada 5 horas (0,2 renovaciones/hora). Durante un día se realizarán 4,5 renovaciones. El volumen de agua total de la piscifactoría es de 550 m³ (550.000 litros).

2.3.3. Otras consideraciones

2.3.3.1.- El problema de las burbujas

Se debe considerar la posible formación de burbujas de gas, fundamentalmente de nitrógeno, por sobresaturación y que pueden causar graves problemas, como ya se ha visto.

La utilización de aire, como agente oxigenador de agua, está limitada a aquellos sistemas y técnicas que no pongan en contacto el agua y el aire a presiones superiores a 0,2-0,3 bares relativos. De la misma manera, la utilización de oxígeno puro nunca podrá provocar burbujas de nitrógeno ni de oxígeno, siempre que no supere la concentración de saturación del oxígeno puro (500% de «sobresaturación» en oxígeno).

En definitiva, el fenómeno de la «burbuja de nitrógeno» puede ser debido a un accidente o imprevisto, o bien al uso inadecuado del aire como agente oxigenante. En los dos casos, el aire ha estado en contacto con el agua a una presión excesivamente alta.

2.4. Alimentación

En el caso concreto del cultivo intensivo de anguilas, al principio del proceso productivo, la alimentación de la angula será a base de huevos de bacalao y de pienso compuesto, y se realizará 4 veces al día mediante alimentadores automáticos de reloj (ver anejo II - fotografías 4 y 5). La proporción será del 10% del peso de la biomasa diariamente, en cuanto a los huevos de bacalao, y del 4% del peso de la biomasa, en lo que se refiere al pienso compuesto, que será en forma de migas de una medida oscilante entre 0,3 y 0,6 mm. Cuando la angula tiene un peso de unos 0,2 - 0,3 gramos, se adapta a la alimentación a voluntad o «ad libitum», por lo cual se aconseja el uso de comederos de autodemanda, razón por la que la angula/anguila consume el alimento en la cantidad que quiere y en el momento deseado, de manera que se produce una mejor digestión. El alimento consiste en pienso extrusionado de un gránulo de 0,5 mm de diámetro hasta que el anguilón pesa 2 gramos. En el anejo II se pueden observar este tipo de comederos en las fotografías 12 y 13.

Durante la primera fase del engorde (de 2 a 17 - 18 gramos), el pez se alimenta con gránulos de 1 a 2 mm, mientras que la fase final del engorde se realiza mediante gránulos de 2 a 3 mm (se aumenta progresivamente) hasta que la anguila llega al peso comercial, que, como es sabido, es del

orden de 125 - 130 gramos.

En la siguiente tabla de alimentación (cuadro 10.5) se puede observar el alimento diario necesario, expresado en porcentaje del peso de la biomasa, en función de la temperatura y del peso corporal de los individuos. Así:

Cuadro 10.5. Tabla de alimentación

Alimentación diaria (% del peso de la biomasa) según la temperatura (°C)						
Peso (g)	25°C	23°C	21°C	19°C	17°C	15°C
0,3-0,8	6,7	5,8	5,1	4,4	3,7	3,1
0,8-2,5	5,9	5,1	4,5	3,8	3,2	2,7
2,5-6,0	5,1	4,4	3,9	3,3	2,7	2,3
6,0-12	4,3	3,8	3,3	2,8	2,3	2,0
12 – 20	3,6	3,2	2,7	2,4	2,0	1,7
20 – 35	3,0	2,6	2,3	2,0	1,7	1,4
35 – 50	2,5	2,2	1,9	1,6	1,4	1,2
50 –130	2,1	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0
130-150	1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	0,9
150-200	1,5	1,3	1,1	0,9	0,7	0,5
200-300	1,0	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4
>300	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4	0,2

2.5. El agua en la piscifactoría

2.5.1. Filtración del cloro

El agua que abastece a la piscifactoría está tratada químicamente con cloro (normalmente, se tratará de hipoclorito sódico o cálcico). Para que este elemento no impida el buen desarrollo de la anguila, que deberá eliminar.

La entrada del agua se hará pasar por un filtro de carbono activo. Este producto tiene una superficie específica muy elevada y, como ya es sabido, es un buen absorbente para el tratamiento de las aguas. Ahora bien, la propiedad para la que resulta más utilizado es la acción catalítica que ejerce sobre la reacción de oxidación del agua con el cloro libre. De esta forma se elimina el cloro del agua.

El filtro de carbono activo está construido en poliéster laminado y dotado de válvulas de bola de entrada y salida, de manómetro de entrada y salida que indican diferencialmente la pérdida de carga que se produce en

él, carga de carbono activo y colectores interiores. Está diseñado para una presión de trabajo de 7 kp/cm² y una eficacia de filtración de 40 m.

2.5.2. Circuito cerrado del agua de la piscifactoría

El cultivo intensivo de la anguila requiere que el agua tenga una temperatura adecuada, unos 20-22°C de mínima y 25-28°C de óptima. De esta manera se estimula el crecimiento del pez. Como el calentamiento del agua, en un sistema de circuito de agua abierto, no es viable económicamente por el gasto energético que supone, se ha optado en nuestro diseño por el calentamiento en un sistema de recirculación (circuito cerrado del agua).

El agua de los tanques de cultivo sufre una renovación cada dos horas, o sea, 0,5 renovaciones/hora.

En la recirculación se realizan los siguientes tratamientos:

1.- Después de salir de los tanques, el agua sufre un proceso de **filtraje mecánico**, en el cual se separan las partículas sólidas en suspensión (excrementos, restos de alimento). Ver fotografía 7 del anejo II.

2.- A continuación, el agua llega al **tanque de reserva**, que tiene una capacidad del 15% del volumen de agua de la piscifactoría. En este tanque se efectúa la aportación del 5% del volumen de agua de la piscifactoría, de agua de abastecimiento de la red general de distribución del polígono industrial donde se encuentre ubicada la piscifactoría, o bien de un pozo propio. Este agua compensa las pérdidas por evaporación, escapes y por eliminación de fangos al filtro mecánico. También tiene un cierto efecto de disminución de la concentración de los productos de desecho resultantes del metabolismo (catabolismo) de la anguila. Además, en la incorporación de este nuevo flujo de agua fresca, se produce una agitación en la superficie libre que favorece la reoxigenación del agua.

Como resultado de las reacciones microbianas que tienen lugar, de la superficie del agua del tanque se desprende dióxido de carbono o anhídrido carbónico (CO₂).

3.- Después de pasar por un grupo electro-bomba, el agua es impulsada hacia el **filtro biológico** para la transformación del amoníaco, producido en el metabolismo de los peces, en nitritos y nitratos, mediante las bacterias del tipo *nitrobáctera* y *nitrosomonas* (ver anejo II – fotografía 8).

4.- Para recuperar el calor perdido en el circuito, el agua pasa por un **intercambiador de calor**, donde se calienta para conseguir la temperatura óptima para el cultivo de la anguila.

5.- A continuación, se pasa el agua por un **reactor de oxígeno** para ser inyectada a saturación y favorecer, de esta manera, el crecimiento de los peces a una carga elevada. Después, el agua, ya con las características fisicoquímicas adecuadas, vuelve hacia los tanques de cultivo y reinicia su ciclo.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS NECESIDADES DE LA PISCIFACTORÍA

3.1. Edificaciones

Construcción clásica

Se realizará un edificio que acogerá la oficina, los vestuarios y los servicios.

También serán de construcción clásica el almacén, laboratorio y la sala de envasado del interior del invernadero.

Se proyecta exteriormente un área para el lavado de vehículos, la balsa de sedimentación y el tanque de reserva.

a) Balsa de sedimentación

El objeto de la sedimentación es el de conseguir que se depositen las partículas que se encuentran en suspensión en el agua procedente de los tanques de cultivo.

La balsa de sedimentación está constituida por un depósito rectangular. Para que se depositen los fangos o partículas en suspensión es preciso que la velocidad ascensional del agua sea inferior a la velocidad de caída de las partículas.

Para lograr un buen proceso de sedimentación se debe asegurar un flujo lo menos turbulento posible pero suficientemente homogéneo; la entrada del agua ha de hacerse progresivamente, de forma que no se creen turbulencias perjudiciales para la sedimentación, al mismo tiempo que se consigue una alimentación uniforme en la zona de sedimentación. También debe haber una recogida homogénea del agua obtenida de la sedimentación.

La superficie de la balsa de sedimentación, según la legislación vigente, ha de tener como mínimo un 10% de la superficie de los tanques. En este caso nuestro, tiene 66,08 m².

El agua procedente de la piscifactoría llega a la balsa de sedimentación, los sólidos que contiene se depositan en el fondo de la balsa y el agua,

libre de sólidos, sobrenada la mezcla y es evacuada por el desagüe hacia la red de aguas negras del polígono industrial.

Los sólidos acumulados en el fondo de la balsa serán retirados periódicamente y utilizados en aplicaciones de abono orgánico en las fincas agrícolas cercanas a la zona, o bien transportados a una planta de compostaje de residuos sólidos urbanos.

b) Tanque de reserva

El tanque de reserva a construir en el interior del invernadero tiene la función de ser un reservorio de agua en caso de falta temporal de suministro. Será el lugar físico donde se realice mayoritariamente la aportación diaria de agua para compensar las pérdidas debidas a la evaporación, escapes y a la eliminación de los fangos del agua de cultivo en el filtro mecánico. Esta aportación debe ser del orden del 5% diario del volumen total de agua de la piscifactoría como media; ahora bien, esta cantidad varía debido a que las pérdidas por evaporación pueden ser más importantes en determinadas épocas del año, especialmente en verano, y es muy difícil calcular la cantidad total de agua evaporada diariamente. Es por eso que se instalará una boya en cada tanque de cultivo, para que siempre se mantenga el mismo nivel de agua.

En el tanque de reserva, con la ayuda del movimiento, se desprende del agua de cultivo el CO_2 que contiene como resultado del metabolismo de los peces.

Además, se pueden instalar sondas para llevar el control de la calidad del agua.

Construcciones prefabricadas

Se construirá un invernadero que albergará las piscinas para el cultivo de la anguila, la maquinaria y las instalaciones para el reciclaje del agua de cultivo. También habrá un laboratorio, un almacén y una sala de envasado de construcción clásica.

a) Laboratorio

El laboratorio es necesario para llevar a cabo una serie de ensayos rutinarios de la piscifactoría. Esto es, control de la calidad del agua (pH, concentración de oxígeno, de amonio y otras sustancias tóxicas para el cultivo, temperatura), control de posibles parásitos y enfermedades de la piscifactoría. Para realizar esta labor, es necesario que el laboratorio esté equipado, como mínimo, con los siguientes elementos: microscopio, lupa binocular, balanza de precisión, pH-metro, medidor de oxígeno disuelto, termómetro, vidrios de ensayo, placas de Petri, bisturí, pinzas y pequeño frigorífico. El laboratorio también contará con un ordenador con impresora para la intro-

ducción de datos de la piscifactoría, su tratamiento y seguimiento a tiempo real mediante sensores, sondas y teleproceso.

b) Almacén

En cuanto al almacén, permitirá el almacenamiento del pienso necesario, clasificadora de anguilas según la talla, redes y mallas para la captura de las angulas/anguilas, tanques de transporte interno y otro material. También se encontrarán las herramientas requeridas para las diversas actividades de mantenimiento y reparación propias de este tipo de instalaciones acuícolas.

c) Sala de envasado

La sala de envasado, que se halla contigua al almacén, está destinada al envasado de las anguilas, una vez finalizado el proceso productivo, en cajas de "porexpan", para su expedición y distribución comercial.

3.2. Instalaciones

3.2.1. Tanques de cultivo

La piscifactoría constará de un total de 9 tanques de 2 metros de diámetro, 10 tanques de 4 metros de diámetro y 18 tanques de 6 metros de diámetro.

Cada tanque tiene un desagüe central, un rebosadero, un desagüe con filtro para el agua para reciclar, un comedero, una tubería de entrada de agua y una boya para que se mantenga un nivel constante del agua en el interior del tanque de 80 cm.

Los tanques serán de fibra de vidrio y se colocarán sobre un soporte metálico con cuatro patas.

3.2.2. Instalación hidráulica

La necesidad de la instalación hidráulica viene dada por la necesidad de abastecer de agua a los tanques de cultivo al inicio del proceso productivo y durante el proceso de cultivo, con una aportación de agua aproximadamente del 5% diario respecto al total del volumen de agua de la piscifactoría; se instalará, al respecto, una serie de tuberías en la piscifactoría que permitirán el abastecimiento de agua reciclada a los tanques de cultivo, el desagüe hacia la balsa de sedimentación y el desagüe para el reciclaje del agua de cultivo. También se instalará un sistema mecánico dotado de una boya en cada tan-

que de cultivo para que siempre se mantenga el mismo nivel de agua.

Es necesario también el abastecimiento de agua a los servicios y vestuarios del personal trabajador, al laboratorio, a la pila de limpieza del invernadero, a la manguera de agua a presión para la limpieza de vehículos en la zona del patio destinada a tal efecto y para la limpieza de los tanques de cultivo, y, en última instancia, para el sistema de riego localizado de alta frecuencia (mediante microaspersión, exudación y/o goteo) en la zona ajardinada de la parcela. Habrá también una toma de agua al lado del depósito de oxígeno.

3.2.3. Instalación del gas natural

Es necesaria la provisión de gas natural para abastecer la caldera para calentar el agua con este combustible.

La parcela se beneficia de suministro de gas natural, ya que en el polígono industrial escogido existe la instalación de una red de abastecimiento de este combustible. En el caso de ubicaciones donde no se disponga fácilmente de este gas, se puede sustituir por GLP (propano o butano) así como combustibles líquidos (fuel-oil o gas-oil).

3.2.4. Instalación eléctrica

Es necesario un alumbrado completo en el interior del invernadero, laboratorio, almacén y sala de envasado. Se proyectará la pertinente instalación eléctrica en el edificio de oficinas, vestuarios y servicios. Se realizará, así mismo, una red de alumbrado exterior para toda la parcela.

Será necesaria una fuerza motriz para la alimentación de las electrobombas que mueven el agua de la piscifactoría, las de la caldera, para el motor del tambor del filtro mecánico y el enchufe de fuerza cerca del depósito de oxígeno (por exigencia de la compañía suministradora, a título de alquiler de la instalación). También será necesaria para el accionamiento de los motores del cepillo de limpieza del filtro de desagüe de cada tanque.

En la piscifactoría se instalarán una serie de enchufes o acometidas para el funcionamiento de toda la maquinaria prevista, con su correspondiente toma de tierra y elementos de protección.

3.2.5. Instalación para la oxigenación del agua

Para oxigenar el agua de cultivo de la piscifactoría en el proceso de reciclaje, es necesario instalar un depósito de oxígeno en forma líquida y un gasificador o evaporador ambiental (ver el anejo II – fotografía 10). El oxígeno se conducirá al reactor de oxigenación, donde se mezclará con el agua, mediante un tubo de acero inoxidable de una pulgada de diámetro (1 pulgada = 2,54 cm).

El depósito y el evaporador se situarán al lado del invernadero sobre una bancada de 4 m x 5 m, y 10 cm de altura. Cerca del depósito, como ya se ha mencionado anteriormente, se instalarán una toma de agua y un enchufe de fuerza. Todo este conjunto estará cerrado con una cerca metálica a base de postes de acero galvanizado electrolíticamente y enrejado de triple torsión y la correspondiente puerta de acceso.

3.2.6. Sistemas de control, automatización e informática

Una de las grandes ventajas del sistema de cultivo intensivo es la superficie relativamente pequeña que exige. Su medida permite la instalación de dispositivos de automatización y su posterior gestión mediante sistemas informáticos. La aplicación de la automatización y la informática en el presente cultivo intensivo en invernadero aporta un mayor nivel de control de la sanidad de los peces, de la calidad del agua y redundante en el logro de menos costes de explotación y mano de obra.

Los parámetros a controlar, para una buena calidad del agua, son: oxígeno disuelto, pH, temperatura y amonio.

La medida de los mencionados parámetros se realizará mediante toda una serie de sondas colocadas en cada una de las piscinas de cultivo, conectadas al mismo tiempo a un centro de control.

1) Oxígeno disuelto

La falta de oxígeno disuelto en el agua de los tanques puede provocar un retraso en el crecimiento de las anguilas e incluso su muerte. Deben mantenerse, pues, unos niveles próximos a la saturación de oxígeno en el agua.

El monitor de oxígeno disuelto tiene la función de medir continuamente el nivel de oxígeno disuelto en el agua de las piscinas. El monitor tiene una salida que puede ir conectada a un sistema de alarma.

2) pH

Los niveles adecuados de pH, como se ha visto, están comprendidos entre 6,5 – 7,0. Estos valores no deben aumentar demasiado para evitar problemas de toxicidad del amonio.

Cada tanque estará dotado de una sonda para la continua medida del pH, y también puede estar conectada a un sistema de alarma visual y acústica.

3) Amonio

Los niveles elevados de amonio en el agua de cultivo son nocivos para la anguila. El amonio, que es un producto resultante del metabolismo de los peces, es más tóxico si se combina con un pH y temperatura elevados. Por eso es necesario un muestreo continuo del amonio y relacionarlo con los parámetros de temperatura y pH.

Los tanques de cultivo tendrán un monitor por el cual un sensor mide el contenido de amonio en el agua de cultivo. También puede ir conectado a un sistema de alarma.

4) Temperatura

La temperatura del agua es importante para el logro de una buena tasa de crecimiento de la anguila, siendo la óptima de 25 a 28°C. Se debe tener en cuenta que la capacidad del agua para retener oxígeno disuelto disminuye al aumentar la temperatura. Por eso se deben relacionar todos los parámetros y llevar un control exhaustivo de éstos. Una sonda adecuada instalada en los tanques permitirá una medida continuada y una buena gestión.

El procesado de los datos se realizará, según los datos acumulados, mediante las sondas antes mencionadas. Todos los datos serán grabados en un procesador central que está conectado a dispositivos de control, como son las alarmas.

Los datos acumulados son transmitidos a un ordenador y almacenados en una «base de datos». Esta base de datos permitirá el posterior análisis e integración de los parámetros correspondientes a la calidad del agua y datos de crecimiento. Todo esto permitirá una gestión eficaz de los factores técnicos y económicos de la piscifactoría.

3.3. Maquinaria y equipo para el reciclaje

La maquinaria y el equipo de reciclaje del agua que se necesitan en la piscifactoría son los siguientes (ver el anejo II – fotografías 7, 8, 10, 14 y 15):

- filtro mecánico para la separación de los residuos sólidos del agua de cul-

tivo, e iniciar así el proceso de reciclaje del agua.

- bomba de agua para la recogida del agua del tanque de reserva e impulsarla para el reciclaje y hacia los tanques de cultivo.
- filtro biológico, constituido de arena compactada con bacterias que transforman el amonio (producto tóxico para la anguila, que es resultado de su metabolismo) en sustancias no nocivas.
- caldera a gas natural o gases licuados derivados del petróleo, con intercambiador de calor de placas. También es necesaria la instalación de un tanque de inercia como reserva de agua caliente para el intercambiador de calor.
- reactor de oxígeno para inyectar oxígeno en el agua a saturación.
- caudalímetros, rotámetros, contadores, electroválvulas, ventosas, válvulas de presión y reguladoras a lo largo de la instalación hidráulica.
- máquina clasificadora de anguilas por tallas.
- máquina de agua caliente a presión para la limpieza de los tanques de cultivo.

3.4. Personal técnico y mano de obra

El personal de la piscifactoría estará constituido por:

- un gerente, el cual llevará a cabo la gestión administrativa y comercial.
- un técnico facultativo universitario competente (biólogo, veterinario, ingeniero superior, ingeniero técnico, etc) el cual realizará la dirección técnica para llevar a cabo el proceso productivo de la piscifactoría. Se encargará de los análisis en el laboratorio y del procesamiento y gestión de los datos de cultivo recogidos en la piscifactoría.
- un auxiliar administrativo.
- dos técnicos en acuicultura.
- durante la fase de finalización del proceso productivo, en que se han de limpiar las piscinas, clasificar y envasar las anguilas, se contratarán dos trabajadores o peones eventuales.

CAPÍTULO 11

- OBJETO, CONDICIONANTES Y NECESIDADES DEL PROYECTO -

1. OBJETIVO

Como ya hemos anunciado, se tratará en los capítulos siguientes del diseño de una piscifactoría industrial y de sus instalaciones auxiliares para el cultivo intensivo de anguilas y con un sistema de reciclaje del agua de cultivo para su recirculación en la propia piscifactoría. La materia prima será la angula (el alevín de 0,20 - 0,30 gramos), a partir de la cual se obtendrá la anguila, con un peso comercial de 125 - 130 gramos. Este proceso tendrá una duración temporal de 16 meses.

2. MOTIVACIÓN

2.1. Piscifactoría

Con el proyecto que presentamos, se pretende la consecución de los siguientes objetivos:

- incrementar la producción de proteína de origen acuícola para abastecer la demanda de la población, que es creciente.
- reducir el exceso de capturas que ponen en peligro la fauna acuática.
- aprovechar la situación privilegiada de la zona, orografía, clima e hidrografía.

2.2. Especie

La anguila posee las siguientes características para su explotación:

- rusticidad, buena adaptación al cultivo en cautividad, no exige una concentración elevada de oxígeno en el agua.
- facilidad para conseguir la materia prima, dado que la angula emigra a las costas del delta del Ebro y a otras áreas españolas.- demanda creciente de anguila, tanto en Europa como en el estado español, que prevé un desajuste

oferta/demanda de 12.000 Tm/año para las próximas campañas.

- diferentes presentaciones atractivas del producto con las cuales aparece en el mercado: seca, ahumada, congelada, fresca.

3. CONDICIONANTES NATURALES

- Se depende de las reservas naturales de angulas, frente a la imposibilidad de la reproducción en cautividad.
- Calidad del agua:
 - temperatura óptima: 23 - 28°C.
 - salinidad: 0‰ - 36‰.
 - nivel de oxígeno en el agua: 3 - 6 mg/l.
 - pH: 6,5 a 9.
 - residuos nitrogenados: < 0,5 mg N/l.
- Adaptación alimentaria.
- Preferencia por una baja intensidad de luz.
- Fases de crecimiento: angula/anguilón/anguila.
- Necesidad de hacer calibraciones selectivas periódicas.

4. CONDICIONANTES DE MERCADO

- Peso comercial en las zonas españolas: 125 - 130 g/anguila.
- Peso comercial en los países del norte de Europa: 190 g/anguila.
- Producción en el Estado español: 1.000 Tm/año.
- Producción en Europa: 20.000 Tm/año.
- Se prevé un desajuste oferta/demanda durante el año 2002 y sucesivos de 12.000 Tm.

5. CONDICIONANTES DEL PROMOTOR

- 1) La piscifactoría realizará el preengorde de la angula y el engorde de la anguila.
- 2) Producción de anguila europea (*Anguilla anguilla*) de 125 - 130 gramos de peso para el mercado de la zona y de 190 gramos si el destinatario es el mercado europeo y/o para ahumar.

- 3) La piscifactoría se debe ubicar en una zona donde se pueda abastecer fácilmente de agua dulce.

6. ELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

6.1. Macroalternativas

- Especie: anguila.
- Tipo de explotación: intensiva.

Este tipo de explotación conlleva un aumento de la densidad de peces en los tanques de cultivo, respecto a la explotación extensiva, aprovechando al máximo el medio y reduciendo los costes de la instalación. Ahora bien, esto exige:

- mayores caudales de agua.
 - oxigenación artificial del agua.
 - un control riguroso del medio (parámetros de calidad del agua).
- Especialización de la explotación: *nursery* (adaptación de los alevines al cultivo intensivo) y engorde.
- Situación de la explotación: la piscifactoría se ubicará en un polígono industrial de la comarca del Bajo Ebro, sito en el término municipal de Tortosa (Tarragona), donde se garantiza el abastecimiento de agua dulce, tanto en cantidad como en calidad. También dispone de la infraestructura de recogida de aguas residuales, a la que el agua resultante del proceso de producción debe llegar debidamente pretratada, según la normativa vigente del propio polígono. Este aspecto ya ha sido tratado en el capítulo correspondiente del presente libro.

Los accesos son favorables a través de carretera y hay buena comunicación con la autopista y la red ferroviaria. La situación de la explotación está próxima a importantes centros de comercialización y consumo como Barcelona y Valencia, además del propio delta del Ebro, zona donde se obtiene la materia prima necesaria para el funcionamiento de la piscifactoría en cantidades importantes.

6.2. Microalternativas

- Etapas de cultivo: preengorde y engorde.
- Depósitos: tanques circulares, de fibra de vidrio, de diámetros 2, 4 y 6 metros, en función de la fase productiva. La altura del agua en el interior del tanque de cultivo será de 0,80 metros.

- Alimentación: mixta (utilizando alimentos naturales y pienso compuesto extrusionado) al inicio del proceso y con pienso compuesto extrusionado el resto del ciclo productivo.

- Sistema de instalaciones hidráulicas: circuito cerrado (con recirculación del agua).

- Ventajas. Este sistema se basa en la reutilización del agua de cultivo, y sólo es necesario calentar el agua que se introduce en el medio para compensar las pérdidas por evaporación y por eliminación de fangos, que representan aproximadamente un 5% del volumen total del agua de la piscifactoría. Esto representa un ahorro de agua y energético muy importante.

- Inconvenientes. Este sistema requiere la realización de diversas operaciones, algunas de ellas costosas: filtración mecánica, filtración biológica y oxigenación del agua. También son necesarias motobombas centrifugas y sistemas de control por teleproceso de los parámetros de calidad del agua de cultivo.

- Calentamiento del agua: se efectúa mediante caldera con intercambiador de calor, de gas natural o bien GLP (propano o butano).

7. PROCESO PRODUCTIVO

7.1. Introducción

El índice de crecimiento del pez se mantiene prácticamente constante a lo largo de todo el proceso productivo. Durante el preengorde es de 1,28% peso vivo/día, en el engorde-fase 1 es de 1,33 y en el engorde-fase 2 de 1,34% peso vivo/día.

La duración de un ciclo productivo es de 16 meses, siendo el producto final la anguila de 125 - 130 gramos/pieza.

7.2. Preengorde

Consiste en el paso de angula (0,25 g/individuo) a anguilón (2 g/individuo).

Tanques de cultivo: 2 metros de diámetro.

Peso inicial: 123 kg Densidad inicial: 3,91 kg/m² ó 4,89 kg/m³

Peso final: 640 kg Densidad final: 19,80 kg/m² ó 24,80 kg/m³

Tasa de mortalidad: 35% Duración de la fase: 5,5 meses

Alimentación: los 10 primeros días con huevos de bacalao y pienso compuesto, de forma dosificada, y después pienso compuesto a la demanda.

Clasificaciones: al inicio de la fase y a los 2 meses o bien a los 75 días.

7.3. Engorde - Fase 1

Consiste en pasar de anguilones de 2 g a anguilas de 17 - 18 g.

Tanques de cultivo: 4 metros de diámetro.

Peso inicial: 640 kg Densidad inicial: 5,70 kg/m² ó 7,10 kg/m³

Peso final: 5.317 kg Densidad final: 47,10 kg/m² ó 58,90 kg/m³

Tasa de mortalidad: 5% Duración de la fase: 5 meses

Alimentación: a la demanda con pienso compuesto.

Clasificación: al inicio de la fase y a la mitad de la fase productiva.

7.4. Engorde - Fase 2

Consiste en el paso de anguila de 17 - 18 gramos a anguila de 125 - 130 gramos (peso comercial).

Tanques de cultivo: 6 metros de diámetro.

Peso inicial: 5.317 kg Densidad inicial: 10,50 kg/m² ó 13,10 kg/m³

Peso final: 38.175 kg Densidad final: 75 kg/m² ó 94 kg/m³

Tasa de mortalidad: 2% Duración de la fase: 5,5 meses

Alimentación: pienso compuesto a la demanda.

Clasificaciones: al principio de la fase y a la mitad.

8. PRODUCCIÓN

Año 1: 0 kg

Año 2: 76.350 kg

Año 3: 38.175 kg

Año 4: 38.175 kg

El año 2 se obtiene la producción de dos ciclos, mientras que el año 3 y 4 se obtienen la de un solo ciclo.

Las producciones siguen un ciclo de tres años. Así pues, el 5º año se obtendrá la misma producción que el 2º, y así sucesivamente.

El precio medio de venta estimado es de 7'21 euros/kg (1.200 PTA/kg) de pescado fresco.

9. NECESIDADES DEL PROYECTO

9.1. Invernadero

Está formado por 4 módulos de 8 metros de anchura o luz máxima en forma de pórtico semielíptico, y 52 metros de longitud (Superficie = 1.664 m²). La cubierta será de polietileno térmico y la estructura a base de tubulares de acero galvanizado electrolíticamente, con su cimentación correspondiente.

En su interior se ubicará la explotación piscícola propiamente dicha, con:

- los tanques de cultivo.
- maquinaria y equipo de reciclaje del agua.
- instalación hidráulica requerida, tanto para el abastecimiento de agua a los tanques de cultivo como para el desagüe.
- tanque de reserva: donde se reserva el agua para la piscifactoría y donde se aporta la reposición diaria del agua perdida mediante la evaporación y

por la eliminación de los fangos.

- instalación eléctrica para el alumbrado y fuerza motriz.
- instalación de sondas, sensores y alarma para el control por teleproceso de los parámetros de cultivo.
- instalación de gas natural o GLP (propano o butano) para la caldera.
- también se ubicará: el laboratorio, almacén y sala de envasado.

9.2. Balsa de sedimentación

Se prevé para separar las partículas sólidas en suspensión por sedimentación del agua proveniente de la piscifactoría. De esta manera se evita el vertido de contaminantes al cauce público o red general de alcantarillado.

9.3. Edificio de oficinas y servicios

Constará de despachos, recepción - administración, archivo, vestuarios y servicios para el personal y sala para la limpieza. Su detalle se puede ver en los planos adjuntos (anexo I – planos 10 y 11).

9.4. Urbanización

Constará de los siguientes elementos:

- una pavimentación de aglomerado asfáltico, con su correspondiente señalización horizontal y vertical.
- acera, bordillo y rigolas alrededor del invernadero y del edificio de oficinas y servicios y en el acceso a la parcela.
red de evacuación de aguas pluviales y residuales de la piscifactoría.
- zona de aparcamientos para camiones.
- marquesina para el aparcamiento de vehículos (automóviles y motocicletas).
- zona ajardinada.
- zona de limpieza de los vehículos.
- vado sanitario en el acceso de la parcela.

- iluminación con báculos y focos.
- cerca principal, secundaria y accesos.

Ver anejo I – plano 1.

10. PRESUPUESTO / INVERSIÓN

Presupuesto de las obras, bienes y servicios: 449.769'12 euros (74.835.286 PTA). Según se puede ver con todo detalle y especificación en el posterior capítulo 16 de nuestro libro.

Solar: 239.723'05 euros (39.886.560 PTA).

Inversión total: 689.492'17 euros (114.721.846 PTA).

CAPÍTULO 12

- INGENIERÍA DE PROYECTO -

1. INTRODUCCIÓN

Se consideran como edificaciones proyectadas: el invernadero, laboratorio, almacén, sala de envasado y edificio de oficinas, vestuarios y servicios. También se deben considerar, en este apartado, la balsa de sedimentación y el tanque de reserva. Veámoslos ahora separadamente.

2. INVERNADERO

2.1. Orientación

La orientación del invernadero será NW-SE. Esta orientación intermedia hace que el invernadero se beneficie de la luz solar por la mañana y al mediodía, que la luz recibida sea uniforme a lo largo de todo el invernadero y que no haya mucha diferencia de luz recibida en el invernadero a lo largo del año.

2.2. Cimientos

Se realizará una zapata para cada pilar interior. Ésta será circular, de 60 centímetros de diámetro. Se llevará a cabo sobre una capa de hormigón de limpieza (pobre o magro) en masa HM - 20, de 10 cm de altura, con una dosificación de 150 kg./m³ de cemento Portland artificial P-350. La zapata tendrá una profundidad total de 130 cm. Se le colocará una pieza metálica en forma de U de 110 cm de longitud. También se pondrá una placa de anclaje del pilar de 35 × 25 × 1,2 cm (ver detalle anejo I - plano 2). La distancia entre los pilares interiores será de 4 metros. La distancia entre los pilares perimetrales será de 2 m. Esta diferencia se debe a que la acción del viento produce en los laterales un momento de vuelco mucho más grande.

El interior del invernadero irá pavimentado con una capa de 10 cm de grosor de hormigón HA-25 con malla electrosoldada, sobre una capa de pedraplenado y/o escorias de 20 centímetros de grava, debidamente mojada y compactada.

La acera, de 115 cm de anchura, tendrá una cimentación en el extremo de 25 x 25 cm, y a lo ancho de la acera una capa de 7 cm de hormigón en masa HM - 20 sobre otra de grava.

Se instalará un saneamiento horizontal que recogerá las aguas de lluvia de los bajantes del invernadero, que desembocarán en una serie de arquetas y registros sifónicos y, finalmente, desembocarán en la red general de alcantarillado del polígono industrial, después de haber recogido las aguas pluviales desaguadas desde los viales interiores de la parcela.

2.3. Estructura

El invernadero está constituido por 4 módulos en forma de pórtico semielíptico de 8 metros de anchura y 52 metros de longitud. Esto configura un invernadero de 32 x 52 m (superficie = 1.664 m²). Los laterales y frontales son rectos y perpendiculares al suelo (ver anejo I – plano 9).

a) Características

La resistencia de la estructura ha sido calculada mediante ordenador. Se han adoptado, al respecto, las recomendaciones de la Convención Europea de la Construcción Metálica, así como las normas NBE-103-108-109 y 110 del M.O.P.U., y cumple la Norma UNE-76.208/92, sobre los efectos del viento y cargas de nieve, concretadas en los siguientes valores:

- Acción gravitatoria:

Peso propio de estructura y cubrimiento.....6 kp/m²

- Sobrecarga de nieve.....40 kp/m²

- Acción del viento:

Se considera una velocidad máxima del viento de 144km/h,

por lo tanto, $w = 100$ kp/m²; $p = w \times c = 100 \times 0,8 = \dots\dots\dots 80$ kp/m²

- Sobrecarga de producto:

Por colgar productos sobre tirantes.....15 kp/m²

b) Configuración

TOTAL 141 kp/m²

- anchura nave: 32,0 m

- longitud nave: 52,0 m

- superficie cubierta: 1.664,0 m²

- altura bajocanatl: 3,0 m

- separación pilares línea lateral: 2,0 m

- separación pilares líneas centrales: 4,0 m

- separación entre arcos: 4,0 m

- flecha máxima del arco: 1,6 m

- altura total del invernadero: 4,6 m

- separación entre tirantes tubulares: 4,0 m

- montantes a cada tirante: 3 unidades.

- puertas correderas (3 x 2,2 m, 2 hojas): 2 unidades

c) Cálculo de la estructura

Para el análisis y cálculo de la estructura se ha utilizado el programa SAP-80. Este programa está basado en el método de los elementos finitos, en que las propiedades de la estructura son representadas por un número finito de elementos estructurales que están interconectados entre ellos por un número finito de nodos, a los cuales se les aplica las cargas de las diferentes hipótesis, se calculan los desplazamientos y, en función de éstos y de las hipótesis más desfavorables, se calculan las tensiones que se producen en los diferentes elementos que conforman la estructura metálica.

d) Ventilación

La ventilación será estática cenital, mediante dos líneas de ventanas a lo largo de dos naves del invernadero, situadas de forma alternada. La ventilación del invernadero se consigue mediante la elevación de 4,5 metros de cubierta que está totalmente articulada en sentido longitudinal y que pivota sobre un perfil omega (perfil laminado en frío) y separación de un canalón.

Para posibilitar este movimiento de la cubierta, una de las omegas que sujetan el film de plástico se instala totalmente libre para que pueda elevarse sobre el canalón.

El sistema de obertura lo constituye un motorreductor que acciona un eje de accionamiento, sujeto a los pilares por cojinetes, que al girar sobre ellos mismos hacen girar los pilones de bronce, situados cada 2 metros de distancia, y que obligan con su giro a trasladarse verticalmente a una cremallera dentada de acero galvanizado electrolíticamente, que empujan en este sentido vertical la parte libre de la cubierta.

La ventilación se controlará automáticamente mediante la incorporación de un microprocesador con sonda electrónica de temperatura, que acciona el sistema según las necesidades.

e) Características particulares de la estructura

Ver anejo I – plano 8.

- Pilares: a base de tubo rectangular galvanizado en caliente de 80 x 50 x 2 mm. Son iguales los interiores y los exteriores.
- Pórtico de “cubrería”: a base de tubo redondo galvanizado en caliente 50 x 2 mm.

- Correas de cubierta de tubo D 30 x 1,5 mm.
- Correas laterales y frontales de perfil laminado en frío omega de dimensiones: 20 x 45 x 30 x 1,5 mm.
- Canal de recogida de agua: 449 x 4.050 mm.
- Curva intermedia ventilación cenital tubo rectangular de 50 x 30 x 1,5 mm.
- Larguero ventilación cenital a base de tubo D 35 x 1,5 mm.
- Cremallera de ventilación con U-22 x 27 x 22 x 2,5 mm. Longitud: 1.200 mm.
- Puertas correderas de ángulo: 35 x 35 x 4 mm.
- Tirantes de tubo D 35 x 1,5 mm.

D: diámetro mm

f) Material

El material de la estructura es acero de 34/40 kp/mm², según normas DIN-1.623 y acero A-37 conformado en frío según la norma MV-109. El recubrimiento es galvanizado en caliente y sendzimir según la norma UNE-36.130/76 y ASTM-525/83-G-90.

La fijación de las uniones se realizará con tornillos de acero en calidad 5,6 y 8,8, con un tratamiento de zincado y bicromatado que los proteja de la corrosión.

2.4. Cubierta

a) Cobertura del invernadero

Cubierta, laterales y frontales a base de polietileno térmico de 0,2 mm (800 galgas) con un tratamiento de antioxidante.

El polietileno (PE) se dispone en láminas de 8,5 metros de anchura para la longitud total del invernadero, ya que su sentido de colocación es longitudinal, y se ancla a lo largo de cada dos canalones continuos.

Los anclajes del plástico se realizan mediante tubos de polietileno

de 8 atmósferas de presión con tratamiento antirayos UV que penetran a presión dentro del perfil de la omega galvanizada.

Para evacuar el agua de lluvia, se instalarán canalones de sección trapezoidal en cada nave.

b) Características del material

El material plástico de la cubierta del invernadero será de PE (polietileno) especial térmico. Este material produce un «efecto térmico», y no deja escapar la mayor parte de las radiaciones nocturnas. Contrariamente, el PE normal transmite más del 70% de la radiación infrarroja (I.R.), cosa que permite que dentro del invernadero se pueda producir una inversión térmica indeseable.

Las radiaciones nocturnas son las que desprende el suelo del invernadero durante la noche: tienen un efecto térmico, el tipo de radiación es infrarroja y la longitud de onda expresada en milimicras es de 760 a 2.000.

En el cuadro 12.1 se recogen las propiedades del film termoaislante de polietileno a emplear.

Cuadro 12.1. Propiedades del film termoaislante de polietileno (PE)

Características	Valor
Índice de fluidez, g/10 min	0,36
Densidad, g/cm ³	0,950
Dispersión de la luz (turbidez, %)	55
Transmisión luz visible, %	83
Transmisión de radiación I.R. (1.450 y 730 cm ⁻¹), %	12,8
Transmisión de energía emitida por el cuerpo negro a 5°C entre 1.450 y 730 cm ⁻¹ , %	12,5
Resistencia a la tracción en el punto de ruptura, Mpa	18
Resistencia al rasgado, D.M., kN/m	450
Resistencia al rasgado, D.T., kN/m	550
Resistencia al envejecimiento por exposición a la intemperie, según la latitud considerada	3 años

El PE térmico deja pasar el 83 por 100 de la luz solar. Si se mide el grado de difusión de la luz como el porcentaje de luz transmitida y difundida sobre un ángulo superior a 8° sobre el rayo incidente, el valor para las láminas normales de PE es de 10-15%, mientras que para el PE térmico este valor es del 55%.

3. EDIFICIO DE OFICINAS Y SERVICIOS

El edificio de oficinas y servicios del personal estará constituido por un despacho para el gerente o director, un despacho para el veterinario, un archivo y una área de administración-recepción. En cuanto a la zona de servicios del personal, habrá dos servicios, dos vestuarios con duchas, lavabos, servicios y taquillas. También constará de una sala para albergar los productos de limpieza.

La estructura del edificio estará básicamente formada por un forjado unidireccional con semiviguetas de hormigón armado pretensado y bovedilla de hormigón o cerámica; dos zunchos perimetrales, uno externo y el otro interno. El tejado será del tipo azotea o bien terrado catalán con membrana impermeabilizante y acabado en baldosa con pendientes, y estará constituido por los correspondientes hierros negativos en la zona de voladizo. También se realizarán dos riostras para evitar la aparición de grietas.

Para mayores especificaciones y detalles, se puede consultar el plano 11 del anejo I.

4. Balsa de sedimentación

La balsa de sedimentación tendrá unas dimensiones de 11,80 m de longitud y 5,80 metros de anchura (medidas exteriores), con una superficie total de 68,44 m². La profundidad será de 0,80 metros. Las paredes de la balsa tendrán un grosor de 20 cm cada una y estarán constituidas por una armadura que constará de 6 hierros de diámetro 6 mm cada metro lineal, con armadura horizontal o secundaria de diámetro 6 mm cada 15 cm, poniendo acero B 500 S (HA – 25). Se colocarán barras de 6 mm de diámetro cada 20 centímetros como armadura de repartimiento.

En cuanto a la losa del fondo, se colocará un mallazo electrosoldado de 5 mm de diámetro y de 15 x 15 cm con hormigón HA-25. Para más detalle ver anejo I – planos 3 y 9.

5. TANQUE DE RESERVA

El tanque de reserva se construirá en el interior del invernadero y formará parte del sistema para el reciclaje del agua de cultivo de la piscifactoría. Su profundidad será de 2 metros y tendrá una forma en planta rectangular (ver anejo I - planos 3 y 9).

La armadura del muro estará constituida por varillas o barras de acero corrugado de 8 mm de diámetro cada 12 centímetros.

En la losa del fondo se pondrá un mallazo electrosoldado 5 mm de diámetro y en cuadros de 15 × 15 centímetros.

6. URBANIZACIÓN

En cuanto a la urbanización de la parcela, estará comprendida por las operaciones y elementos que se describen a continuación. Para más detalle se puede consultar el anejo I – planos 1, 2 y 12.

- Alrededor del invernadero se instalará una acera de 1,15 metros de anchura, con pavimento de loseta de cemento precomprimido (tipo «panot» o similar) de 1'00 m. y bordillo artificial de hormigón en masa de 0'15 m. Desde el acceso de la parcela hasta el edificio de oficinas y servicios también habrá una acera de las mismas características.

- El pavimento de la parcela será de aglomerado asfáltico de 10 cm de altura y emulsión asfáltica en caliente EA-65 o similar. Al tocar la acera se colocará la correspondiente rigola de hormigón en masa de 40 x 20 x 7 cm.

- Se realizará un paso protegido desde el vallado principal hasta el invernadero para instalar las tuberías de conducción del gas natural, de agua de la red del polígono industrial y la de saneamiento horizontal del invernadero hacia la red general de alcantarillado del polígono industrial. La zanja en cuestión tendrá una profundidad de 0,80 m y anchura de 1,25 m. También se realizará una zanja para la conducción del saneamiento y el abastecimiento de agua del edificio de oficinas y servicios.

- En la puerta de acceso de vehículos a la parcela se realizará un vado sanitario de 8 x 1 m para desinfección.

- Se realizará también un lavadero de vehículos. En el centro, para el desagüe, se ubicará una arqueta sumidero y la correspondiente rejilla.

- En cuanto a la iluminación de la parcela, se instalarán cinco báculos dobles con bombillas de vapor de mercurio de 700 W y siete báculos simples con bombillas de vapor de mercurio de 1.000 W. En la marquesina se colocarán tres focos protegidos (antivandálicos) con incandescencias de 200 W. En el acceso a la parcela se colocarán lámparas de vapor de mercurio de 400 W. La distribución de dichos elementos se puede ver en el anejo I – plano 1.

- Una zona de la urbanización de la parcela estará destinada al ajardinamiento. La zona ajardinada ocupará una superficie de 756 m² y estará formada básicamente por plantas autóctonas mediterráneas, las cuales re-

quieren poco mantenimiento y bajas dosis de riego. El jardín constará de cuatro aspersores fijos para el riego y algunos puntos de riego localizado de alta frecuencia (microaspersión, exudación y goteo autocompensante).

- La parcela constará también de aparcamientos: una marquesina con capacidad para siete vehículos, aparcamientos para camiones y para motocicletas.

- Vallado y accesos a la parcela: se instalará un vallado secundario metálico, construido con palos metálicos galvanizados y plastificados, de color verde, de diámetro 50/60 mm y guarnecido con enrejado a simple torsión, galvanizado y plastificado. La separación entre los palos es de 2,00 metros. La altura estandarizada será de 1,50 metros, e irá montado sobre una cimentación de hormigón en masa HM-20.

De todas maneras, el vallado principal estará constituido por los elementos que se indican a continuación:

Tubo de sección rectangular y mallazo fuerte electrosoldado de 50 × 300 × 6,3 milímetros de diámetro. Palos de sujeción en tubo rectangular de 30 × 50 milímetros, separados 2,73 metros entre ejes. Estará pintada con imprimación o galvanizada en caliente. La valla será de 1,50 metros de altura, metálica estandarizada, sobre pared de 0,30 metros de obra vista y 0,50 metros de altura, sobre cimentación de hormigón de 0,50 × 0,40 metros y sobre capa de hormigón pobre o magro de 0,15 metros. Se dispondrá de una puerta metálica corredera, con carril deslizante, de 8,00 × 2,00 metros para la entrada de vehículos y de una puerta metálica de 1,00 × 2,00 metros para la entrada de peatones.

CAPÍTULO 13

- CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS -

1. INVERNADERO

1.1. Cimientos

1.1.1. Introducción

Las cargas que ejercen los pilares sobre la cimentación son centradas (excentricidad = 0).

La fórmula utilizada para calcular la tensión de los pilares es la siguiente:

$$\sigma = \frac{N}{axb}$$

Donde:

N : sumatorio del peso de la propia estructura, de la zapata, sobrecarga de nieve y viento y sobrecarga de producto.

a : anchura zapata.

b : longitud zapata.

$$\sigma \leq \sigma_{adm}$$

Se debe cumplir la relación:

de acuerdo con la norma AE-88 y otras disposiciones concordantes.

Para el terreno tenemos una tensión admisible= $\sigma_{adm} = 0'20 \text{ N/mm}^2 = 2,00 \text{ kp/cm}^2 = 20.000 \text{ kp/m}^2$.

En cualquier caso, el dato fidedigno sobre la tensión admisible del terreno ha de ser obtenido del correspondiente estudio geotécnico del terreno sobre el cual se proyecta la instalación.

En cuanto a las acciones del viento y por sobrecarga de nieve, se sigue la normativa vigente NBE-AE88 (Normas técnicas), aprobada por el Real Decreto 1.370/1988, de 11 de noviembre, publicada en el B.O.E. núm.

276 del 17 de noviembre del mismo año, así como las Normas Sismorresistentes y otras disposiciones legales que puedan afectar.

1.1.2. Cimentación perimetral

Se realizará una zapata continua en todo el perímetro del invernadero. Tendrá una anchura de 0,60 m y una profundidad de 1,30 metros teniendo en cuenta los 10 centímetros de hormigón de limpieza (pobre o magro) en el fondo de la zapata. Además, hay el pavimento del interior del invernadero de 10 cm de grosor, a base de \varnothing 6 mm, formando cuadros de 40 x 60 cm.

Los pilares se colocarán a 2 metros de distancia entre ellos. En las fachadas, delantera y trasera, los pilares estarán separados, entre ellos, 8 metros.

Se realizará una acera en todo el perímetro del invernadero, la cual tendrá también una cimentación que constará de un bloque de hormigón en masa HM-20 de 25cm x 25cm como cimentación perimetral exterior de la acera, y de una capa de unos 5 cm del mismo tipo de hormigón a todo lo ancho de la acera, que es de un metro con pendiente del 1% hacia el exterior y rematada con bordillo de hormigón moldeado de 15 cm de anchura. Para más especificaciones y detalles se puede ver el anejo I - plano 2.

Cálculo de los pilares perimetrales laterales

La superficie de estructura de invernadero que actúa sobre cada pilar es de 8 m², con lo cual se tendrá la siguiente carga:

Cálculo de N:

- Hormigón armado:

$$0,6 \text{ m} \times 1,30 \text{ m} \times 2,00 \text{ m} \times 2.500 \text{ kp/m}^3 = 3.900 \text{ kp}$$

- Hormigón en masa:

$$0,6 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} \times 2,00 \text{ m} \times 2.300 \text{ kp/m}^3 = 552 \text{ kp}$$

- Acción gravitatoria:

peso propio de la estructura y cubrimiento

$$6 \text{ kp/m}^2 \times 8 \text{ m}^2 = 48 \text{ kp}$$

- Sobrecarga de nieve:

$$40 \text{ kp/m}^2 \times 8 \text{ m}^2 = 320 \text{ kp}$$

- Acción del viento:

$$p = wc$$

$$p = 100 \text{ kp/m}^2 \times 0,8 = 80 \text{ kp/m}^2$$

$$80 \text{ kp/m}^2 \times 8 \text{ m}^2 = 640 \text{ kp}$$

- Sobrecarga de producto:

colgado sobre tirantes

$$15 \text{ kp/m}^2 \times 8 \text{ m}^2 = 120 \text{ kp}$$

$$N = \Sigma(3.900+552+48+320+640+120) \text{ kp} = 5.580 \text{ kp}$$

$\sigma = 5.580/(0,60 \times 2) = 4.650 \text{ kp/m}^2 < \sigma_{\text{adm}} = 20.000 \text{ kp/m}^2$, por lo cual resulta ACEPTABLE.

Cálculo de los pilares perimetrales de las fachadas

La superficie de estructura de invernadero que actúa sobre cada pilar es de 16 m^2 , por lo que se tendrá la siguiente carga o acción vertical:

Cálculo de N:

- Hormigón armado:

$$0,6 \text{ m} \times 1,30 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 2.500 \text{ kp/m}^3 = 15.600 \text{ kp}$$

- Hormigón en masa:

$$0,6 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 2.300 \text{ kp/m}^3 = 2.208 \text{ kp}$$

- Acción gravitatoria:

$$\text{peso propio: } 6 \text{ kp/m}^2 \times 16 \text{ m}^2 = 96 \text{ kp}$$

- Sobrecarga de nieve:

$$40 \text{ kp/m}^2 \times 16 \text{ m}^2 = 640 \text{ kp}$$

- Acción del viento:

$$p = wc$$

$$p = 100 \times 0,8 = 80 \text{ kp/m}^2$$

$$80 \text{ kp/m}^2 \times 16 \text{ m}^2 = 1.280 \text{ kp}$$

- Sobrecarga del producto:

$$15 \text{ kp/m}^2 \times 16 \text{ m}^2 = 240 \text{ kp}$$

$$N = \Sigma(15.600 + 2.208 + 96 + 640 + 1.280 + 240) \text{ kp} =$$

$$= 20.064 \text{ kp}$$

$\sigma = 20.064 \text{ kp}/(0,60 \times 8) \text{ m}^2 = 4.180 \text{ kp/m}^2 < \sigma_{adm} = 20.000 \text{ kp/m}^2$, por lo cual resulta ACEPTABLE.

1.1.3. Cimentación de los pilares interiores

Los pilares del interior del invernadero van separados entre ellos 4 metros en cada una de las hileras, y entre las hileras hay 8 metros de distancia. Los pilares irán motados sobre zapatas circulares, de 0,60 m de diámetro y 1,30 m de profundidad. Ahora bien, contando con el hormigón de limpieza y el pavimento interior del invernadero, la altura total es de 1,50 metros. Vean anejo I – plano 2.

La superficie de la estructura de invernadero que actúa sobre cada pilar es de 32 m², por lo que se tendrá la siguiente carga o acción vertical:

Cálculo de N:

- Hormigón armado:

$$\pi \times (0,6/2)^2 \times 1,30 = 0,3676 \text{ m}^3$$

$$2.500 \text{ kp/m}^3 \times 0,3676 \text{ m}^3 = 919 \text{ kp}$$

- Hormigón en masa:

$$\pi \times (0,6/2)^2 \times 2 \times 0,10 = 0,056 \text{ m}^3$$

$$2.300 \text{ kp/m}^3 \times 0,056 \text{ m}^3 = 130 \text{ kp}$$

- Acción gravitatoria:

$$6 \text{ kp/m}^2 \times 32 \text{ m}^2 = 192 \text{ kp}$$

- Sobrecarga de nieve:

$$40 \text{ kp/m}^2 \times 32 \text{ m}^2 = 1.280 \text{ kp}$$

- Acción del viento:

$$p = w \times c = 100 \times 0,8 = 80 \text{ kp/m}^2$$

$$80 \text{ kp/m}^2 \times 32 \text{ m}^2 = 2.560 \text{ kp}$$

- Sobrecarga producto:

$$\text{colgado sobre tirante: } 15 \text{ kp/m}^2 \times 32 \text{ m}^2 = 480 \text{ kp}$$

$$N = \Sigma(919 + 130 + 192 + 1.280 + 2.560 + 480) = 5.561 \text{ kp}$$

$\sigma = 5.561/\pi \times (0,3)^2 = 19.668 \text{ kp/m}^2 < \sigma_{\text{adm}} = 20.000 \text{ kp/m}^2$, por lo cual resulta ACEPTABLE.

2. Balsa de sedimentación

2.1. Consideraciones previas

La balsa de sedimentación se apoyará sobre el terreno, será de planta rectangular con paredes y fondo de hormigón armado de dosificación 358 kg/m³ de c.p.a. P-350 e hidrofugante. Se utilizará hormigón del tipo HA - 25.

La balsa de sedimentación tendrá una longitud interior de 11,60 metros y una anchura interna de 5,60 metros. La altura será de 0,80 m, aunque la altura a la que llegará el agua será de 0,70 m, por lo que se prevén 10 cm de resguardo hidráulico. La capacidad total será de 51.968 litros y 45.472 litros útiles.

La superficie de la balsa de sedimentación será de 64,96 m² de superficie útil y 72,00 m² de superficie construida, que supera la superficie exigida por la legislación vigente, según la superficie de piscinas de cultivo de la piscifactoría.

2.2. Cálculo de la armadura para armar con barras de acero

2.2.1. Acciones

$$K = \frac{l}{L} = \frac{5,80}{11,80} = 0,49$$

Las paredes serán del mismo grosor en todos los lados de la balsa.

Así mismo, la unión entre la solera del fondo y las paredes de la balsa será rígida (sin junta). Así pues:

$$\lambda = \frac{L+l}{2} = \frac{11,80+5,80}{2} = 8,80 \text{ m}$$

La altura total de la balsa será de 1 metro, con lo cual:

$$\alpha = \frac{6 \times h^4}{\lambda^4} = 1,0005 \cdot 10^{-3}$$

Presión máxima para la flexión en el plano horizontal:

$$P = \gamma h \frac{\alpha}{\alpha+1} = 0,999 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2},$$

donde h es la altura del muro de la balsa y α el coeficiente auxiliar de cálculo encontrado anteriormente.

Presión máxima para la flexión en el plano vertical:

$$q = 1.000 h \frac{l}{\alpha+1} = 999 \frac{\text{kp}}{\text{m}^2}$$

La repartición de la presión a lo largo de la altura de la pared será la siguiente:

$P = 0,999 \text{ kp/cm}^2$ a una altura de 1 metro. A $2/3$ de la altura la presión será de $2/3(P) = 0,666 \text{ kp/cm}^2$, y a un tercio de la altura será $1/3(P) = 0,333 \text{ kp/cm}^2$.

2.2.2. Momentos flectores y secciones

Los muros constituyen losas trabadas por un extremo y libres por el otro. El agua ejerce sobre ellos una carga triangular (uniformemente cre-

$$P = \frac{q \times l}{2} = \frac{(1.000 \times 0,80) \times 0,80}{2} = 320 \text{ kp}$$

ciente) hacia el empotramiento.

La carga total que se tendrá sobre la pared será, pues:
donde q es la fuerza por metro lineal de pared y l la altura sobre la cual actúa la

$$M = \frac{P \times l}{3} = \frac{320 \times 0,80}{3} = 85,33 \text{ kp m}$$

h = grosor total de la pared = 0,2000 m

d = grosor útil de la pared = 0,2000 – 0'0528 = 0,1472 m

$$\alpha = \sqrt{\frac{M}{b}} = \sqrt{\frac{85,33}{1,00}} = 9,24 \text{ (por metro lineal).}$$

Cálculo con armadura $d = \varphi \sqrt{M/b}$ (tabla):

• Canto útil (d):

y para $\sigma_c = 80 \text{ kp/cm}^2$, tendremos que: $d = 0,294 \times 9,24 = 2,72 \text{ cm}$.

• Altura de la sección de hormigón (h):

$h = d + c$, así pues, $h = 2,72 + 5,28 = 8 \text{ cm}$.

No obstante, a efectos constructivos se proyecta una losa de hormigón armado de canto total = 20 cm.

• Profundidad teórica de la fibra neutra:

$\xi \times d = 0,324 \times 2,72 = 0,88 \text{ cm}$

• Brazo mecánico:

$z = \zeta \times d = 0,892 \times 2,72 = 2,43 \text{ cm}$

- Sección del acero:

$A_m = \psi \sqrt{M \times b} = 0,153 \times 9,24 = 1,41 \text{ cm}^2$, o sea, 6 ϕ de 6 mm = 1,68 cm² > 1,41 cm² (acero por metro lineal), poniendo acero B 500 S (HA – 25), con una armadura horizontal de ϕ de 6 mm cada 15 cm. También se pondrá armadura de repartimiento, transversal a las varillas, formada por varillas de ϕ 6 mm cada 20 cm. (5 por m.l.)

- Profundidad real de la fibra neutra:

$$\alpha = \frac{n \times A_m}{b} \times \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{nA_m}} \right) = \frac{15 \times 1,68}{100} \times \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times 100 \times 2,72}{15 \times 1,68}} \right) = 0,95 \text{ cm}$$

La flecha máxima de la losa será:

$$F = \frac{P \times l^3}{15 \times E \times I} = \frac{320 \times 80^3}{15 \times 280.000 \times 66.667} = 0,0006 \text{ cm}$$

Donde:

$P = 320 \text{ kp}$; $l = \text{longitud} = 0,80 \text{ m} = 80 \text{ cm}$

E : módulo de elasticidad del hormigón armado = 280.000 kp/cm²

I = momento de inercia por metro lineal del muro vertical, a saber:

$$I = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{100 \times 20^3}{12} = 66.667 \text{ cm}^4$$

La flecha, como es sabido, no debe exceder de 1/500 de la luz. En nuestro caso, la flecha en cuestión resulta despreciable.

2.2.3. Armadura de la losa del fondo

La unión entre la solera del fondo y las paredes de la balsa será rígida (sin junta). Se tiene, pues:

$$\lambda = \frac{L + l}{2} = \frac{11,80 + 5,80}{2} = 8,80 \text{ m}$$

$$h = 0,80 \text{ m}$$

$$\alpha = \frac{6 h^4}{\lambda^4} = \frac{6 \times 0,80^4}{8,8^4} = 0,00041$$

La presión máxima para la flexión en el plano vertical será:

$$q = 1.000 h \frac{1}{\alpha l} = 1.000 \times 0,80 \frac{1}{1,00041} = 799,67 \approx 800 \text{ kp/m}^2$$

y la tracción de la losa del fondo, por metro de anchura de la losa, en las dos direcciones principales, será:

$$F = \frac{q h}{2} = \frac{800 \times 0,80}{2} = 320 \text{ kp}$$

que constituye la carga teórica por metro lineal de losa.

No se considera para el cálculo el momento flector de la losa del fondo, ya que la carga máxima del agua es de 0,08 kp/cm², y aunque esta carga se verá mínimamente incrementada debido a los sólidos suspendidos en el agua de la balsa de sedimentación, se considera que la soportará perfectamente el terreno, con una resistencia aceptable, como hemos visto, de 2 kp/cm² = 0,2 N/mm².

En la cara inferior de la losa, se dispondrá la armadura corrugada necesaria para resistir las tracciones del fondo, que requerirán una sección metálica por metro de anchura, en cada dirección, de:

$$\text{Siendo: } \sigma_a = \frac{F}{2.500} = \frac{320 \text{ kp}}{2.500} = 0,128 \text{ cm}^2$$

σ_a = tensión máxima que podemos considerar del acero de la armadura.

Según la normativa, las varillas de acero no pueden estar separadas a más de 15 cm de distancia entre ellas (distancia máxima entre dos varillas, según marca la normativa), por tanto se colocarán 7 varillas de \varnothing 6 mm por ml, las cuales ocupan una sección metálica de 1,97 cm² > 0,128 cm², a efectos constructivos. Para más detalle se puede consultar el anejo I – plano 9.

3. TANQUE DE RESERVA

3.1. Consideraciones previas

La balsa que constituirá el tanque de reserva, se apoyará sobre el terreno y estará construida con hormigón armado HA-25 de 358 kg/m^3 de c.p.a. P-350 e hidrofugante.

Se considerará el tanque de forma rectangular, caso más desfavorable, con las medidas interiores de 4,20 m de ancho y 8,30 m de largo. La altura de coronación a partir de la solera del fondo será de 2 metros, aunque la altura del agua no será superior a los 1,90 m, por lo que se prevé un resguardo hidráulico de 10 cm.

3.2. Cálculo para armar con barras de acero

3.2.1. Acciones

Las paredes serán del mismo grosor en ambas luces, y $K = l/L = 4,20/8,30 = 0,51$. Así mismo, la unión entre la solera del fondo y las paredes del depósito será rígida (sin junta). Así pues, se tendrá:

$$\lambda = \frac{L+l}{2} = \frac{8,30 + 4,20}{2} = 6,25 \text{ m}$$

$$h = 2 \text{ m} + 0,20 \text{ m} = 2,20 \text{ m}$$

$$\alpha = \frac{6 h^4}{\lambda^4} = 0,092;$$

- Presión máxima para la flexión en el plano horizontal:

$$P = 1.000 h \frac{\alpha}{1 + \alpha} = \frac{1.000 \times 2,20 \times 0,092}{1,092} = 185,35 \text{ kp/cm}^2.$$

- Presión máxima para la flexión en el plano vertical:

$$q = 1.000 h \frac{l}{\alpha + l} = \frac{1.000 \times 2,20}{1,092} = 2.014,65 \text{ kp/m}^2$$

El repartimiento de la presión del agua, a lo largo de la altura de la pared del tanque de reserva, será el siguiente:

- En la parte más baja del muro que constituye la pared del tanque: $P = 185,35 \text{ kp/cm}^2$
- A $2/3$ de la altura de la pared: $2/3 (P) = 2/3 (185,35) = 123,57 \text{ kp/cm}^2$
- A $1/3$ de la altura de la pared: $1/3 (P) = 1/3 (185,35) = 61,78 \text{ kp/cm}^2$

3.2.2. Momentos y secciones

Los muros constituyen losas encastradas o empotradas por un extremo (inferior) y libres por el otro (superior), con carga triangular (uniformemente creciente) hacia el empotramiento.

Se tendrá, pues, una carga total sobre la pared de:

$$p = \frac{q \times l}{2} = P = \frac{(1.000 \times 2) \times 2}{2} = 2.000 \text{ kp}$$

y un momento flector máximo de:

$$M = \frac{P \times l}{3} = \frac{2.000 \times 2}{3} = 1.333,33 \text{ kp m}$$

h = altura total = 20 cm.

d = altura útil = 18 cm. ; c = recubrimiento = 2,0 cm.

$$\alpha = \sqrt{\frac{M}{b}} = \sqrt{\frac{1.333,33}{1,00}} = 36,51 \quad (\text{por metro lineal})$$

- Cálculo con armadura asimétrica (sencilla):

Para un hormigón HA-25, con: $\sigma_c = 83 \cong 80 \text{ kp/cm}^2$, tendremos:

- Canto útil: $d = \varphi \sqrt{\frac{M}{b}}; d = \varphi \times \alpha = 0,294 \times 36,51 = 10,73 \text{ cm}$
 $h = 10,73 + 4,27 = 15 \text{ cm.}$

así pues,

No obstante, a efectos constructivos se proyecta una losa de hormigón armado de canto total = 20 cm.

- Profundidad teórica de la fibra neutra:

- Brazo mecánico:

- Sección de acero: , o sea $5\varnothing$ de 12 mm = $5,65 \text{ cm}^2 > 5,59 \text{ cm}^2$, (acero por metro lineal), poniendo acero B 500 S (HA-25); también se pondrá armadura de repartimiento, transversal a la anterior, formada por varillas \varnothing 8 mm cada 20 cm (5 por m.l.).

*Profundidad real de la fibra neutra:

$$\alpha = \frac{n \times A_m}{b} \times \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times b \times d}{n \times A_m}} \right) = \frac{15 \times 5,65}{100} \times \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times 100 \times 10,73}{15 \times 5,65}} \right) = 3,50 \text{ cm}$$

En una primera aproximación investigativa, sin considerar el valor del momento de inercia de la sección de hormigón armado, se tendrán los siguientes coeficientes de trabajo o tensiones admisibles:

a) Para el hormigón:

$$\sigma_c = \frac{2 \times M_d}{b \times x \left(d - \frac{x}{3} \right)} = \frac{2 \times 133.333}{100 \times 3,48 \left(10,73 - \frac{3,48}{3} \right)} = 80,07 \approx 80 \text{ kp/cm}^2$$

por lo que resulta **ACEPTABLE**.

b) Para el acero:

$$\sigma_m = \frac{M_d}{A_m \times \left(d - \frac{x}{3} \right)} = \frac{133.333}{5,65 \times \left(10,73 - \frac{3,48}{3} \right)} = 2.466 < 2.500 \text{ kp/cm}^2$$

por lo que también resulta **ACEPTABLE**.

$$\sigma_m = \frac{f_{yd}}{\gamma_f} = \frac{4.000}{1,50} = 2.667 \text{ kp/cm}^2$$

En todo caso, el valor límite de la tensión de servicio para el acero vendría dado por:

La cuantía geométrica del acero, referida a la sección útil, será:

$$\rho = \frac{A_m}{b \times d} = \frac{5,65}{100 \times 10,73} = 0,0053 \approx 5,3\%$$

Vemos, en cualquier caso, que el hormigón HA-25 exige:

$$f_{ct} = 0,45 \times \sqrt[3]{f_{ck}^2} = 0,45 \times \sqrt[3]{250^2} = 17,86 \text{ kp/cm}^2 \text{ (HA-25)}$$

La cuantía crítica será:

$$\rho_{crip} = \frac{f_{ct}}{f_{yk}} = \frac{17,86}{5.000} \approx 3,57\% < 5,3\%$$

La flecha máxima de la losa, será:

$$F = \frac{P \times l^3}{15 \times E \times I} = \frac{2.000 \times 200^3}{15 \times 280.000 \times 66.667} = 0,06 \text{ cm} = 0,6 \text{ mm.}$$

Donde:

$$P = 2.000 \text{ kp; } \quad l = 200 \text{ cm}$$

E: módulo de elasticidad del hormigón armado = 280.000 kp/cm²

I: momento de inercia por metro lineal del muro vertical, a saber:

$$I = \frac{b h^3}{12} = \frac{100 \times 20^3}{12} = 66.667 \text{ cm}^4$$

La flecha, como es sabido, no debe exceder de 1/500 de la luz del muro. En este caso resulta ser 1/3.333 de la luz, por lo que resulta completamente **ACEPTABLE**.

3.2.3. Armadura de la losa del fondo

$$\lambda = \frac{L+l}{2} = 6,25 \text{ m}$$

La unión entre la solera del fondo y las pare rígida (sin junta). Se tiene:

$$h = 2 \text{ m} \quad \text{á}$$

$$\alpha = \frac{6 h^4}{\lambda^4} = 0,063$$

$$q = 1.000 h \frac{l}{\alpha + l} = 1.000 \times 2 \times \frac{l}{1,063} = 1.881,47 \text{ kp/m}^2.$$

La presión máxima para la tracción en el plano vertical será:

Y la tracción $F = \frac{q \times h}{2} = \frac{1.881,47 \times 2}{2} = 1.881,47 \text{ kp}$:hura de la losa, en las dos direcciones principales, vendrá dada por:

No se consideran momentos flectores en la losa del fondo, ya que la carga máxima del agua ($0,2 \text{ kp/cm}^2$) la puede soportar el terreno perfectamente porque tiene un $\sigma_c = 2 \text{ N/mm}^2$. Ahora bien, en la cara inferior de la losa $F = \frac{1.881,47 \text{ kp}}{2.500 \text{ kp/cm}^2} = 0,75 \text{ cm}^2$ necesaria para resistir las tracciones del fondo. $\sigma_s = 2.500 \text{ kp/cm}^2$ metálica por metro de anchura, en cada dirección, de:

que exige un reticulado de barras a razón de 7 de $\varnothing 6 \text{ mm}$ por metro lineal en cada dirección, que resulta una sección de: $1,97 \text{ cm}^2 > 0,75 \text{ cm}^2$ (B 500 S). Se cumple la normativa que exige la colocación de los hierros a una distancia máxima entre ellos de 15 cm .

4. EDIFICIO DE OFICINAS Y SERVICIOS

4.1. Forjado de piso, techo de planta baja (tipo I)

Se trata de vigas simplemente apoyadas, con carga uniformemente P partida, constituyendo un forjado unidireccional del tipo:

A = 972 kp; B = 972 kp; l = 5,55 m; $l_c = 5,83 \text{ m}$

$$M = \frac{P \times l_c}{8} = \frac{1.943 \times 5,83}{8} = 1.416 \text{ mkp}$$

$$= 5,55 \times 0,70 \times 500 = 1.943 \text{ kp}$$

El momento flector máximo será:
por lo cual, se prevén viguetas de hormigón armado pretensado de 20 cm de altura y a 70 cm de intereje, con su correspondiente capa de compresión, las cuales son capaces de resistir el anterior momento flector.

Las reacciones en el apoyo serán:

$$A = B = \frac{P}{2} = \frac{1.943}{2} = 972 \text{ kp}$$

que, por metro lineal, suponen: $972/0,70 = 1.389 \text{ kp/m.l.}$

4.2. Forjado de piso, techo de planta baja (tipo II)

Se trata de vigas simplemente apoyadas, con carga uniformemente repartida, del tipo:

$$A = 770 \text{ kp}; B = 770 \text{ kp}; l = 4,40 \text{ m}; l_c = 4,62 \text{ m}$$

$$P = 4,40 \times 0,70 \times 500 = 1.540 \text{ kp}$$

El momento flector máximo será:

$$M = \frac{P \times l_c}{8} = \frac{1.540 \times 4,62}{8} = 889 \text{ mkp}$$

por lo cual, se prevén viguetas de hormigón armado pretensado de 20 cm de altura con su capa de compresión, las cuales son capaces de resistir el anterior momento flector.

Las reacciones en el apoyo serán:

$$A = B = \frac{P}{2} = \frac{1.540}{2} = 770 \text{ kp}$$

que, por metro lineal, suponen: $770/0,70 = 1.100 \text{ kp/m.l.}$

4.3. Zanja perimetral de cimentación

Se trata de cimentar el muro de cerramiento de 30 cm de grosor de obra vista de fábrica de ladrillo cerámico, tomada con mortero 1:5 de cemento Portland artificial P-350 y plastificante, con una altura de 3,44 m, así:

$0,30 \times 1,00 \times 3,44 \times 1.800 =$	1.858 kp/m.l.
Forjado de piso =	1.389 kp/m.l.
Voladizo: $0,50 \times 1,00 \times 500 =$	250 kp/m.l.
Murete sobre el voladizo: $0,15 \times 0,46 \times 1,00 \times 1.600 =$	110 kp/m.l.
Total:.....		3.607 kp/m.l.

El peso propio del macizo de cimentación será:

$$0,60 \times 0,60 \times 1,00 \times 2.500 = 900 \text{ kp/m.l.}$$

por lo cual la presión total sobre el terreno será de:

$$3.607 + 900 = 4.507 \text{ kp/m.l.}$$

La superficie de cimentación por metro lineal de muro será:

$$4.507 : 2,00 \text{ kp/cm}^2 = 2.254 \text{ cm}^2$$

lo que exige una anchura de poco más de 22 cm como necesaria para el murete de cimentación, si bien a efectos constructivos le damos 0,60 m de anchura y 0,60 m de profundidad, como zanja perimetral, armado con 6 \varnothing de 16 mm (B 500 S) (HA-25) y estribos o cercos de varilla de \varnothing 6 mm cada 20 cm (5 por m.l.), con la finalidad de repartir mejor los empujes horizontales en el terreno. Vean el anejo I – plano 11.

4.4. Zuncho perimetral del edificio para oficinas y servicios

Se trata de un zuncho empotrado por ambos extremos con carga uniformemente repartida del tipo:

p_1 = peso propio; p_2 = forjado de piso; p_3 = voladizo; p_4 = murete sobre voladizo

$$l = 2,00 \text{ m y } l_c = 2,10 \text{ m}$$

Caso de carga unitaria uniformemente repartida:

$$p_1 = 0,30 \times 0,24 \times 2.500 = \dots\dots\dots 180 \text{ kp/m.l.}$$

$$p_2 = \text{según apartado 3.4.1.} = \dots\dots\dots 1.389 \text{ kp/m.l.}$$

$$p_3 = 0,50 \times 1,00 \times 500 = \dots\dots\dots 250 \text{ kp/m.l.}$$

$$p_4 = 0,15 \times 0,46 \times 1,00 \times 1.600 = \dots\dots\dots 110 \text{ kp/m.l.}$$

$$P = 1.929 \text{ kp/m.l.}$$

Los diferentes momentos de flexión, serán:

$$M_1 = M_2 = -\frac{p \times l_c^2}{12} = -\frac{1.929 \times 2,10^2}{12} = -709 \text{ mkp}$$

$$M_{1-2} = \frac{p \times l_c^2}{24} = \frac{1.929 \times 2,10^2}{24} = 354 \text{ mkp}$$

Cálculo para la armadura disimétrica (doble en el momento negativo):

Disponemos de 24 cm de altura, o sea: $d = h - c = 21 \text{ cm}$ y $b = 30 \text{ cm}$ de ancho, tendremos:

$$P_0 \quad M_1 = \frac{1}{\phi^2} \times b \times d^2 = 11,570 \times 0,30 \times 21^2 = 1.530 \text{ mkp} \quad (\text{HA-25}), \text{ se tendrá:}$$

- Momento absorbido: $A_{s1} = \omega'_o \times b \times d = 0,519 \times 0,30 \times 21 = 3,27 \text{ cm}^2$

$$M_2 = M - M_1 = 709 - 1.530 = -821 \text{ mkp}$$

- Sección de acero correspondiente:

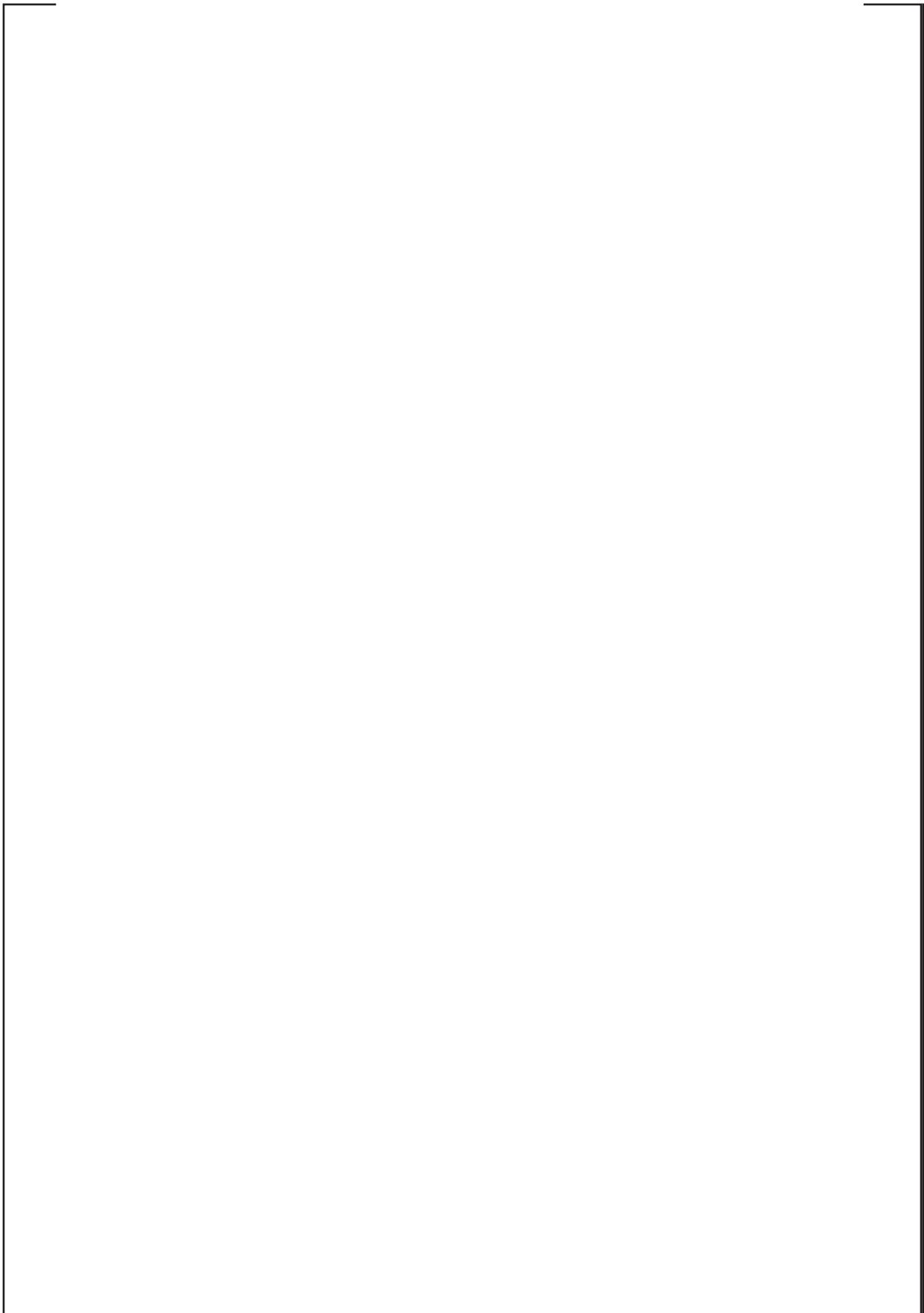
- Incremento del momento:

No procede el cálculo del aumento de la sección de acero.

- Armadura de tracción: $A'_s = 3,27 \text{ cm}^2$, o sea, 2 \emptyset de 16 mm = $4,02 \text{ cm}^2 > 3,27 \text{ cm}^2$

Como hace de dintel de las aberturas de fachada y de zuncho, pondremos 2 \emptyset de 16 mm en la parte superior y 2 \emptyset de 16 mm en la parte inferior, con sus estribos o cercos de varilla correspondientes, que serán \emptyset de 6 mm cada 20 cm (5 por m.l.).

La sección transversal, pues, será: 24 cm x 30 cm, con 4 \emptyset de 16



mm. Para más detalle, puede verse el anejo I – plano 11.

CAPÍTULO 14

- INSTALACIONES AUXILIARES Y/O COMPLEMENTARIAS -

1. INSTALACIÓN HIDRÁULICA

1.1. Introducción

La presión nominal de las tuberías a instalar será de 6 atmósferas (6'0 kp./cm²) y serán de policloruro de vinilo (P.V.C.). La instalación hidráulica constará de todos los accesorios necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación como codos, ventosas, derivaciones, curvas, válvulas, reguladores de presión, manómetros, etc.

1.2. Consideraciones previas

A la hora de dimensionar las tuberías de la piscifactoría se consideran las siguientes expresiones:

$$Q = S \cdot v$$

Donde: Q es el caudal (m³/s), S es la sección de la tubería (m²) y v es la velocidad media del agua por el interior de la tubería, que se considera la óptima entre 0,5 y 1,5 m/s, obviamente más elevada cuanto mayor sea el diámetro interior de la conducción.

En función del diámetro de la tubería obtenido a partir del caudal del agua y de su velocidad (se considera siempre la mediana alrededor de 1 m/s), se instala la tubería del diámetro comercial correspondiente más próximo por exceso.

Con el fin de calcular las pérdidas de carga de las tuberías se utiliza la expresión:

$$\Delta h_t = \Delta h_c + \Delta h_f$$

Donde: Δh_t es la pérdida de carga total, Δh_c es la pérdida de carga conti-

nua y Δh_i es la localizada o accidental en los puntos singulares de la conducción forzada. En defecto de una apreciación más precisa de esta última, se puede considerar un 15% de la altura de presión calculada para los otros conceptos.

Para el cálculo de la pérdida de carga continua se utiliza la siguiente expresión clásica propuesta por DARCY-WEISSBACH, también denominada "ecuación universal", a saber:

$$\Delta h_c = f \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Donde: **L** es la longitud de la tubería, **D** el diámetro interior, **v** la velocidad del agua y **g** = 9,81 m/s² (aceleración de la gravedad). El parámetro adimensional **f** se llama "coeficiente de fricción o de resistencia" y se calcula mediante el ábaco de Moody para todos los fluidos, si bien pueden aplicarse formulaciones específicas como las de Blasius, Von Kármán-Prandtl, Colebrook-White, Nikuradse y otras, como la más moderna propuesta por Swance y Jain (1976).

Comprobaciones experimentales sobre el flujo turbulento en tuberías demuestran que, en general, la pérdida de carga depende de la velocidad mediana, de la densidad del fluido circulante, de su viscosidad y de la forma y dimensiones de la tubería, así como de las irregularidades de las paredes. La influencia de estas rugosidades se evalúa mediante la rugosidad absoluta **k**, que posee, como es suficientemente sabido, las dimensiones de una longitud. Así:

$$\Delta h = \varphi (v, D, \mu, \rho, k), \text{ siendo } \mu \text{ la viscosidad absoluta y } \rho \text{ la densidad.}$$

Tenemos, pues, seis variables dependientes de tres magnitudes fundamentales (sistema L, M, T). De hecho, el teorema de Buckingham o teorema de Π establece que el número de factores Π (expresiones adimensionales monomias) es igual al número de variables menos el de magnitudes fundamentales que constituyen la base del sistema de medida utilizado. Consecuentemente, en nuestro caso, la ecuación contendrá tres grupos Π , o sea, tres expresiones monomias adimensionales.

Como **f** es un factor de proporcionalidad adimensional tiene que depender de dos parámetros sin dimensiones formados agrupando convenientemente las cinco variables. Por lo cual:

$$f = f (Re, k/D)$$

El coeficiente de fricción depende, pues, del número de Reynolds y de la rugosidad relativa, aunque la influencia de ambos parámetros sobre el coeficiente resulta cuantitativamente muy diferente según las características de la corriente.

Si comparamos, por último, la anterior ecuación de Darcy-Weissbach

con la de Poiseuille se observa que la primera se puede utilizar en corrientes laminares, haciendo:

$$f = 64/Re,$$

con lo cual, en régimen laminar se tiene que: $f = f(Re)$, con independencia de la rugosidad.

La pérdida de carga localizada (en puntos singulares) representa aproximadamente, como ya se ha dicho, a falta de otras estimaciones más precisas, el 15% de la pérdida de carga continua, por lo cual se debe añadir.

En el caso de tubería de servicio en ruta (que pierde o sirve caudal a lo largo de la tubería) se utiliza la conocida fórmula de Scobey:

$$\Delta h_t = F \cdot 4,08 \cdot 10^{-3} \cdot K \frac{Q^{1,90}}{D^{4,90}} L$$

Donde: **F** es el coeficiente de reducción por salidas de Christiansen, **K** indica el material y el estado de la tubería, **Q** es el caudal, **D** el diámetro y **L** la longitud de la tubería.

Las tuberías a instalar serán de P.V.C. y en algún caso de P.E. (polietileno de alta y baja densidad) y serán de una presión nominal de 6 atmósferas (0,6 MPa).

1.3. Instalación de las tuberías de distribución del agua a los tanques de cultivo

1.3.1. Dimensionado de las tuberías de distribución de agua a los tanques de cultivo

La velocidad del agua se considera, como ya se ha dicho, comprendida entre 0,5 y 1,5 m/s.

El caudal de agua total de distribución a la piscifactoría es de 106 m³/h (0,02944 m³/s).

El volumen de agua total en los 18 tanques de cultivo grandes ($\varnothing = 6$ m) es de 407,16 m³ (22,62 m³ cada uno). El volumen de agua total en los 9 tanques de cultivo medianos ($\varnothing = 4$ m) es de 90,47 m³ (10,05 m³ cada uno). Y el volumen de agua en los 10 tanques de cultivo pequeños ($\varnothing = 2$ m) es

de un total de 25,10 m³ (2,51 m³ cada uno).

La capacidad de agua de todos los tanques de cultivo es, pues, de 523 m³.

La renovación del agua de cultivo es del 20% cada hora, es decir, una renovación de todo el agua de cultivo de la piscifactoría cada 5 horas.

Las tuberías a instalar en la piscifactoría son de P.V.C. y de un timbraje PN-6.

La instalación hidráulica, como también se ha dicho, constará también de los correspondientes codos, reducciones, válvulas y otras piezas especiales.

Se adjunta, a continuación, un esquema de la instalación de las conducciones de abastecimiento de agua a los tanques de cultivo (ver figura 14.1). En el anejo I – plano 4, se puede observar la red de distribución, reciclaje y evacuación del agua a los tanques de cultivo.

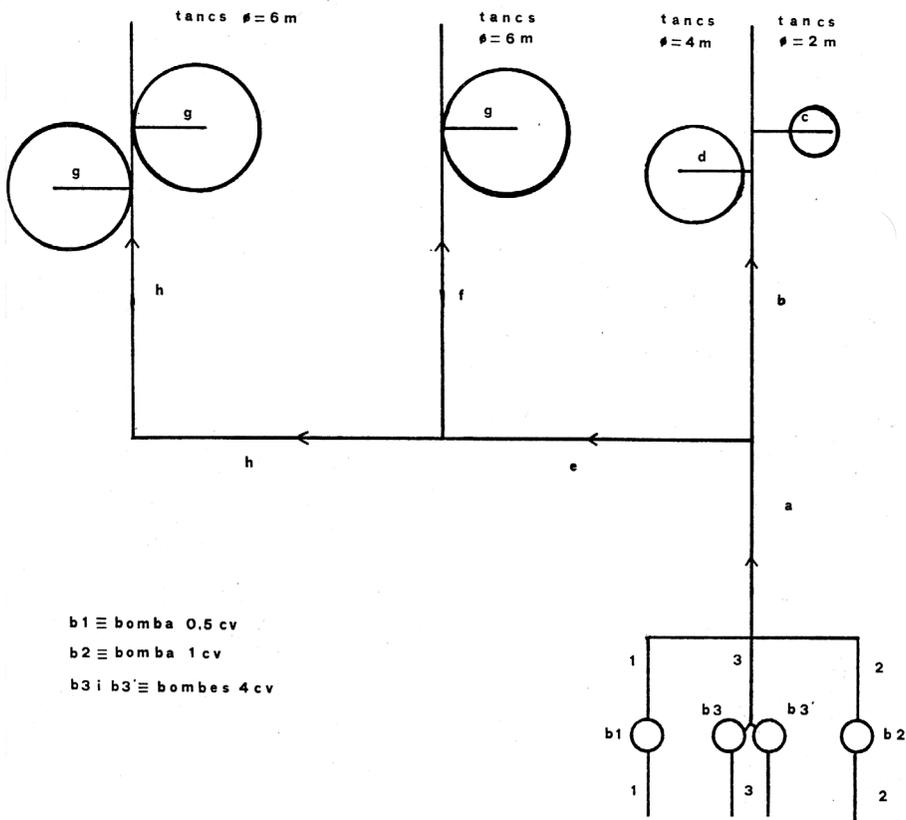


Figura 14.1. Esquema de la instalación de las conducciones de abastecimiento de agua a los tanques de cultivo

Tubería A

Conduce el agua por entre los diferentes elementos de reciclaje y abastece a todas las piscinas.

$$Q = 0,02944 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 1,20 \text{ m/s}$$

$$\text{diámetro de cálculo} = 176,73 \text{ mm}$$

$$\text{diámetro interior comercial} = 188,2 \text{ mm}$$

$$200 \times 5,9$$

$$v_{\text{real}} = 1,06 \text{ m/s}$$

Tubería B

Distribuye el agua a las piscinas de diámetro 2 m y 4 m.

$$Q = 6,42 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 0,76 \text{ m/s}$$

$$\text{diámetro de cálculo} = 90,43 \text{ mm}$$

$$\text{diámetro interior comercial} = 103,6 \text{ mm}$$

$$110 \times 3,2 \text{ mm}$$

$$v_{\text{real}} = 0,76 \text{ m/s}$$

Tubería C

Llena directamente los tanques de cultivo de 2 metros de diámetro.

$$Q = 1,324 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 1 \text{ m/s}$$

$$\text{diámetro de cálculo} = 12,98 \text{ mm}$$

$$\text{diámetro interior comercial} = 17,6 \text{ mm}$$

20 x 1,2 mm

$$v_{\text{real}} = 0,545 \text{ m/s}$$

Tubería D

Llena directamente los tanques de cultivo de 4 metros de diámetro.

$$Q = 5,30 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 1 \text{ m/s}$$

diámetro de cálculo = 25,98 mm

diámetro interior comercial = 29,2 mm

32 x 1,4 mm

$$v_{\text{real}} = 0,79 \text{ m/s}$$

Tubería E

Conduce el agua a las piscinas de diámetro 6 m.

$$Q = 0,021 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 1 \text{ m/s}$$

diámetro de cálculo = 165,40 mm

diámetro interior comercial = 169,4 mm

180 x 5,3 mm

$$v_{\text{real}} = 0,95 \text{ m/s}$$

Tubería F

Distribuye el agua de cultivo a una hilera de 6 tanques de cultivo de diámetro 6 metros.

$$Q = 7,16 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 1 \text{ m/s}$$

diámetro de cálculo = 95,49 mm

diámetro interior comercial = 103,6 mm

110 x 3,2 mm

$v_{\text{real}} = 0,85 \text{ m/s}$

Tubería G

Llena directamente los tanques de cultivo de diámetro 6 metros.

$Q = 1,193 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

$v = 1 \text{ m/s}$

diámetro de cálculo = 38,98 mm

diámetro interior comercial = 46,4 mm

50 x 1,8 mm

$v_{\text{real}} = 0,70 \text{ m/s}$

Tubería H

Conduce el agua a la doble hilera de tanques de cultivo de diámetro 6 metros.

$Q = 0,0143 \text{ m}^3/\text{s}$

$v = 1,3 \text{ m/s}$

diámetro de cálculo = 118,45 mm

diámetro interior comercial = 131,8 mm

140 x 4,1 mm

$v_{\text{real}} = 1,05 \text{ m/s}$

Tubería 1

Tubería de aspiración de la bomba 1, y de impulsión hasta la tubería A.

$$Q = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

diámetro interior comercial = 36,4 mm

40 x 1,8 mm

$$v_{\text{real}} = 1,345 \text{ m/s}$$

Tubería 2

Tubería de aspiración de la bomba 2, y de impulsión hasta la tubería A.

$$Q = 5,03 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 1 \text{ m/s}$$

diámetro de cálculo = 80 mm

diámetro interior comercial = 84,6 mm

90 x 2,7 mm

$$v_{\text{real}} = 0,9 \text{ m/s}$$

Tubería 3

Tubería de aspiración de la bomba 3, y de impulsión hasta la tubería A.

$$Q = 0,023 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 1 \text{ m/s}$$

diámetro de cálculo = 171 mm

diámetro interior comercial = 169,4 mm

180 x 5,3 mm

$$v_{\text{real}} = 1,02 \text{ m/s}$$

1.3.2. Cálculo de las pérdidas de carga

Tubería A

$$\Delta h_t = \Delta h_c + \Delta h_l = 0,053 \text{ m.c.a.}$$

$$\Delta h_c = 0,046 \text{ m.c.a.}$$

$$\Delta h_l = 15\% \text{ s}/\Delta h_c$$

Tubería B

Fórmula de Scobey (servicio en ruta).

$$\Delta h_t = 0,1846 \text{ m.c.a.}$$

Tubería F

Fórmula de Scobey (servicio en ruta)

$$\Delta h_t = 0,1 \text{ m.c.a.}$$

Tubería H

Fórmula de Scobey (servicio en ruta)

$$\Delta h_t = 0,14 \text{ m.c.a.}$$

Tubería E

$$\Delta h_t = \Delta h_c + \Delta h_l = 0,061 \text{ m.c.a.}$$

$$\Delta h_l = 15\% \text{ s}/\Delta h_c$$

Elementos para el reciclaje del agua

$$\Delta h = 2,2 \text{ m.c.a.}$$

Las respectivas pérdidas de carga de las tuberías C, D y G se consideran despreciables.

Tubería 1

$\Delta h_t = 0,576$ m.c.a. (se tienen en cuenta los elementos de la instalación de la bomba).

Tubería 2

$\Delta h_t = 0,23$ m.c.a. (se tienen en cuenta los elementos de la instalación de la bomba).

Tubería 3

$\Delta h_t = 0,081$ m.c.a. (se tienen en cuenta los elementos de la instalación de la bomba).

1.3.3. Aislamiento térmico de las tuberías

Para que el agua calentada, conducida por las tuberías de PVC hacia los tanques de cultivo, no pierda temperatura, se instalarán coquillas de materiales aislantes.

Las coquillas son una especie de fundas que se colocan alrededor de las tuberías que transportan agua caliente y evitan la calorifugación. El material con que están constituidas es fibra o lana de vidrio o de roca. Tienen una longitud de 1,00 y 1,20 metros (según diámetros y grosor), un grosor de 20 a 80 mm y diámetros interiores de 3/8" a 10".

Se calcula que el coeficiente de conductividad térmica de la coquilla, a partir de las temperaturas de ambas caras de la tubería, será de 0,028 kcal/m×h °C.

Con un grosor mínimo de las coquillas, las pérdidas de calor se pueden considerar nulas.

Características

- Se puede utilizar en tuberías de entre -30°C y 450°C.
- Posee resistencia a las vibraciones y aplastamiento.
- No ataca a los metales más usuales (hierro, acero, zinc, cobre y aluminio) y mucho menos al plástico.
- Calor específico: 0,20 kcal/kg×°C.

1.4. Cálculo de las bombas

1.4.1. Cálculo de la potencia necesaria

La instalación de las bombas para la impulsión del agua a los tanques de cultivo, se hará de forma seccionada, de manera que se colocará una bomba para impulsar el agua a los tanques de cultivo pequeños ($\varnothing = 2$ m); otra bomba que, complementada con la anterior, permitirá bombear agua también a los tanques de cultivo medianos ($\varnothing = 4$ m). Finalmente se instalará otra bomba para el bombeo al resto de la piscifactoría.

Las electrobombas se colocarán en paralelo, de manera que los caudales se suman entre ellos y resulta el caudal total que suministran las bombas.

Este sistema permite una mayor versatilidad del bombeo en el caso de que la piscifactoría no esté al 100% de su capacidad. Esto puede ser debido a una época determinada del proceso productivo, a la venta del producto, a una enfermedad o infección de los peces, etc.

Primer caso

Caso en que se considera el bombeo de agua a los tanques de cultivo de diámetro 2 metros.

$$W = \frac{v \cdot Q \cdot H_m}{75 \cdot \rho_m \cdot \rho_b} \text{ (C.V.)}, \text{ donde}$$

$$v = 1.000 \text{ kp/m}^3$$

$$Q = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_m = H_g + \Delta h = 5 + 3,276 = 8,276 \text{ m.c.a.}$$

$$\rho_m = 0,92 \text{ (rendimiento del electromotor)}$$

$$\rho_b = 0,68 \text{ (rendimiento de la bomba)}$$

$$W = 0,27 \text{ C.V.} \sim 0,3 \text{ C.V.} (= 199,5 \text{ W}).$$

Así pues, se colocará una bomba de 0,5 C.V. (368 W), con una

válvula de compuerta para regular el caudal.

Segundo caso

Caso en que se considera, además de la impulsión a los tanques de diámetro 2 metros, la impulsión a los tanques de cultivo de diámetro 4 metros. De esta manera, además de la bomba de 0,5 C.V. se necesitará otra bomba con las características siguientes:

$$Q = 5,03 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_m = 5 + 2,93 = 7,93 \text{ m.c.a.}$$

$$W = 0,85 \text{ C.V.}$$

Se colocará una bomba de 1 C.V. (736 W).

Tercer caso

Caso para llevar agua a las piscinas de diámetro 6 metros, será preciso instalar un grupo de bombeo de las siguientes características:

$$Q = 0,023 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_m = 5 + 3,08 = 8,08 \text{ m.c.a.}$$

$$W = 3,96 \text{ C.V.} \sim 4 \text{ C.V. (2.944 W).}$$

1.4.2. Datos técnicos de las bombas

Las bombas a instalar en la piscifactoría son las siguientes:

- 1 bomba centrífuga monoturbina, con una presión máxima admitida de 6 kp/cm² y una temperatura máxima del agua de 40°C. El voltaje es de 380 V y 50 Hertz y con una potencia de 0,5 C.V. (368 W).
- 1 bomba centrífuga monoturbina, con una presión máxima admitida de 6 kp/cm² y con una temperatura máxima del agua de 40°C. El voltaje es de 380 V y 50 Hertz con una potencia de 1 C.V. (736 W).
- 2 bombas de 4 C.V. (2.944 W), el funcionamiento de las cuales se alternará semanalmente. Se tratará de dos bombas centrífugas, monoturbina, de una presión máxima admitida de 8 kp/cm² y para una temperatura máxima del agua de 40°C. Voltaje de 380 V y 50 Hertz.

1.4.3. Elementos de la instalación de las bombas hidráulicas

- 1.- Colador o alcachofa de aspiración con una válvula de retención.
- 2.- Tubería de aspiración.
- 3.- Manómetros: uno a la entrada y otro a la salida de la bomba.
- 4.- Válvula de compuerta: grifo que regula el caudal del agua.
- 5.- Caudalímetro.
- 6.- Válvula de retención: antiarriete.

1.5. Dimensionado de las conducciones del agua para el reciclaje

Se trata de las tuberías que llevan el agua de los tanques de cultivo hacia los filtros para la recirculación.

La recirculación del agua en la piscifactoría se realizará de forma continuada, y los tanques de cultivo se vaciarán mediante el fenómeno de los vasos comunicantes (ver detalle del tanque de cultivo en el plano 3 del anejo I). Por lo tanto, no es necesario el bombeo para la realización de esta operación.

Las tuberías serán de plástico PVC y tendrán una presión nominal de 6 atmósferas. Veámoslas separadamente:

Tubería A'

Conducción de agua para reciclar de una hilera de tanques de cultivo de diámetro 6 metros.

$$Q = 7,53 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

diámetro de cálculo: 97,98 mm

diámetro interior comercial: 103,6 mm

110 x 3,2 mm

$$v_{\text{real}} = 0,89 \text{ m/s}$$

Tubería B'

Tramo de tubería que recoge el agua para reciclar de las dos hileras de tanques de cultivo de diámetro 6 metros.

$$Q = 0,015 \text{ m}^3/\text{s}$$

diámetro de cálculo: 123,60 mm

diámetro interior comercial: 131,8 mm

140 x 4,1 mm

$$v_{\text{real}}: 1,09 \text{ m/s}$$

Tubería C'

Tubería que recoge el agua de los tanques de cultivo de diámetro 4 metros para reciclar.

$$Q = 5,02 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

diámetro de cálculo: 80 mm

diámetro interior comercial: 84,6 mm

90 x 2,7 mm

$$v_{\text{real}} = 0,89 \text{ m/s}$$

Tubería D'

Tubería que conduce el agua de los tanques de cultivo de diámetro 2 metros para reciclar.

$$Q = 1,39 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

diámetro interior comercial: 46,4 mm

50 x 1,8 mm

$$v_{\text{real}} = 0,82 \text{ m/s}$$

Tubería E'

Tramo de tubería que conduce el agua de todos los tanques de cul-

tivo de diámetro 6 metros para reciclar.

$$Q = 0,0226 \text{ m}^3/\text{s}$$

diámetro de cálculo: 169,7 mm

diámetro interior comercial: 169,4 mm

180 x 5,3 mm

$$v_{\text{real}}: 1,003 \text{ m/s}$$

Tubería F'

Tubería que transporta el agua proveniente de todos los tanques de cultivo hacia el área de reciclaje de la piscifactoría.

$$Q = 0,029 \text{ m}^3/\text{s}$$

diámetro de cálculo: 171,86 mm

diámetro interior comercial: 188,2 mm

200 x 5,9 mm

$$v_{\text{real}} = 1,042 \text{ m/s}$$

1.6. Instalación de las conducciones de desagüe hacia la balsa de sedimentación

1.6.1. Dimensionado de las tuberías de desagüe hacia la balsa de sedimentación

El agua circula por estas conducciones por gravedad, sin bombeo, y conduce el agua de los tanques de cultivo hacia la balsa de sedimentación (se cumple la normativa mediante la cual el agua de la piscifactoría no se puede verter directamente a la red general de alcantarillado o al cauce público).

Todas las tuberías de la instalación son de P.V.C. y es necesario que sean de una presión nominal de 6 atmósferas.

Tubería 1

Consiste en el rebosadero de seguridad de los tanques de cultivo de 6 metros de diámetro. Debe poder evacuar el mismo caudal de agua que

entra al tanque de cultivo. Así pues:

$$Q = 3,91 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 1,0 \text{ m/s}$$

diámetro interior comercial = 70,6 mm

75 x 2,2 mm

$$v_{\text{real}} = 0,99 \text{ m/s}$$

Tubería 2

Conducción de los desagües de cada una de las hileras de tanques de cultivo de diámetro 6 metros.

$$Q = 0,0235 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 1,0 \text{ m/s}$$

diámetro de cálculo = 172,99 mm

diámetro interior comercial = 188,2 mm

200 x 5,9 mm

$$v_{\text{real}} = 0,84 \text{ m/s}$$

Tubería 3

Rebosadero y tubería de desagüe de los tanques de cultivo de diámetro 4 metros.

diámetro interior comercial = 59,2 mm

63 x 1,9 mm

Tubería 4

Tubería de desagüe de la hilera de los tanques de cultivo de diámetro 4 metros.

$$Q = 0,0167 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 1,0 \text{ m/s}$$

diámetro de cálculo = 146,05 mm

diámetro interior comercial = 150,6 mm

160 x 4,7 mm

$v_{real} = 0,93 \text{ m/s}$

A continuación se puede observar la figura 14.2, donde se muestra la instalación de las conducciones de desagüe de los tanques de cultivo hacia la balsa de sedimentación.

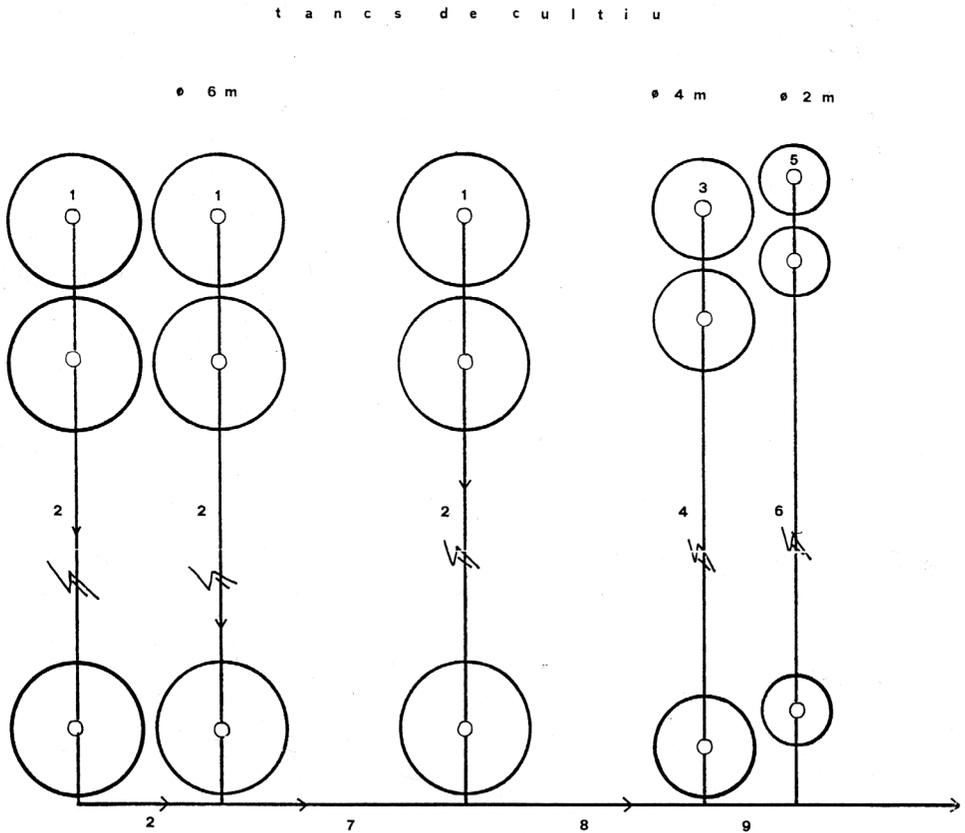


Figura 14.2. Instalación de las conducciones de los tanques de cultivo a la balsa de

sedimentación

Tubería 5

Rebosadero de los tanques de cultivo de diámetro 2 metros.

$$Q = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 1,0 \text{ m/s}$$

$$\text{diámetro de cálculo} = 0,0146 \text{ m}$$

$$\text{diámetro interior comercial} = 29,2 \text{ mm}$$

$$32 \times 1,4 \text{ mm}$$

$$v_{\text{real}} = 1,0 \text{ m/s}$$

Tubería 6

Conducción de los desagües de la hilera de tanques de cultivo de 2 metros de diámetro.

$$Q = 6,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 1 \text{ m/s}$$

$$\text{diámetro de cálculo} = 92,41 \text{ mm}$$

$$\text{diámetro interior comercial: } 103,6 \text{ mm}$$

$$110 \times 3,2 \text{ mm}$$

$$v_{\text{real}} = 0,79 \text{ m/s}$$

Tubería 7

Conducción del agua procedente de la doble hilera de tanques de 6 m de diámetro.

$$Q = 0,0471 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 1,0 \text{ m/s}$$

diámetro de cálculo = 244,93 mm

diámetro interior comercial = 296,6 mm

315 x 9,2 mm

$v_{\text{real}} = 0,68 \text{ m/s}$

Tubería 8

Conducción del agua de todos los tanques de cultivo de diámetro 6 m hacia la balsa de sedimentación.

$Q = 0,070 \text{ m}^3/\text{s}$

$v = 1,0 \text{ m/s}$

diámetro de cálculo = 294,2 mm

diámetro interior comercial = 296,6 mm

315 x 9,2 mm

$v_{\text{real}} = 1,022 \text{ m/s}$

Tubería 9

Conducción del agua de todos los tanques de la piscifactoría.

$Q = 0,086 \text{ m}^3/\text{s}$

$v = 1,0 \text{ m/s}$

diámetro interior comercial = 296,6 mm

315 x 9,2 mm

$v_{\text{real}} = 1,25 \text{ m/s}$

Tubería 10

El filtro mecánico extraerá los residuos sólidos, contenidos en el agua de cultivo, en forma de fangos. Estos fangos llegarán a la balsa de sedimentación mediante una tubería de las siguientes características: diá-

metro interior comercial de 103,6 mm, 110 x 3,2 mm y una presión nominal PN-06 atmósferas (0'6Mpa).

1.6.2. Cálculo de las pérdidas de carga de las tuberías de desagüe hacia la balsa de sedimentación

Las pérdidas de carga de las tuberías de los rebosaderos de los tanques de cultivo (tubería 1,3 y 5) se consideran despreciables.

Tubería 2

Se trata de una tubería con servicio en ruta, con:

$$\Delta h = 0,0051 \text{ m.c.a.}$$

Tubería 4

Tubería con servicio en ruta, con:

$$\Delta h = 7,15 \cdot 10^{-3} \text{ m.c.a.}$$

Tubería 6

$$\Delta h = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ m.c.a.}$$

1.7. Conducción de abastecimiento de agua de reposición

Diariamente, se calcula que en la piscifactoría se pierde un 5% del volumen total del agua, a causa básicamente de la evaporación y de la eliminación de los fangos contenidos en el agua mediante el filtro mecánico. Esta agua perdida diariamente se debe reponer para que se mantenga constante el nivel del agua en cada tanque. Esto se conseguirá mediante un sencillo sistema de una boya mecánica en cada tanque de cultivo, y una conducción de circuito cerrado para mantener la misma presión en todos sus puntos. También se puede conseguir el mismo efecto mediante una instalación adecuada con electrosondas de nivel, pero su coste es más elevado.

A continuación se indican los cálculos correspondientes a la sección de la tubería:

$$V \text{ total de agua a la piscifactoría} = 523 \text{ m}^3$$

$$\text{Reposición diaria aproximada: } 5\% \text{ del volumen total} = 26 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q = 3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 1,0 \text{ m/s}$$

diámetro de cálculo = 19,6 mm

diámetro interior comercial = 22,6 mm

25 x 1,2 mm

$$v_{\text{real}} = 0,75 \text{ m/s}$$

1.8. Conducción de abastecimiento de agua al invernadero destinada a la limpieza

Alrededor del invernadero se instalará una tubería de agua potable destinada básicamente a abastecer la máquina limpiadora a presión de los tanques de cultivo.

El caudal de la máquina de limpieza será de 600 l/h ($1,67 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$). Esto requiere una tubería de un diámetro interior de 20,60 mm. Ahora bien, se debe tener en cuenta la posibilidad de que en un futuro se instale otra máquina de limpieza a presión y más posibles usos del agua. Así pues, se colocará una tubería de diámetro interior comercial igual a 29,2 mm, 32 x 1,4 mm, de PVC y de una presión nominal de 6 atmósferas.

2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

2.1. Introducción

Es necesario que a la parcela donde se ubique la piscifactoría llegue una línea de baja tensión (B.T.) proveniente de una acometida de la Compañía suministradora, con conductores aislantes hasta el cuadro general de protección situado en el interior del invernadero. A partir de este cuadro partirán todas las líneas de la explotación.

La instalación de B.T. se distribuirá en dos líneas principales: la de fuerza motriz y la de alumbrado. La línea de fuerza será de corriente trifásica y a 380/660 V y 50 Hertz, y alimentará básicamente la maquinaria de la piscifactoría. En cuanto a la línea de alumbrado se alimenta de corriente monofásica a 220 V y suministra energía eléctrica a la red de alumbrado de la explotación.

En la instalación eléctrica se seguirá, en todo momento, el vigente Reglamento electrotécnico de B.T. así como la Instrucción complementaria MI BT 027 y 17; se realizará con cable de cobre aislante con P.V.C., bajo conducto protector.

2.2. Cálculo de las necesidades de iluminación artificial

2.2.1. Introducción

Para calcular el número de puntos de luz del invernadero y del edificio de oficinas y servicios, se utilizan las siguientes expresiones.

- Índice del lo

$$I.L. = \frac{Longitud \times Anchura}{AlturaLámpara \times (Longitud + Anchura)}$$

- Factor de transmisión:

$$K = C.U. \times C.C.$$

C.U.: coeficiente de utilización. Es función del I.L.

C.C.: coeficiente de conservación. Es función de la frecuencia de limpieza que se realice en la cámara o local, y de la actividad que se lleve a cabo.

- Necesidad de iluminación: lux necesarios (E) en función de la actividad que se realice. 1 lux = 1 lumen/m².

- Luz emitida: (ϕ) flujo de luz que emiten las lámparas

$$N = \frac{E S}{K \phi}$$

- Número de puntos de luz:

S: superficie (m²)

2.2.2. Invernadero

• Piscifactoría

- Índice del local: I.L. = 6,00

- Factor de transmisión:

$$K = CU \times CC;$$

$$K = 0,57 \times 0,7 = 0,399$$

- Necesidad de luz: E = 50 lux

- Suministro de luz: Fluorescentes de 40 W, F = 2.700 lumen.

- Superficie: $S = 1.664 \text{ m}^2$
- Número de puntos de luz: $N = \frac{50 \times 1.664}{0,399 \times 2.700} = 77,23 \sim 78$ tubos fluorescentes en lámparas con difusor de plástico.

• Laboratorio

- Índice del local: I.L. = 0,51
- Factor de transmisión:
 $K = CU \times CC$
 $K = 0,43 \times 0,9 = 0,387$
- Necesidad de luz: $E = 300 \text{ lux}$
- Suministro de luz: Fluorescente de 40 W, $F = 2.700 \text{ lumen}$
- Superficie: $S = 7 \text{ m}^2$
- Número de puntos de luz: $N = 1,34 \sim 2$ tubos fluorescentes en lámparas con pantalla de plástico.

• Almacén

- Índice del local: I.L. = 1,71
- Factor de transmisión:
 $K = CU \times CC$
 $K = 0,47 \times 0,7 = 0,329$
- Necesidad de luz: $E = 50 \text{ lux}$
- Suministro de luz: Fluorescente de 40 W, $F = 2.700 \text{ lumen}$
- Superficie: $S = 75 \text{ m}^2$
- Número de puntos de luz: $N = 4,22 \sim 5$ tubos fluorescentes en lámparas con difusor de plástico.

• Sala de envasado

- Índice del local: I.L. = 1,71

- Factor de transmisión:

$$K = CU \times CC$$

$$K = 0,56 \times 0,9 = 0,504$$

- Necesidad de luz: $E = 300 \text{ lux}$

- Suministro de luz: Fluorescente de 40 W, $F = 2.700 \text{ lumen}$

- Superficie: $S = 70,81 \text{ m}^2$

- Número de puntos de luz: $N = 15,61 \sim 16$ tubos fluorescentes con pantalla de plástico.

2.2.3. Edificio de oficinas y servicios

• Despacho del gerente

- Índice del local: I.L. = 0,672

- Factor de transmisión:

$$K = CU \times CC$$

$$K = 0,43 \times 0,9 = 0,30$$

- Necesidad de luz: $E = 500 \text{ lux}$.

- Suministro de luz: Fluorescente de 40 W, $F = 2.700 \text{ lumen}$

- Superficie: $S = 16,65 \text{ m}^2$

- Número de puntos de luz: $N = 7,96 \sim 8$ tubos fluorescentes en lámparas con pantalla de plástico.

• Despacho del veterinario

- Índice del local: I.L. = 0,56

- Factor de transmisión:

$$K = CU \times CC$$

$$K = 0,43 \times 0,9 = 0,387$$

- Necesidad de luz: $E = 500 \text{ lux}$.

- Suministro de luz: Fluorescente de 40 W, $F = 2.700 \text{ lumen}$

- Superficie: $S = 11,20 \text{ m}^2$

- Número de puntos de luz: $N = 5,36 \sim 6$ tubos fluorescentes en lámparas con pantalla de plástico.

• **Recepción-administración**

- Índice del local: I.L. = 0,576

- Factor de transmisión:

$$K = CU \times CC$$

$$K = 0,43 \times 0,9 = 0,387$$

- Necesidad de luz: $E = 500 \text{ lux}$.

- Suministro de luz: Fluorescente de 40 W, $F = 2.700 \text{ lumen}$

- Superficie: $S = 11,62 \text{ m}^2$

- Número de puntos de luz: $N = 5,56 \sim 6$ tubos fluorescentes en lámparas con pantalla de plástico.

• **Archivo**

- Índice del local: I.L. = 0,26

- Factor de transmisión:

$$K = CU \times CC$$

$$K = 0,49 \times 0,9 = 0,441$$

- Necesidad de luz: $E = 300 \text{ lux}$.

- Suministro de luz: Incandescencia transparente de 100 W, $F = 1.600 \text{ lumen}$

- Superficie: $S = 2,40 \text{ m}^2$

- Número de puntos de luz: $N = 1,0 \sim 1$ bombilla incandescente transparente con pantalla metálica brillante.

• **Pasillo-distribuidor**

- Índice del local: I.L. = 0,638

- Factor de transmisión:

$$K = CU \times CC$$

$$K = 0,35 \times 0,9 = 0,315$$

- Necesidad de luz: $E = 100 \text{ lux}$
- Suministro de luz: Fluorescente de 40 W, $F = 2.700 \text{ lumen}$
- Superficie: $S = 10 \text{ m}^2$
- Número de puntos de luz: $N = 1,17 \sim 2$ tubos fluorescentes en lámparas con difusor de plástico.

• Vestuarios y servicios del personal

- Índice del local: I.L. = 0,96
- Factor de transmisión:
 $K = CU \times CC$
 $K = 0,43 \times 0,9 = 0,389$
- Necesidad de luz: $E = 300 \text{ lux}$
- Suministro de luz: Fluorescente de 40 W, $F = 2.700 \text{ lumen}$
- Superficie: $S = 26,22 \text{ m}^2$
- Número de puntos de luz: $N = 7,48 \sim 8$ tubos fluorescentes en lámparas con pantalla de plástico.

• Lavabos

- Índice del local: I.L. = 0,23
- Factor de transmisión:
 $K = CU \times CC$
 $K = 0,45 \times 0,9 = 0,405$
- Necesidad de luz: $E = 150 \text{ lux}$
- Suministro de luz: Lámpara de incandescencia transparente de 60 W, $F = 810 \text{ lumen}$
- Superficie: $S = 1,87 \text{ m}^2$
- Número de puntos de luz: $N = 0,86 \sim 1$ bombilla incandescente transparente con pantalla metálica normal.

- **Sala de productos de limpieza**

- Índice del local: I.L. = 0,271

- Factor de transmisión:

$$K = CU \times CC$$

$$K = 0,43 \times 0,9 = 0,387$$

- Necesidad de luz: E = 300 lux

- Suministro de luz: Fluorescente de 40 W, F = 2.700 lumen

- Superficie: S = 2,6 m²

- Número de puntos de luz: N = 0,74 ~ 1 tubo fluorescente en lámpara con pantalla de plástico.

2.3. Descripción de las líneas de alumbrado

2.3.1. Introducción

Las líneas de alumbrado, como ya se ha dicho, son de 220 V y monofásicas.

Se sigue, en todo momento, el Reglamento electrotécnico de B.T. y la Instrucción MI BT 027 para el invernadero (local húmedo) y la Instrucción técnica complementaria MI BT 017 para el edificio de oficinas y servicios. En cualquier caso, dicha normativa ha sido actualizada mediante el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51, publicadas en el BOE nº: 224 del 18 de septiembre del 2002.

La instalación se realizará con cable de cobre aislado con P.V.C., bajo conducto protector.

En el anejo I – plano 5 se puede observar la planta de instalaciones eléctricas del invernadero y en el plano 6 el esquema eléctrico de alumbrado.

2.3.2. Invernadero

En el invernadero se instalarán cuatro líneas de alumbrado, las cuales se describen seguidamente. A saber:

L1: línea de iluminación de las piscinas de diámetro 2 y 4 metros, de la zona de la maquinaria, entrada del invernadero y del laboratorio, con un total de 36 tubos fluorescentes de 40 W cada uno (1.440 W en total).

L2: línea de iluminación de una hilera de piscinas de diámetro 6 metros, del almacén y de la sala de envasado, con un total de 41 fluorescentes de 40 W cada uno (1.640 W en total).

L3: línea de iluminación de la doble hilera de piscinas de 6 metros de diámetro, con 20 tubos fluorescentes de 40 W cada uno (800 W en total).

L4: línea de alumbrado exterior del invernadero con 4 lámparas de vapor de mercurio de 1.000 W cada una (4.000 W en total).

2.3.3. Edificio de oficinas y servicios

L5: línea de iluminación de los despachos y administración-recepción del edificio de oficinas y servicios, con 20 tubos fluorescentes de 40 W cada uno (800 W en total).

L6: línea de 8 enchufes de 2.000 W de los despachos y administración-recepción del edificio de oficinas y servicios (16.000 W en total).

L7: línea de iluminación de los vestuarios, lavabos, archivo, sala productos de limpieza y pasillo-distribuidor. En total 11 fluorescentes de 40 W cada uno, 1 lámpara de incandescencia de 100 W y 2 de 60 W (660 W en total).

L8: línea de 7 enchufes de 2.000 W de los vestuarios, lavabos, archivo y sala para los productos de limpieza (14.000 W en total).

2.3.4. Alumbrado exterior

L9: línea de 7 lámparas de 1.000 W de vapor de mercurio de los báculos individuales para el alumbrado exterior (7.000 W en total).

L10: línea de 10 lámparas de 700 W cada una de vapor de mercurio de los báculos dobles para el alumbrado exterior, 2 incandescencias de 400 W para el alumbrado del acceso a la parcela y 4 incandescencias de 60 W cada una del alumbrado de la marquesina para los aparcamientos (8.040 W en total).

2.4. Cuadro de la potencia absorbida por la instalación del alumbrado

El dato de potencia de los fluorescentes, incandescencias y enchufes se refiere siempre a la potencia activa (P activa).

Para saber la potencia aparente ($P_{aparente}$) y la potencia reactiva ($P_{reactiva}$) correspondientes:

$$P_{aparente} = \frac{P_{activa}}{\cos \phi}$$

$$P_{reactiva} = P_{aparente} \times \sin(\arccos \phi)$$

En el Cuadro 14.1 se muestra la potencia activa, aparente y reactiva de cada una de las líneas de alumbrado. Los cálculos se realizan para cada unidad y por el total de cada línea.

Cuadro 14.1. Potencia absorbida en la instalación del alumbrado

Línea	P activa		cos ϕ	P aparente		P reactiva	
	Unidad	Total		Unidad	Total	Unidad	Total
L1	40	1.440	0,85	47	1.694	25	892
L2	40	1.640	0,85	47	1.929	25	1.016
L3	40	800	0,85	47	941	25	496
L4	1.000	4.000	0,85	1.176	4.706	619	2.479
L5	40	800	0,85	47	941	25	496
L6	2.000	16.000	1	2.000	16.000	-	-
L7	40	440	0,85	47	518	25	273
	100	100	1	100	100	-	-
	60	120	1	60	120	-	-
		660			738		273
L8	2.000	14.000	1	2.000	14.000	-	-
L9	1.000	7.000	0,85	1.176	8.235	619	4.338
L10	700	7.000	0,85	824	8.240	434	4.341
	400	800	1	400	800	-	-
	60	240	1	60	240	-	-
		8.040			9.280		4.341

2.5. Dimensionado de las líneas de alumbrado

En el Cuadro 14.2. se muestran los datos del dimensionado de las

diferentes líneas de alumbrado.

Las fórmulas utilizadas para determinar los datos del dimensionado de las líneas de alumbrado se indican a continuación:

- Potencia activa: potencia activa total de las líneas, expresada en Watt.
- Intensidad (Amperes): I

En el caso de los tubos fluore: $I = \frac{1,8 \times P}{V}$ intensidad eléctrica se calculará por aplicación de la fórmula:

según la Hoja de instrucción núm. 6, donde P es la potencia $I = \frac{P}{V}$ voltaje.

En enchufes y otros, se aplicará la expresión:

- Sección: sección transversal del hilo conductor (mm^2) en función de la intensidad. Nunca será menor a $1,5 \text{ mm}^2$.

- Magnetotérmico: (PIA) interruptor automático para la protección de la instalación eléctrica. Va en función de la intensidad que soporta la línea.

- CP: conducto de protección en mm^2 , según la MI BT 17 (Tabla V). Su sección nunca será inferior a los $2,5 \text{ mm}^2$.

- % cdt: caída de tensión de la línea. Según la norma REBT %cdt $\leq 3\%$. Se calcula:

$$\%cdt = \frac{2 P L}{56 S V} \frac{100}{V} = \frac{2 \times 100}{56 S V^2} P L = \frac{2 \times 100}{56 S V^2} \sum (I \cos \varphi) L.$$

donde P es la potencia activa, L: longitud de la línea, S: sección del conductor, V: voltaje e I: intensidad.

Línea	Potencia activa (W)	I (Amperes)	Sección (mm ²)	Magneto-térmico	CP (mm ²)	cdt%
L1	1.440	11,78	4	20	4	3
L2	1.640	13,42	4	20	4	3
L3	800	6,55	2,5	10	2,5	2,27
L4	4.000	32,72	16	40	16	2,82
L5	800	6,55	1,5	10	2,5	0,40
L6	16.000	72,72	35	100	25	0,6
L7	840	4,6	1,5	6	2,5	0,73
L8	14.000	63,63	25	100	16	0,5
L9	7.000	57,27	35	63	25	3
L10	8.040	65,78	16	63	16	2,6

2.6. Líneas principales de alumbrado

2.6.1. Invernadero

L1, L2, L3 y L4

$$\Sigma I = 64,5 \text{ A.}$$

* Interruptor magnetotérmico: 100 A

* Sección del conductor: 25 mm²

* Interruptor diferencial: 100 A/30 mA

* Conductor de protección: 16 mm²

2.6.2. Edificio de oficinas y servicios

L5, L6, L7 y L8

$$\Sigma I = 147,5 \text{ A}$$

* Interruptor magnetotérmico: 200 A

* Sección del conductor: 95 mm²

* Diferencial toroidal: 200 A/30 mA

* Conductor de protección: 50 mm²

2.6.3. Alumbrado exterior

L9 y L10

$$\Sigma I = 123,05 \text{ A}$$

* Interruptor magnetotérmico: 125 A

* Sección del conductor: 70 mm²

* Interruptor diferencial: 200 A/30 mA

* Conductor de protección: 35 mm²

2.7. Descripción de las líneas de fuerza motriz

2.7.1. Introducción

La instalación seguirá el Reglamento electrotécnico de baja tensión y la Instrucción MI BT 027 que trata de las instalaciones en locales de características especiales. En el presente caso, se trata de una piscifactoría, y se considera un local húmedo.

La instalación irá provista de los correspondientes montajes antihumedad.

En el anejo I – plano 5 y 7 se puede observar el esquema eléctrico de fuerza motriz del invernadero de la piscifactoría.

2.7.2. Invernadero

F1: 10 motores de los filtros de desagüe de los tanques de cultivo de 2 metros de diámetro, de 75 W cada uno. También 9 motores de los filtros de desagüe de los tanques de cultivo de 4 metros de diámetro, de 100 W cada uno.

F2: 6 motores de los filtros de desagüe de una hilera de tanques de cultivo de 6 metros de diámetro, de 130 W cada uno.

F3: 12 motores de los filtros de desagüe de tanques de cultivo de 6 metros de diámetro, de 130 W cada uno.

F4: 15 enchufes de 2.000 W a un lateral del invernadero.

F5: 11 enchufes de 2.000 W a la zona central del invernadero.

F6: 10 enchufes de 2.000 W a un lateral del invernadero.

F7: 1 motor del filtro mecánico de 250 W.

F8: 1 electro-ventilador de la caldera de 300 W.

F9: 2 bombas de la caldera de 200 W cada una.

F10: enchufe de 22.000 W al lado del depósito de oxígeno, según exigencia de la compañía suministradora.

F11: electro-bomba de aspiración-impulsión de 368 W.

F12: electro-bomba de aspiración-impulsión de 736 W.

F13: electro-bomba de aspiración-impulsión de 2.944 W.

F14: electro-bomba de aspiración-impulsión de 2.944 W.

2.8. Potencia absorbida por la instalación de la fuerza motriz

En el Cuadro 14.3. se muestran las potencias activa, aparente y reactiva. Los valores de potencia aparente y reactiva han sido

$$P_{\text{aparente}} = \frac{P_{\text{activa}}}{\cos \varphi}$$

$$P_{\text{reactiva}} = P_{\text{aparente}} \times \sin(\arccos \varphi)$$

Los cálculos se realizan para cada elemento y por el total de cada una de las líneas. Así:

Línea	P activa		la potencia absorbida por la instalación de la fuerza $\cos \phi$	P aparente		P reactiva	
	Unidad	Total		Unidad	Total	Unidad	Total
F1	75 750	100 900 <u>1.650</u>	0,8 0,8	94 938	125 1.125 <u>2.063</u>	56 563	75 675 <u>1.238</u>
F2	130	780	0,8	163	975	98	585
F3	130	1.560	0,8	163	1.950	98	1.170
F4	2.000	4.000	0,8	2.500	37.500	1.500	22.500
F5	2.000	800	0,8	2.500	27.500	1.500	16.500
F6	2.000	16.000	0,8	2.500	25.000	1.500	15.000
F7	250	250	0,8	313	313	188	188
F8	2.000	14.000	0,8	375	375	225	225
F9	1.000	7.000	0,8	250	500	150	300
F10	2000	20.000	0,8	27.500	27.500	16.500	16.500
F11	368	368	0,8	460	460	276	276
F12	736	736	0,8	920	920	552	552
F13	2.944	2.944	0,8	3.680	3.680	2.208	2.208
F14	2.944	2.944	0,8	3.680	3.680	2.208	2.208

2.9. Dimensionado de las líneas de fuerza motriz

- L: línea de fuerza motriz
- P act: potencia activa (W)
- I_n : intensidad nominal (A). $I = P/\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi$
- F.C.: factor de corrección para calcular la intensidad de arranque (I_a). El fac-

tor de corrección se obtendrá en la Tabla I, según la Instrucción MI BT 034.

Potencia del motor (kW)	Constante máxima de proporcionalidad entre I_a y I_n
0,75 - 1,5	4,5
1,5 - 5	3
5 - 15	2
> 15	1,5

- I_a : intensidad de arrancada (A). $I_a = I_n \cdot FC$

- S: sección del hilo conductor (mm^2)

- Magnetotérmico: (PIA) interruptor para la protección de la instalación eléctrica. Viene determinado por la intensidad de la línea.

- C.P.= conducto de protección (mm^2). Es función de la sección del hilo conductor. Nunca será una sección inferior a $2,5 \text{ mm}^2$. Se calcula, según la Instrucción MI BT 04, Tabla V.

- % cdt: caída de tensión de la línea. La normativa permite una caída de tensión máxima del 5% para las líneas de fuerza motriz. La expresión utilizada para el cálculo de la caíd

$$\%cdt = \frac{\sqrt{3} \cdot P \cdot L}{56 \cdot S \cdot V} \cdot \frac{100}{V} \text{ ente:}$$

L	P act	In	la	S	Mag	C P	%cdt
F1	750 900 1.650	1,4 1,7	7,7	1,5	10	2,5	1,27
F2	780	1,5	6,7	1,5	10	2,5	0,70
F3	1.560	3	9	1,5	10	2,5	1,69
F4	30.000	57		25	63	16	1,03
F5	22.000	41,8		16	50	16	2,79
F6	20.000	38,0		16	50	16	2,94
F7	250	0,5	2,1	1,5	6	2,5	0,03
F8	300	0,6	2,6	1,5	6	2,5	0,06
F9	400	0,75	3,4	1,5	6	2,5	0,08
F10	22.000	41,8		16	50	16	0,3
F11	368	0,7	3,15	1,5	6	2,5	0,08
F12	736	1,4	6,3	1,5	10	2,5	0,16
F13	2.944	5,6	16,8	4	20	4	0,24
F14	2.944	5,6	16,8	4	20	4	0,24

El diferencial (interruptor) de todas las líneas de fuerza será de 40 Amperes y de una sensibilidad de 300 mA.

2.10. Línea principal de fuerza motriz

Se tendrá:

$$\Sigma I = (1,4 + 7,7) + 6,7 + 9 + 57 + 41,8 + 38 + 2,1 + 2,6 + 3,4 + 41,8 + 3,15 + 6,3 + 16,8 + 16,8 = 254,5 \text{ A.}$$

Interruptor magnetotérmico: 300 A

Sección del conductor: 150 mm²

Diferencial toroidal: 300 A / 300 mA.

Sección del conductor de protección: 95 mm².

2.11. Potencia a contratar

En cuanto a las líneas de alumbrado, será necesario contratar con la Compañía suministradora una potencia de 54,6 kW, considerándose el

alumbrado total de la parcela el formado por el del invernadero, el edificio de oficinas y servicios y el alumbrado exterior de la urbanización.

Para las líneas de fuerza, no se considera la potencia activa total para la contratación de la potencia, ya que no es nada probable que todas las líneas de fuerza se utilicen a la vez (coeficiente de simultaneidad bajo). Por esto no se consideran los enchufes de las líneas F4 y F5. Así pues, la potencia a contratar, en cuanto a la fuerza motriz, será de 54 kW.

Por tanto, se contratarán un total de 109 kW de potencia por todos los conceptos, con la compañía eléctrica suministradora.

3. INSTALACIÓN DEL GAS NATURAL

La explotación, en este caso, se beneficia de suministro continuo de gas natural. En su defecto, convendría diseñar una instalación de gases licuados del petróleo (propano o butano), con su depósito correspondiente aéreo o subterráneo.

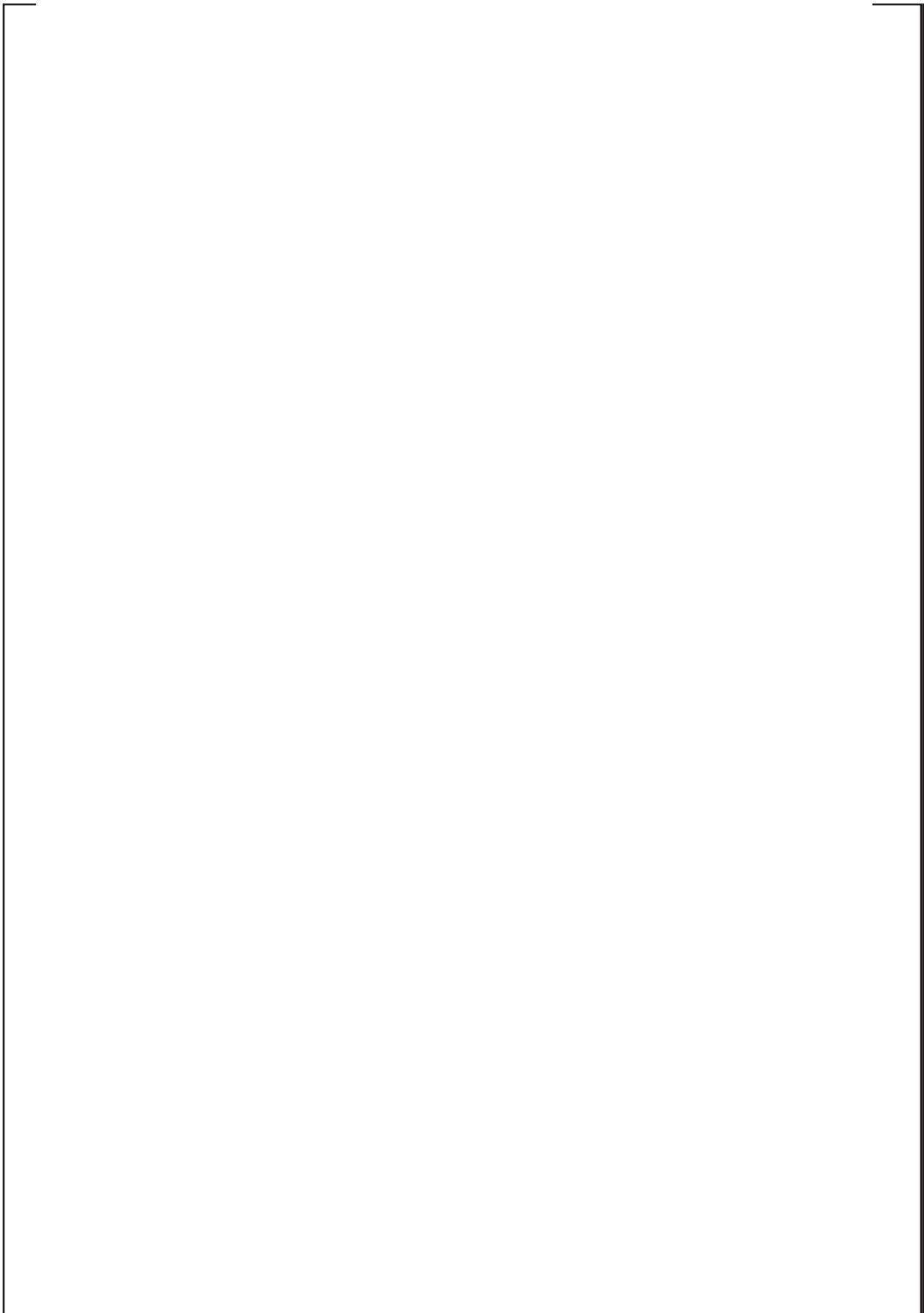
Se instalará una tubería de polietileno que conducirá el gas natural de la red general hasta el invernadero; de esta manera alimentará la caldera destinada al calentamiento del agua de cultivo de la piscifactoría. La tubería atraviesa la zona urbanizada de la parcela mediante un paso subterráneo convenientemente protegido, según puede observarse en los planos adjuntos.

El contador del gas natural se ubicará en la valla principal de la parcela para facilitar su lectura.

4. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Dado que la posibilidad de incendio en este caso, a causa de las características de los elementos constructivos y productos almacenados, es baja, se ha previsto un sencillo repartimiento de mangueras y extintores. Estos se colocarán en lugares convenientemente estudiados y señalizados, de acuerdo con la normativa vigente NBE-CPI/96 ("Condiciones de protección contra incendios en los edificios", según el Real Decreto 2.177/1996, de 4 de octubre del mismo año, publicado en el BOE nº: 261 de 29/10/96) y sus disposiciones complementarias.

Para la protección contra incendios, se ubicará una manguera móvil enrollada a cada extremo del invernadero. En el edificio de oficinas y servicios se colocará, en un lugar bien accesible, un extintor de polvo seco polivalente.



El laboratorio (situado en el invernadero) dispondrá de un botiquín completo para los primeros auxilios.

CAPÍTULO 15

- ELEMENTOS PARA LA RECIRCULACIÓN DEL AGUA -

1. FILTRO MECÁNICO

1.1. Características

El filtro mecánico tiene la función de separar las partículas sólidas en suspensión que contiene el agua que proviene de los tanques de cultivo.

Se trata de un filtro mecánico y autolimpiante, el cual está constituido por un tambor cilíndrico, con paredes formadas por unas placas de microtamiz. Trabaja sin presión y está constituido por una estructura robusta (ver el anejo II – fotografía 12).

El líquido se filtra de lado a lado de la periferia del lento tambor rotativo. Ayudadas por los elementos del filtro con una estructura especial de celdas, las partículas son separadas del líquido, de manera que no se fragmentan. Los sólidos separados son repasados del filtro de malla dentro la cubeta de acumulación de sólidos con agua limpia mediante unos inyectores. A continuación, son descargados del tambor y conducidos a una balsa de decantación. Estos sólidos se pueden utilizar como fertilizantes orgánicos en la agricultura.

El tambor está constituido por diferentes elementos de filtro, según el diámetro. El tambor y el tanque están hechos de acero inoxidable de gran calidad. La estructura de los elementos del filtro, la rueda del cojinete y el cojinete del eje central están construidos en plástico resistente. El filtro de malla está hecho de acero a prueba de ácido.

La operación del filtro tambor será continua, aunque también puede ser controlada automáticamente y se puede escoger el nivel de automatización.

En el anejo I – plano 3 se puede observar con detalle la distribución de todos los elementos de reciclaje del agua de cultivo.

1.2. Datos técnicos y especificaciones

El modelo de filtro de tambor mecánico escogido para las necesidades de la piscifactoría tiene las siguientes características técnicas:

- Piscifactoría con recirculación de agua: 25 mg/l como máximo de sólidos en suspensión.
- Máxima capacidad de caudal (l/s): 48.
- Obertura de la malla del filtro (micras): 40.
- Potencia efectiva del motor (kW): 0,25.
- Flujo de agua para repasar a 8 bar (l/s): 0,60.
- Área del filtro (m²): 2,70.
- Número de elementos: 6.

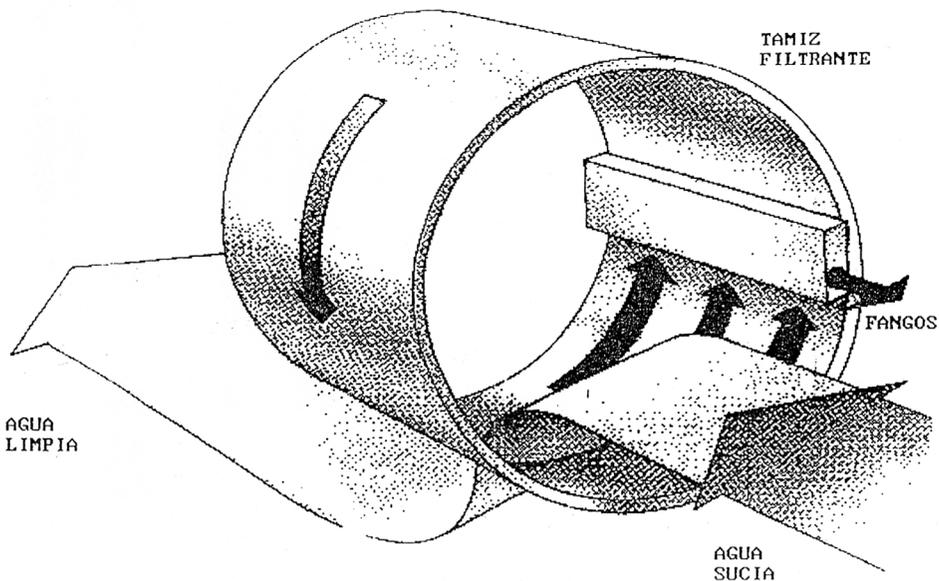


Figura 15.1. Esquema del filtro mecánico del agua de la piscifactoría

2. FILTRO BIOLÓGICO

El agua proveniente del filtro mecánico anteriormente descrito pasa al tanque de reserva, y después de ser bombeada pasa al filtro biológico, por la parte superior, y cae por gravedad a través de los granos de arena recubiertos con bacterias (ver el anejo II – Fotografía 12).

2.1. Datos técnicos

El filtro biológico tiene una forma cilíndrica, y sus datos técnicos son los siguientes:

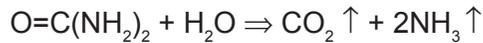
- Altura (mm): 2.500.
- Diámetro (mm): 1.100.
- Superficie (m²): 0,89.
- Entrada y salida (mm): 90.
- Caudal: de 12 a 37 m³/h.
- Presión de servicio: 1,5 bar.
- Se necesitarán 3 filtros biológicos de estas características en la piscifactoría que nos ocupa.

2.2. Características

El agua resultante del cultivo de la anguila contiene, entre otros, amoníaco, ácidos orgánicos y productos resultantes del metabolismo (catabolismo) del animal.

Aunque la piscifactoría consta de un sistema complejo de recirculación del agua, es necesaria una renovación diaria del 5% del volumen total del agua para diluir los productos metabólicos y los ácidos orgánicos.

El amoníaco, que es producto final del metabolismo de las proteínas, es eliminado mayoritariamente por las branquias del pez, y el resto por la orina. Otra parte del nitrógeno excretado lo es en forma de urea. Ésta es degradada por vía bacteriana en forma de gas carbónico y de amoníaco, según la reacción química siguiente:



Podemos encontrar la forma amoniacal en estado molecular: NH_3 o en estado iónico: NH_4^+ . La reacción de los dos estados es la siguiente:



En cuanto al amonio puede llegar a ser tóxico; es por eso que se debe eliminar del agua de cultivo.

Para eliminar el ión amonio disuelto en el agua, se utiliza un filtro biológico. Éste se basa en la nitrificación llevada a cabo por las bacterias autótrofas del género *Nitrosomonas*, con la oxidación del amoníaco en nitritos (NO_2^-). Los Nitrobácters oxidan los nitritos en nitratos (NO_3^-).

Cuando el agua penetra dentro del filtro biológico pasa por una columna de arena, en la superficie de la cual hay una película de bacterias. Cuando pasa el agua por la arena, las bacterias absorben los iones amonio y nitrito, los cuales son descompuestos mayoritariamente en forma de dióxido de carbono y en agua (CO_2 y H_2O). De esta manera, los niveles de los residuos resultan inofensivos y no perjudican el crecimiento de la anguila.

Combinado con niveles elevados del pH y de la temperatura, el amonio llega a ser más tóxico. Es por esta razón que deben muestrearse los niveles de amonio y relacionarlos continuamente con los parámetros de la temperatura y del pH.

pH	10°C	15°C	20°C
a diferentes temperaturas	0,3	0,4	0,5
7,5	1,1	1,3	1,5
7,6	1,4	1,6	1,9
7,7	1,8	2,1	2,4
7,8	2,3	2,6	3,0
7,9	2,9	3,3	3,8
8,0	3,6	4,1	4,7
8,1	4,6	5,2	6,0
8,2	5,7	6,5	7,3
8,3	7,1	8,0	9,1
8,4	8,9	9,9	11,2
8,5	11,1	12,3	13,7
8,8	20,3	22,1	24,2
9,0	29,1	32,3	35,8
9,5	57,6	59,8	62,1

Fuente: Centro Técnico de Ingeniería Rural, de las Aguas y Forestal - Agrupación de Bordeaux - División de Gestión del Litoral y la Acuicultura (1980)

NH ₄ ⁺ (mg/l)		NO ₂ ⁻ (mg/l)		NO ₃ ⁻ (mg/l)		pH	Temperatura del agua (°C)
1	2	1	2	1	2		
0,05	0,05	T	T			8,0	18,2
T	0,08					7,9	21,0
T	TLT	T	TLT			7,9	17,5
T	TLT	T	TLT			7,9	17,5
T	TLT	T	TLT			7,9	17,5
T	TLT	T	TLT	6,6	6,6	7,9	17,5
T	TLT	T	TLT	7,4	7,7	7,8	17,5
TLT	TLT	T	TLT	8,0	8,2	7,8	18,5
TLT	TLT	T	TLT	13,0	15,0	7,8	20,5
TLT	TLT	T	TLT	2,8	2,9	7,9	20,0
TLT	TLT	T	TLT	3,2	3,3	7,9	20,0
TLT	TLT	T	TLT	2,2	2,6	7,8	21,5
TLT	TLT	T	TLT	5,1	5,1	7,8	20,0
T	TLT	T	TLT	7,9	7,9	7,9	21,5

Fuente: Centro Técnico de Ingeniería Rural, de las Aguas y Forestal - Agrupación de Bordeaux - División para la Gestión del Litoral y la Acuicultura (1980)

1 = antes de la filtración.

2 = después de la filtración.

T = trazas, es decir, concentraciones inferiores a 0,1 mg/l para el NH₄⁺ y a 0,02 mg/l para el NO₂⁻

TLT = trazas más ligeras, es decir, concentraciones inferiores a las trazas, pero no nula.

Se instalará un sensor para medir la cantidad de amonio en el agua de cultivo de las piscinas, que irá conectado al centro de mando de la piscifactoría y a un sistema de alarma.

El filtro biológico de arena en forma de columna («packed column»), tiene una gran capacidad de tratamiento en un volumen relativamente pequeño (3.300 m² de superficie de arena con bacterias/m³ de volumen de filtro).

3. CALENTAMIENTO DEL AGUA DE CULTIVO

3.1. Necesidades

El caudal de agua es de 105 m³/h (volumen de agua x 0,2 renovaciones/hora). La temperatura ideal para el cultivo de la anguila es de 28°C. Una vez el agua calentada a esa temperatura pasa a los tanques de cultivo. Durante este proceso se considera una pérdida de temperatura nula, gracias al aislamiento realizado en las tuberías al que ya nos hemos referido. Durante el trayecto del agua hacia la caldera, una vez reciclada, y en el mismo tanque de cultivo, se considera que hay una pérdida total de temperatura de 3,5°C, en el peor de los casos. También se tiene en cuenta la renovación diaria del agua.

Cálculo de las necesidades de calor; se realiza por la fórmula clásica:

$$Q_t = M_t \times C_e \times \Delta t$$

donde M_t es el caudal del agua, C_e es el calor específico del agua y « Δt » el incremento de temperatura. Así pues, se tiene:

$$Q_t = 105.000 \text{ l/h} \times 1 \text{ kcal/}^\circ\text{C l} \times (28-24,5)^\circ\text{C} = 367.500 \text{ kcal/h.}$$

3.2.- La caldera

3.2.1. Construcción

La caldera está construida por dos colectores planos (Figura 10.5: 1 y 2) unidos mediante un haz tubular vertical (3 y 4), formando la cámara de combustión (5). Por la parte exterior de los tubos pasan los gases quemados hacia el exterior.

El ventilador de extracción (8) crea una depresión en la cámara de combustión, en el haz tubular y en el colector de humos. El colector superior (1) hace la función de colector-intercambiador.

3.2.2. Funcionamiento

El agua de circulación de los radiadores entra en el colector-intercambiador por el tubo (Figura 10.5: 11) y sale por el (12). Esta circulación de la caldera, juntamente con los radiadores, forma el primer circuito.

Con el quemador encendido, el agua contenida en los tubos verticales circula subiendo por los tubos más calientes y bajando por los más alejados de la cámara de combustión, con lo cual se establece una circulación intensa termosifónica. Este ciclo constituye el segundo circuito.

3.2.3. Características

Caldera a gas natural o GLP, que cumple la normativa europea de gas: 90/390/C.E.E.

Potencia útil: 434 termias. 503 KW.

Caudal de gas natural: 50,66 m³/h

Presión hidráulica en bar: prueba: 6; trabajo: 4

Rendimiento útil % PCI: 94/97.

El cuadro de mandos está compuesto por los siguientes elementos: interruptor M/P, termostato de regulación y seguridad, termómetro de ida y retorno, contador horario, piloto de demanda de calor, piloto de obertura de la válvula de gas, piloto por falta de presión de gas y piloto de sobrecalentamiento.

Nota: 1 termia = 1.000 kcal/h.

3.2.4. Dimensiones

Se corresponden a la caldera proyectada en la instalación que nos ocupa. Los datos vienen dados en milímetros. Ver la figura 15.2.

A: 669

E: 190

B: 715

F: 220

C: 560

Peso en kg: 350

Diámetro: 350

Figura 15.2. Vistas de la caldera de agua

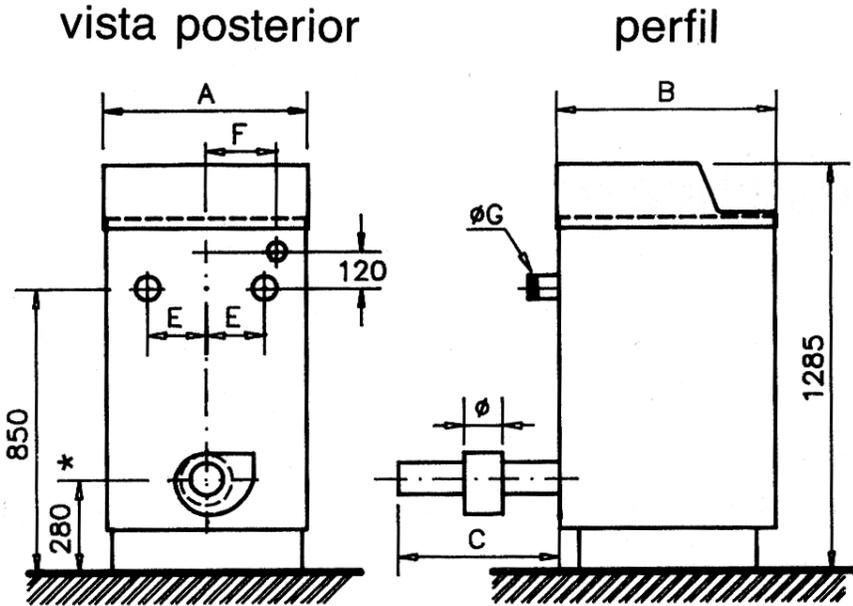
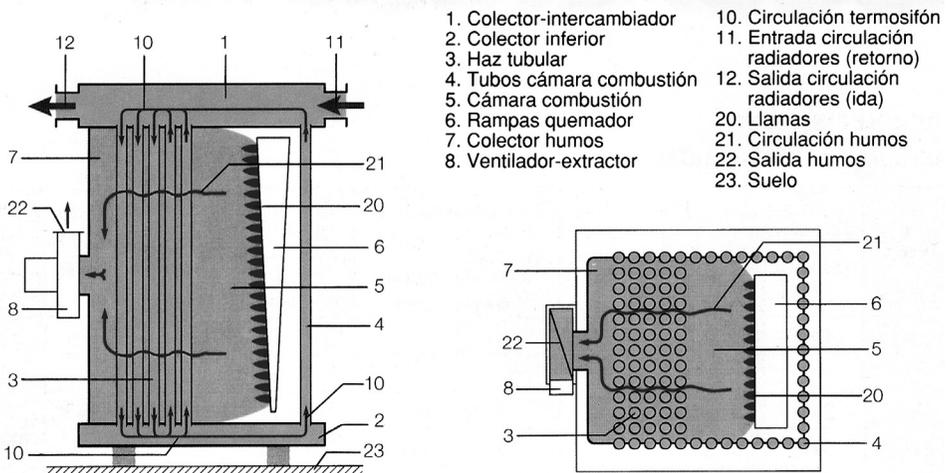


Figura 15.3. Partes y funcionamiento de la caldera de agua



3.3. Acumulador de calor

Se instalará un depósito de inercia para evitar que la caldera esté continuamente poniéndose en marcha y parando para calentar el agua. Su capacidad ha de ser de un litro de agua por cada termia instalada (1 termia = 1.000 kcal/hora). Así pues se debe proyectar un depósito de inercia de 434 litros de volumen.

3.4. Intercambiadores de calor

El intercambiador de calor es el elemento de la instalación donde el agua proveniente de la caldera o acumulador cede calor al agua de cultivo de la piscifactoría.

El intercambiador está formado por una serie de placas de acero INOX 313. El agua, al pasar por los orificios del intercambiador de calor, sufre una pérdida de carga aproximada de 3 metros de columna de agua.

En la figura adjunta 15.4 se muestra la instalación para la producción de agua caliente.

3.5. Características del combustible

El combustible a utilizar es el gas natural o bien el GLP, tal y como ya se ha indicado en diversas partes de nuestro libro.

Las características de este combustible (caso del gas natural) son las siguientes:

- P.C.S: 10.200 kcal/m³
- P.C.I: 9.200 kcal/m³
- Densidad relativa respecto al aire: 0,60
- Índice de Wobbe: 13.200
- Aire teórico: 12,3 kg/m³
- Humos secos: 9,32 m³/m³
- Vapor de agua de la combustión: 1,70 kg/m³

4. OXIGENACIÓN DEL AGUA DE CULTIVO

4.1. Utilización de oxígeno puro

La concentración de oxígeno contenida en el aire es del 21 por 100, mientras que en el agua, a 15°C, no es más que del 0,7 por ciento. Estas cifras demuestran hasta qué punto resulta importante para los peces la concentración de oxígeno disuelto en el agua.

Cuando el agua contiene una baja concentración de oxígeno, los peces tienen dificultad para extraerlo y se pueden producir problemas vitales. Es por eso que es preferible utilizar oxígeno puro para la oxigenación del agua de cultivo, ya que los valores de saturación son cinco veces mayores que si se utiliza aire para tal efecto.

Existe la posibilidad de utilizar aire en lugar de oxígeno, pero en este caso, se habría de insuflar mucha cantidad para incorporar un poco de oxígeno. Si el aire se insufla a presión se puede sobrepasar este valor, pero también se puede sobresaturar de nitrógeno y producirse el síndrome de la embolia gaseosa por formación de burbujas, a la que ya nos hemos referido en capítulos anteriores de nuestro libro.

Las ventajas fundamentales de la incorporación del oxígeno son:

- a) Incremento de la producción: con la misma cantidad de agua. También se disminuye el tiempo de crecimiento del animal.
- b) Aumento de la calidad del agua: debido al oxígeno, se produce una menor

cantidad de nitratos, de amoníaco no ionizado y de nitrógeno y CO_2 disuelto.

c) Flexibilidad en la producción: mediante la regulación del caudal de oxígeno.

d) Ahorro de bombeo de agua: la sobreoxigenación del agua permite un ahorro de ésta.

e) Oxigenación de emergencia: permite solucionar algunos problemas generados por falta de aportación de agua.

f) Compensación por elevada temperatura: debido a la temperatura, se produce una disminución de la solubilidad de oxígeno en el agua, compensada con la utilización de oxígeno puro.

4.2. Sistema de oxigenación del agua de cultivo

La oxigenación del agua hasta saturación se realizará mediante un reactor de oxígeno (ver el anejo II – fotografía 14).

Para enriquecer el agua con oxígeno puro, es completamente ventajoso que la presión del agua en el reactor sea de 0,5 a 1,5 atmósferas. En este reactor, el cual en parte está ocupado por oxígeno, el agua se pulveriza en sentido descendente. Como el reactor está cerrado, no habrá pérdidas de oxígeno.

Mediante el cierre de la válvula se puede aumentar la presión cuanto más oxígeno queramos que se disuelva.

El reactor de oxígeno dispone de una válvula de seguridad, conexiones para la entrada y salida, manómetro y tubo indicador del nivel de agua.

El material del reactor de oxígeno es plástico (SS 304). Su capacidad es de 80 a 140 m^3/h (0,022 - 0,039 m^3/s). Las dimensiones son: 0,75 metros de diámetro y 2 metros de altura.

Una vez el agua ha pasado por todo el proceso de reciclaje vuelve a los tanques de cultivo.

4.3. Circuito para la oxigenación del agua de cultivo

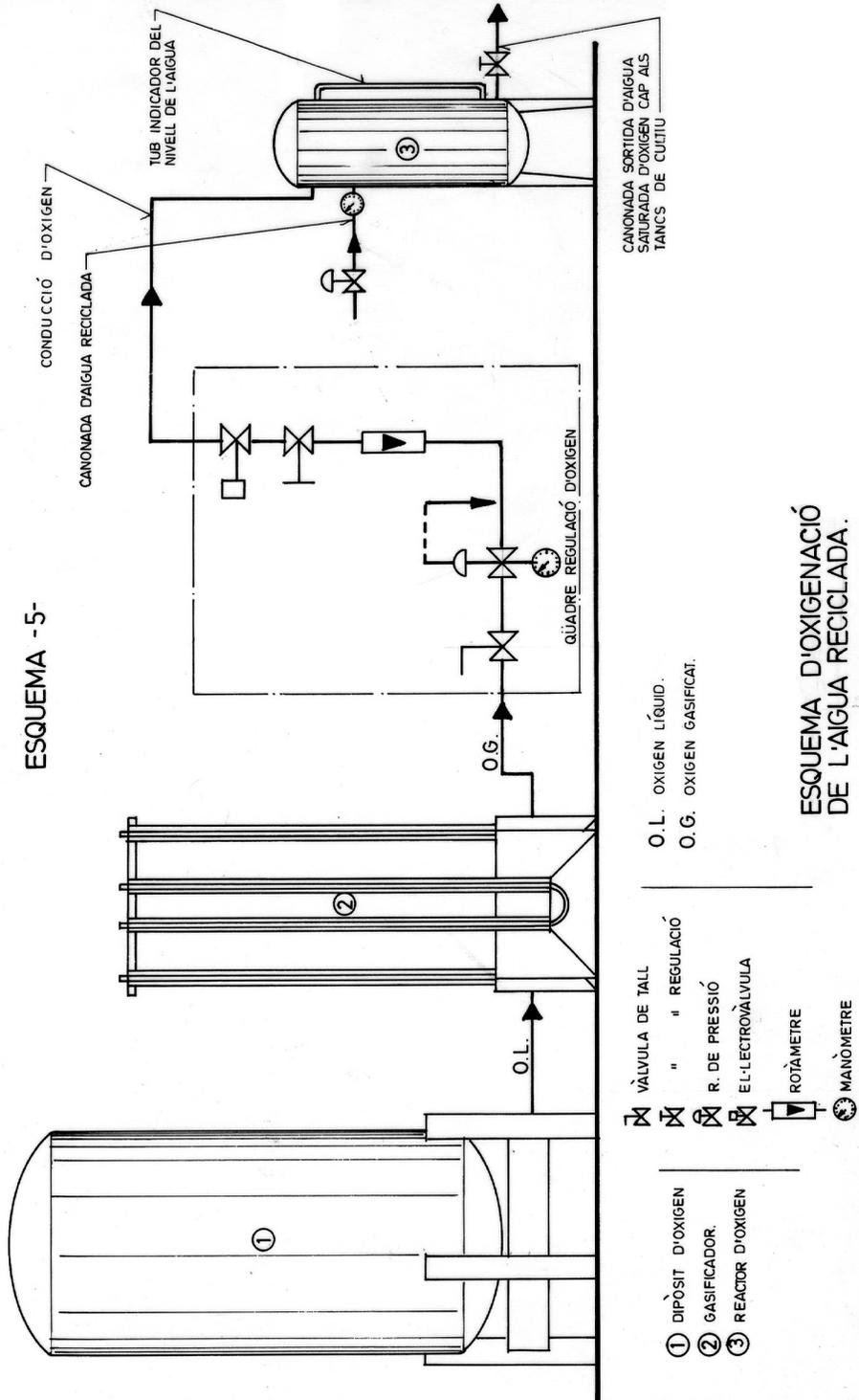
Como se puede observar en la fotografía 16 del anejo II, en el exterior del invernadero, sobre una banqueta de dimensiones aproximadas: 5,00 x

4,00 x 0,15 m y vallada, se colocará el depósito de oxígeno y el gasificador ambiental (o evaporador), en régimen de alquiler a la empresa suministradora. Se exige que en este recinto descrito se instale una toma de agua y un enchufe de 22 kw de fuerza. También habrá un cuadro para la regulación del oxígeno, que constará de una válvula de corte, de regulación, de retención, un regulador de presión, un rotámetro (medidor del caudal) y una electroválvula.

El oxígeno licuado del depósito se transforma en gas en el evaporador, y se conduce hacia el reactor de oxigenación del interior del invernadero mediante un tubo de acero inoxidable de 1/2" de diámetro.

El depósito criogénico estático para el almacenamiento del oxígeno líquido tendrá una capacidad útil de 3.000 litros, una altura total de 4.070 mm y un diámetro de 1.600 mm. Su peso en vacío es aproximadamente de 3.000 kg y lleno de oxígeno líquido de 6.400 kg.

Figura 15.5. Esquema de oxigenación del agua reciclada



4.4. Tanques de cultivo

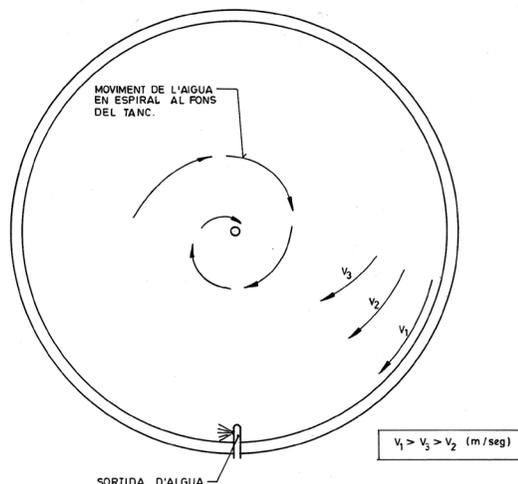
Además de todos los procesos, descritos anteriormente, que sufre el agua para ser reciclada, hay otro elemento importante que permite una reutilización del agua de cultivo y que ésta sea de calidad. Este elemento de la piscifactoría es el denominado "tanque de cultivo".

Los tanques de cultivo de la piscifactoría son de fibra de vidrio, prefabricados y de medidas diferentes, según la fase del proceso productivo que interese en cada momento (de diámetro 2, 4 y 6 metros). La salida del agua al interior del tanque tiene lugar de forma tangencial, y esto favorece un movimiento circular muy lento del agua en el interior del tanque. El fondo troncocónico facilita la acumulación de los residuos sólidos en la zona central del fondo del tanque. Es por eso que se coloca una conducción que lleva el agua con residuos sólidos desde el fondo del tanque hasta el desagüe del agua para reciclar. Este desagüe está situado a un nivel más bajo que el nivel del agua del tanque de cultivo: de esta manera el agua de la conducción circula mediante el principio de los vasos comunicantes. El desagüe está formado por un filtro en forma cilíndrica, de malla metálica, alrededor del cual gira constantemente un cepillo para que no se le adhieran algas y otras sustancias sólidas.

En el anejo I - plano 3 se puede apreciar un detalle de los tanques de cultivo de la piscifactoría.

Figura 15.6. Prototipo de cultivo

en el tanque



PROTOTIP DE VELOCITATS A MITJA PROFUNDITAT
BURROWS I CHENOWETH (1955)

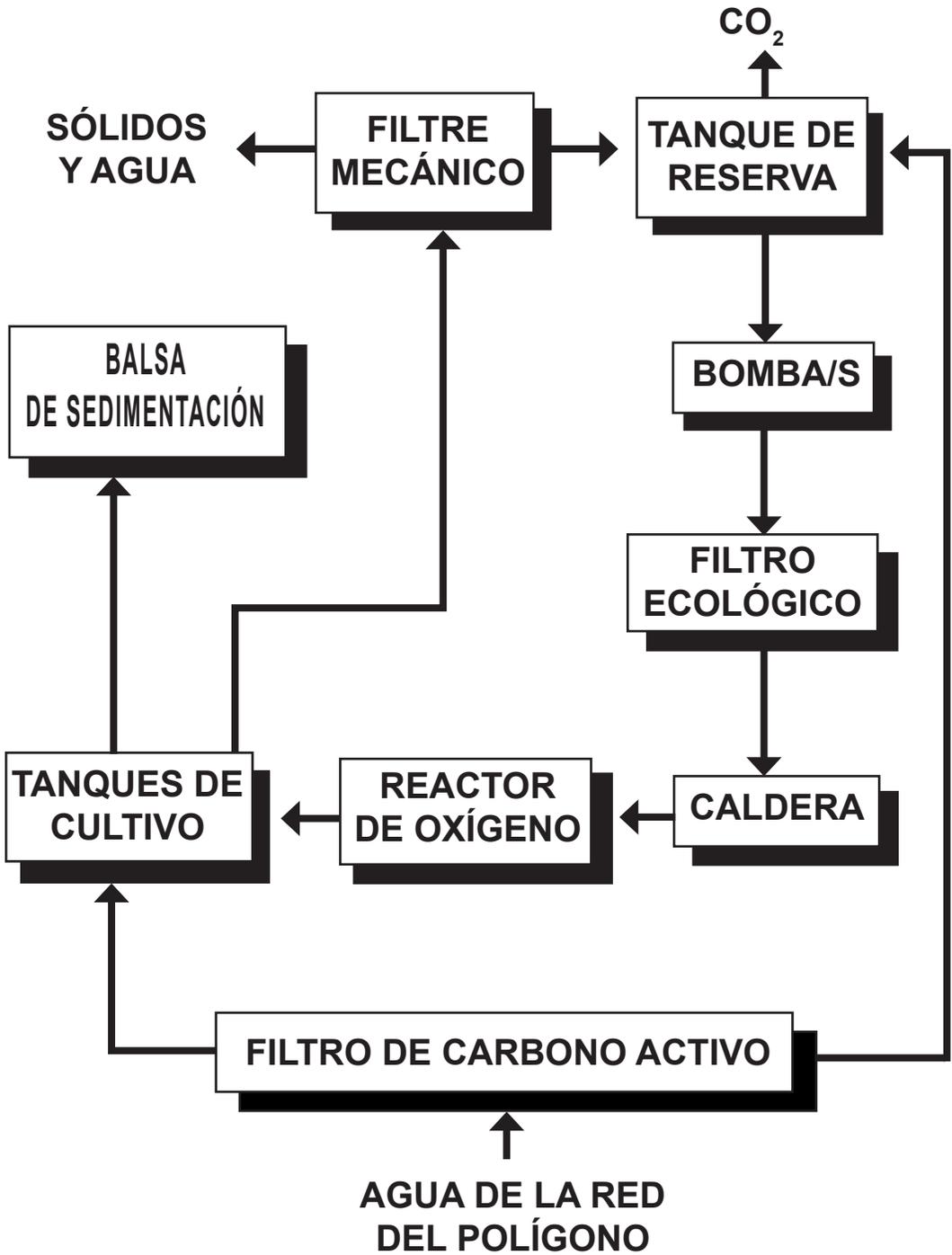


Figura 15.7. Esquema del reciclaje del agua

CAPÍTULO 16

PRESUPUESTO DE LA INVERSIÓN

1. PRESUPUESTOS PARCIALES

1.1. Invernadero

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
CAPÍTULO I				
MOVIMIENTO DE TIERRAS				
1.M ³ Excavación mecánica zanjas y zapatas circulares bajo rasante, refinamiento de taludes y extracción al borde, en terreno compacto.	122,08	810	98.885	
2.M ³ Excavación mecánica zanja para canalización saneamiento horizontal, registros y registro sifónico, refinamiento de taludes y extracción al borde, en terreno compacto.	25,76	810	20.866	
3.M ³ Excavación mecánica para la balsa de sedimentación en terreno compacto, con refinamiento de taludes y extracción al borde.	72	830	59.760	
4.M ³ Excavación mecánica para la realización del tanque de reserva, con refinamiento de taludes y extracción al borde, en terreno compacto.	72,50	830	60.175	
5.M ³ Excavación mecánica con retroexcavadora en zanja para tuberías de agua de la piscifactoría, con refinamiento de taludes y extracción al borde en terreno compacto.	29,97	830	24.875	

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
6.M ³ Excavación mecánica de zanja para canalizar saneamiento laboratorio y pica de limpieza, con refinamiento de taludes y extracción al borde en terreno compacto.	0,23	830	191	
7.M ³ Excavación mecánica para la bancada del tanque de oxígeno y evaporador con refinamiento de taludes y extracción al borde en terreno compacto.	4	830	3.320	
8.M ³ Transporte de tierras y/o escombros al vertedero, incluida carga y descarga sobre vehículo de transporte (se considera un 20% de esponjosidad).	391,85	150	58.778	
9.M ³ Relleno de grava («pedraplenado»), debidamente mojado y apisonado.	348,15	5.632	1.960.781	
CAPÍTULO II CIMENTACIÓN			TOTAL	2.287.631
10.M ³ Hormigón de limpieza en masa, confeccionado en la obra o prefabricado, HM – 20	11,09	9.113	101.063	
11.M ³ Hormigón armado en pilares periféricos con hormigón prefabricado de HA-25. Cimentación continua armada con redondos de diámetro 12 mm y estribos de 6 mm cada 20 cm.	65,52	12.685	831.121	

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
12.M ³ Hormigón armado HA-25 en la cimentación circular de los pilares internos del invernadero.	13,10	9.957	130.437	
13.M ³ Hormigón armado zapata tanque de reserva, de 60 x 60 cm con hormigón confeccionado en la obra de 250 kp/cm ² , con 4 varillas de diámetro 10 mm y estribos de 8 mm cada 25 cm.	9,36	15.765	147.560	
14.M ³ Hormigón armado zapata balsa de sedimentación de 60 x 60 cm con hormigón confeccionado en la obra de 250 kp/cm ² , con 4 varillas de diámetro 10 mm y estribos de diámetro 6 mm cada 25 cm.	12,96	13.164	170.605	
15.M ³ Cimentación bancada tanque de oxígeno y evaporador con hormigón confeccionado en la obra de 250 kp/cm ² .	4	9.364	37.456	
CAPÍTULO III ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO		TOTAL	1.418.242	
16.M ³ Pavimento interior invernadero, hormigón armado (HA – 25) con mallazo de diámetro 6 mm, de 40 x 60, vertido y vibrado.	166,4	11.070	1.842.048	
17.M ³ Hormigón armado muro tanque de reserva, hormigón confeccionado en obra de 250 kp/cm ² , con 1 varilla de diámetro 8 mm cada 12 cm.	10,92	5.270	57.548	

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
18.M ³ Hormigón armado losa del fondo tanque de reserva, con hormigón de 250 kg/cm ² confeccionado en la obra y mallazo de 5 mm de diámetro de 15 x 15 cm.	3,8	4.062	15.436	
19.M ³ Hormigón armado muro balsa de sedimentación, hormigón confeccionado en la obra de 250 kp/cm ² , 1 varilla de 6 mm de diámetro cada 15 cm.	7,2	4.873	35.086	
20.M ³ Hormigón armado losa de fondo de la balsa de sedimentación, con hormigón 250 kg/cm ² con mallazo de diámetro 5 mm de 15 x 15 cm.	7,2	4.062	29.246	
			TOTAL	1.979.364
CAPÍTULO IV		5.632	1.960.781	
SANEAMIENTO HORIZONTAL				
21.Ud Arqueta para registro de 30 x 30 cm interior, rebozada y con rejilla.	3	5.830	17.490	
22.Ud Arqueta para registro de 40 x 40 cm interior, rebozada y con rejilla.	4	6.341	25.364	
23.Ud Arqueta para registro de 50 x 50 cm interior, rebozada y con rejilla.	1	6.850	6.850	
24.Ud Arqueta para registro de 60 x 60 cm interior, rebozada y con rejilla.	1	7.191	7.191	

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
25. Ud Arqueta para registro de 70 x 70 cm interior, rebozada y con rejilla.	1	10.482	10.482	
26. Ud Arqueta para registro de 80 x 80 cm interior, rebozada y con rejilla.	1	12.423	12.423	
27. Ud Arqueta sumidero 9,25 x 0,6 m, rebozada y con rejilla en el centro del invernadero.	1	69.088	69.088	
28. Ud Arqueta sumidero 60 x 60 cm, rebozada y con rejilla en un acceso del invernadero.	1	7.171	7.171	
29. MI Tubería bajante de PVC, 2,5 atm y 160 mm de diámetro.	18,6	1.297	24.124	
30. MI Tubería saneamiento de PVC, de 5 atm y 160 mm de diámetro.	84	1.196	100.464	
31. MI Tubería saneamiento de PVC, 5 atm y 200 mm de diámetro.	90	1.631	146.790	
32. MI Tubería saneamiento de PVC de 5 atm y 315 mm de diámetro.	7,56	3.879	29.325	
33. MI Tubería saneamiento de PVC de 5 atm y 355 mm de diámetro.	5	4.200	21.000	
34. MI Tubería de saneamiento del laboratorio y pica de limpieza de PVC de 5 atm y 110 mm de diámetro.	11	890	9.790	
			<u>TOTAL</u>	<u>487.552</u>

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
CAPÍTULO V				
ESTRUCTURA METÁLICA Y ACCESOS INVERNADERO				
35.Ud Estructura metálica galvanizada según norma UNE 36130/76 y ASTM-525/83-6-90. Se incluyen pilares, puertas, canalones, omegas.	1	2.129.383	2.129.383	
36.M ² Cobertura de 4 naves con plástico de P.E. térmico de 0,2 mm de grosor. $S_{\text{coberta}} = \text{coef. desarrollo} \times S_{\text{útil}}$	2.569	140	359.660	
37.M ² Paredes terminales, frontales y laterales de material asfáltico ondulado de 2 mm de grosor.	568	780	443.040	
38.M ² Material aislante de poliéster de super-onda de 1 mm de grosor, paredes terminales, frontales y laterales.	568	790	448.720	
39.M ² Tela de sombrear de rafia para cubrir toda la superficie ocupada por las piscinas.	1.280	300	384.000	
			<u>TOTAL</u>	<u>3.764.803</u>

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
TOTAL CAPÍTULO VI				
RAMO DE PALETA				
40.M ² Pared de cierre del almacén y sala de envasado de 10 cm de grosor de fábrica de ladrillo cerámico 29x14x10 cm para revestir colocado con un mortero mixto 1:2:10.	138,25	1.300	179.725	
41.M ² De enyesado regleado sobre pared vertical interior y exterior con yeso.	276,5	1.605	443.782	
42.MI Semiviguetas cubierta almacén, laboratorio y sala de envasado de perfil T invertida, 0,60 m de intereje.	250	756	189.000	
43.M ² Placas prefabricadas de yeso para falso techo del almacén, sala de envasado y laboratorio de 0,60 x 0,60 m.	155,3	639	99.237	
CAPÍTULO VII				
CIERRES METÁLICOS			TOTAL	911.744
44.Ud Puertas de aluminio de 2 metros de ancho y 2,10 m de altura.	2	6.347	12.694	
45. Ud Puerta de aluminio de 0,70 metros de anchura y 2,00 metros de altura.	1	4.978	4.978	
46.Ud Ventanas con marco de aluminio, a 1,20 m de altura, de 1,50 y 1,20 m de anchura. Color plata mate, cristales, cerradura y otros.	4	9.750	39.000	
	1	7.865	7.865	
			TOTAL	64.537

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
TOTAL CAPÍTULO VIII INSTALACIÓN ELÉCTRICA				
47.Ud Línea general de electricidad, alumbrado a base de cable trenzado aéreo de baja tensión hasta el invernadero, con acometida completa con contador trifásico de doble tarifa, caja con contador, material, montaje y comprobación. - Caja con doble aislamiento con interruptor magnetotérmico 38 A y diferencial de 40 A y 30 mA para la protección general. Protecciones individuales. Montaje, material de fijación y mano de obra para la instalación.	1	107.360	107.360	
48.Ud Instalación líneas de alumbrado, con 49 puntos de iluminación, con fluorescentes de 40 W, incluidas lámparas y instalación. Línea de alumbrado de emergencia. Líneas de fuerza. Línea general distribución y retornos. Interruptores magnetotérmicos y relés diferenciales protección líneas de alumbrado y fuerza. Material y mano de obra.	1	435.267	435.267	
49.Ud Cable perimetral y arqueta para la toma de tierra, con cable desnudo, incluido material, montaje, comprobación y protecciones en puesta a tierra.	1	20.000	20.000	
			<u>TOTAL</u>	<u>562.627</u>

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
CAPÍTULO IX				
INSTALACIÓN LAMPISTERÍA				
50.MI Tubería de PVC de F 20 mm, con los accesorios correspondientes, incluida la instalación.	10	98	980	
51.Ud Boyas para la reposición de agua a los tanques de cultivo.	37	200	7.400	
52.MI Tubería de PVC de F 25 mm, con los accesorios correspondientes, incluida la instalación.	168	101	16.968	
53.MI Tubería de PVC de F 32 mm, con los accesorios correspondientes, incluida la instalación.	119,5	119	14.221	
54.MI Tubería de PVC de F 40 mm, con los accesorios correspondientes, incluida la instalación.	16	230	3.680	
55.MI Tubería de PVC de F 50 mm, con los accesorios correspondientes, incluida la instalación.	54	290	15.660	
56.MI Tubería de PVC de F 90 mm, con los accesorios correspondientes, incluida la instalación.	33,5	735	24.623	
57.MI Tubería de PVC de F 110 mm, con los accesorios correspondientes, incluida la instalación.	169,5	1.066	180.687	

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
58.MI Tubería de PVC de F 140 mm, con los accesorios correspondientes, incluida la instalación.	48,5	1.725	83.663	
59.MI Tubería de PVC de F 180 mm, con los accesorios correspondientes, incluida la instalación.	18	2.841	51.138	
60.MI Tubería de PVC de F 200 mm, con los accesorios correspondientes, incluida la instalación.	68,7	3.489	239.694	
61.MI Tubería de PVC de F 250 mm, con los accesorios correspondientes, incluida la instalación.	8	5.401	43.208	
62.MI de tubería de PVC de F 315 mm, con los accesorios correspondientes, incluida la instalación.	15	8.550	128.250	
			<u>TOTAL</u>	<u>810.172</u>
CAPÍTULO X				
SANITARIO				
63.Ud Doble pica para el laboratorio de porcelana vitrificada.	1	8.625	8.625	
64.Ud Picas para la limpieza de los enseres de la piscifactoría incluida la colocación.	1	12.331	12.331	
			<u>TOTAL</u>	<u>20.956</u>

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
CAPÍTULO XI				
MAQUINARIA				
65.Ud Bomba centrífuga de 0,5 CV	1	22.000	22.000	
66.Ud Bomba centrífuga de 1 CV	1	28.000	28.000	
67.Ud Bomba centrífuga de 4 CV	2	84.000	168.000	
68.Ud Grupo electrógeno de gasolina de 13 CV de potencia, de arranque automático.	1	448.000	448.000	
69.Ud Caldera	1	2.106.610	2.106.610	
70.Ud Congelador	1	80.000	80.000	
			TOTAL	2.852.610
CAPÍTULO XII				
EQUIPO RECICLAJE				
	9	41.697	375.273	
71.Ud Filtro desagüe para cada una de las piscinas.	10	47.708	477.080	
	18	51.464	926.352	
72.Ud Filtro mecánico.	1	1.387.000	1.387.000	
73.Ud Filtro biológico.	1	51.000	51.000	
74.Ud Reactor de oxígeno.	1	277.981	277.981	
75.Ud Filtro de carbono activo.	1	51.749	51.749	
76.Equipo de sondas para el control de los parámetros del agua de cultivo: oxígeno, pH, amonio. Instalación y sistema de alarma.	1	400.000	400.000	
77.Ud Tanques de cultivo: diámetro = 2 m	10	100.000	1.000.000	
diámetro = 4 m	9	175.000	1.575.000	
diámetro = 6 m	18	250.000	4.500.000	
			TOTAL	11.021.435

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
CAPÍTULO XIII				
MATERIAL PISCIFACTORÍA				
78.Ud Báscula digital conecta- da al ordenador.	1	280.000	280.000	
79.Ud Báscula convencional.	1	55.000	55.000	
80.Ud Clasificadora de peces.	1	1.150.000	1.150.000	
81.Ud Tanques para el trans- porte interno de peces.	2	49.661	99.322	
82.Ud Red para angulas.	2	9.391	18.782	
83.Ud Red para anguilas.	2	11.270	22.540	
84.Ud Alimentadores automáti- cos con mecanismo de relojería.	9	17.600	158.400	
85.Ud Alimentadores automáti- cos de autoservicio, incluido el soporte y demás accesorios.	37	14.466	535.242	
86.Ud Banqueta móvil para ac- ceder a los tanques de cultivo.	12	9.234	110.808	
87.Ud Equipo material para el laboratorio: medidor portátil de pH, de oxígeno disuelto y de amoníaco, termómetro y demás material.	1	1.100.000	1.100.000	
			<u>TOTAL</u>	<u>3.530.094</u>

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
CAPÍTULO XIV MOBILIARIO Y EQUIPO INFORMÁTICO				
88.Ud Mobiliario laboratorio, almacén y sala de envasado.	1	200.000	200.000	
89.Ud Equipo informático	1	200.000	200.000	
			<u>TOTAL</u>	<u>400.000</u>

1.2. Edificio de oficinas y servicios

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
CAPÍTULO I MOVIMIENTO DE TIERRAS				
1.M ³ Excavación mecánica zanjas para la cimentación del edificio bajo rasante, incluso refinamiento de taludes y ex- tracción al borde, en terreno compacto.	18,68	810	15.131	
2.M ³ Excavación mecánica para los registros, registro si- fónico y para las zanjas de las conducciones entre registros.	3,15	810	2.552	
3.M ³ Transporte de tierras, in- cluida carga y descarga sobre vehículo (se considera un 20% de esponjosidad).	26,21	150	3.932	
4.M ³ Relleno de grava («pedra- pleno») debidamente mojado y apisonado.	13,56	5.632	76.370	
			<u>TOTAL</u>	<u>97.985</u>

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
CAPÍTULO II				
CIMENTACIÓN				
5.M ³ Relleno de zanjas con hormigón HA-25 confeccionado en la obra y armado según indica el plano núm. 11	18,72	13.319	249.332	
			TOTAL	249.332
CAPÍTULO III				
ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO				
6.M ² Pavimento de hormigón de 0,15 m de espesor del tipo 250 en toda la superficie ocupada por el edificio de oficinas y servicios, vertido y vibrado, incluidas armaduras de hierro de 8 kp/m ² .	14,42	3.500	50.470	
7.M ³ Forjado de semiviguetas de F.A.P. y bovedilla de hormigón canto 20 + 4 cm, interejos 0,70 m, relleno de hormigón fabricado en la obra de 358 kg/m ³ , incluso parte proporcional de zunchos, dinteles, armadura de negativos dinteles y riostras de forjado, todo armado, según plano núm. 11.	31,68	37.491	1.187.715	
			TOTAL	1.238.185
CAPÍTULO IV				
SANEAMIENTO HORIZONTAL				
8.Ud Arqueta para registro de 30 x 30 cm interior, rebozada y con rejilla.	5	5.830	29.150	
9.Ud Arqueta para registro de 40 x 40 cm interior, rebozada, y con rejilla.	2	6.341	12.682	

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
10.Ud Arqueta para registro de 50 x 50 cm interior, rebozada y con rejilla.	1	6.850	6.850	
11.Ud Arqueta para registro de 60 x 60 cm interior, rebozada y con rejilla.	1	7.191	7.191	
12. MI Tubería bajante de PVC, 2,5 atm y de 160 mm de diámetro.	7,4	1.297	9.598	
13.MI Tubería saneamiento de PVC y de 160 mm de diámetro.	47,5	1.196	56.810	
14.MI Tubería saneamiento de PVC y de 200 mm de diámetro.	27	1.631	44.037	
			TOTAL	166.318
CAPÍTULO V				
RAMA DE PALETA				
15.M ² Cerramiento exterior con tabique de super ladrillo (50x25x5) cm tomado con mortero de cemento portland con aireador.	91,08	7.277	662.789	
16.M ² Tabique interior de 0,15 m de grosor con super ladrillo.	37,36	1.535	57.348	
17.M ² Tabique interior de 0,10 m de grosor de ladrillo (29x14x10)cm.	22,04	1.395	30.746	
18.M ² Tabique interior de 0,05 m de grosor de super ladrillo (50x25x5)cm.	29,72	1.300	38.636	

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
19.M ³ Capa de hormigón alige- rado con mínima pendiente en el tejado a la catalana del edificio.	124,95	5.113	638.869	
CAPÍTULO VI REVETIMIENTOS Y ACABADOS EXTERIORES			TOTAL	1.428.388
20.M ² Obra vista en toda la superficie externa del edificio, con mortero de cemento Port- land artificial P-350.	115,38	5.170	596.515	
CAPÍTULO VII REVESTIMIENTO Y ACABADOS INTERIORES			TOTAL	596.515
21.M ² Rebozado y blanqueado con yeso en techos de hormigón.	85,24	658	56.088	
22.M ² Rebozado y enyesado de las paredes.	254,76	473	120.501	
23.M ² Baldosas en las paredes del vestuario y servicios, 15 x 15cm.	97,3	3.106	302.214	
CAPÍTULO VIII PAVIMENTACIÓN			TOTAL	478.803
24.M ² Gres compacto, incluido material a base de mortero de cemento Portland artificial P- 350 y colocación.	85,24	3.733	318.201	
25.M ² Tejado catalán con doble capa de mortero de cemento y arena de río para la colocación de la membrana impermeabili- zante y acabado con baldosa.	124,95	10.452	1.305.977	
			TOTAL	1.624.178

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
CAPÍTULO IX				
CERRAMIENTOS METÁLICOS				
26.M ² Ventanas de aluminio anodizado, color plata mate, cristales, accesorios.	4	8.400	33.600	
27.Ud Puerta y vidriera exterior acceso oficinas de 2,5 x 2,25 m.	1	12.388	12.388	
28.Ud Puerta exterior acceso servicios 2,25 x 1 m.	1	10.913	10.913	
29.M ² Cerramientos de estructura metálica con vidrieras de los despachos y dos puertas, incluso montaje.	30	4.156	124.680	
			<u>TOTAL</u>	<u>181.581</u>
CAPÍTULO X				
CARPINTERÍA DE TALLER				
30.Ud Puerta distribución lisa dos caras y una hoja en madera, con cerradura, de medida 2,10 x 0,60 m, colocada.	9	5.876	52.884	
31.Ud Puerta distribución lisa dos caras y una hoja en madera, con cerradura, de 2,10x0,70 m.	6	6.375	38.250	
32.M ² Exteriores enrollables de madera forrada de aluminio, otras piezas, colocado.	4,51	7.245	32.675	
			<u>TOTAL</u>	<u>123.809</u>

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
CAPÍTULO XI				
SANITARIOS				
33.Ud Suministro y colocación de 5 WC completos, 4 duchas con su plato y aparatos, 6 lavabos con grifería y espejo, termo eléctrico de 100 litros de agua, con la instalación de agua fría y caliente, para los elementos descritos, con tubo de cobre y accesorios, toalleros, portarollos, todo colocado.	1	76.802	176.802	
34.Ud Taquilla metálica colocada.	8	3.890	31.120	
35.Ud Banco metálico y de madera colocado.	2	11.300	22.600	
			<u>TOTAL</u>	<u>230.522</u>
CAPÍTULO XII				
VIDRIERA				
36.M ² Ventanas de hormigón prefabricadas, practicables, con cristal, formadas por módulos de 0,25 x 0,50 m (colocación incluida).	4,32	725	3.132	
			<u>TOTAL</u>	<u>3.132</u>
CAPÍTULO XIII				
PINTURA				
37.M ² Pintura al temple liso sobre yeso, a dos manos, en paredes y techos.	219,84	180	39.571	
38.M ² Pintura de barniz sobre madera, tratamiento de la madera, con capa protectora, tratamiento con papel de vidrio, 2 capas tapaporos, acabado con capa de barniz color.	21	175	3.675	
			<u>TOTAL</u>	<u>43.246</u>

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
CAPÍTULO XIV				
ELECTRICIDAD Y LAMPISTERÍA				
39.Ud Línea general de electricidad, alumbrado a base de cable trenzado aéreo de baja tensión hasta el edificio. -Ud Caja con doble aislamiento montada con interruptor automático magnetotérmico de 200 A, bobina y relé diferencial de 30 mA y toroidal. Terminales, material de fijación y mano de obra en instalación.	1	107.360	107.360	
40.Ud Instalación alumbrado y enchufes edificio oficinas y servicios. -Cajas arcablock de interruptores y portafusibles bipolar (encendido diferentes grupos de lámparas). -Cajas derivación, bornes conexión y otro material. Mano de obra en instalación. -Lámparas con difusor de plástico a base de 6 tubos, 4 tubos y 2 tubos fluorescentes cada una de 40W a 220 V. -Pantalla metálica normal con bombilla incandescente mate de 100 W y transparente de 60 W a 220 V. -Línea general, línea distribución y retornos, en cable VV-750 de 95 mm ² (dos cables monofásicos), en interior tubo en montaje superficial. -Caja montada con 5 interruptores magnetotérmicos (de 200, 15, 100 y 10 A) y relé diferencial de 30 mA y transformador toroidal (>63A)	1	145.155	145.155	

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
41.Ud Cable perimetral y arqueta puesta en tierra en cable desnudo de 50 mm ² y protecciones en puesta en tierra.	1	15.000	15.000	
CAPÍTULO XV TELECOMUNICACIONES			<u>TOTAL</u>	<u>267.515</u>
42.Ud Instalación de teléfono con contestador automático y línea de fax. -Línea a base de cable aéreo hasta el edificio de oficinas.	1	165.300	165.300	
CAPÍTULO XVI MOBILIARIO Y EQUIPO INFORMÁTICO			<u>TOTAL</u>	<u>165.300</u>
43.Ud Mobiliario despachos, recepción-administración y archivo, y equipo informático.	1	900.000	900.000	
			<u>TOTAL</u>	<u>900.000</u>

1.3. Urbanización

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
Capítulo I				
MOVIMIENTO DE TIERRAS				
1.M ³ Excavación mecánica en zanja para canalización de la tubería de abastecimiento de agua potable al invernadero, gas natural y saneamiento hacia la red general del polígono industrial.	26	830	21.580	
2.M ³ Excavación mecánica zanja saneamiento del edificio de oficinas y servicios hacia la red general del polígono y abastecimiento de agua potable	17,14	830	14.226	
3.M ³ Excavación mecánica para el lavadero de vehículos.	10,8	830	8.964	
4.M ³ Excavación mecánica para la realización de vado sanitario.	1,44	830	1.195	
5.M ³ Transporte de tierras, incluida carga y descarga sobre vehículo (se considera un 20% de esponjosidad).	66,46	150	9.969	
			<u>TOTAL</u>	<u>55.934</u>
Capítulo II				
SANEAMIENTO HORIZONTAL Y CONDUCCIONES				
6.MI Tubería saneamiento de PVC, 400 mm de diámetro, desde el invernadero a la red general del polígono.	26	3.981	103.506	
7.MI Tubería saneamiento de PVC, 315 mm de diámetro, del edificio de oficinas y servicios a la red general del polígono.	38	3.879	147.402	

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
Capítulo I				
MOVIMIENTO DE TIERRAS				
1.M ³ Excavación mecánica en zanja para canalización de la tubería de abastecimiento de agua potable al invernadero, gas natural y saneamiento hacia la red general del polígono industrial.	26	830	21.580	
2.M ³ Excavación mecánica zanja saneamiento del edificio de oficinas y servicios hacia la red general del polígono y abastecimiento de agua potable	17,14	830	14.226	
3.M ³ Excavación mecánica para el lavadero de vehículos.	10,8	830	8.964	
4.M ³ Excavación mecánica para la realización de vado sanitario.	1,44	830	1.195	
5.M ³ Transporte de tierras, incluida carga y descarga sobre vehículo (se considera un 20% de esponjosidad).	66,46	150	9.969	
Capítulo II				
SANEAMIENTO HORIZONTAL Y CONDUCCIONES				
6.MI Tubería saneamiento de PVC, 400 mm de diámetro, desde el invernadero a la red general del polígono.	26	3.981	103.506	
7.MI Tubería saneamiento de PVC, 315 mm de diámetro, del edificio de oficinas y servicios a la red general del polígono.	38	3.879	147.402	

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
8.MI Tubería saneamiento de PVC, 160 mm de diámetro, del sumidero del lavadero de vehículos a la tubería de saneamiento del invernadero.	7	1.196	8.372	
9.Ud Arqueta sumidero 0,5 x 0,5 m, rebozada y con rejilla en el centro del lavadero de vehículos.	1	6.850	6.850	
Capítulo III PAVIMENTACIÓN			<u>TOTAL</u>	<u>266.130</u>
10.M ² Suministro y extensión de capa de arenas compactadas de 0/40 caliza, machacado y compactado al 96% P.M., de 7 cm de grosor.	6.000	700	4.200.000	
11.M ² Riego de emulsión asfáltica aniónica 1kg/m ² como imprimación y adherencia.	6.000	110	660.000	
12.Tm Suministro, extensión y apisonado capa de 0,10 m de grosor de aglomerado asfáltico en frío (asfalto comprimido) de 2.100 kg/m ³ .	630	6.500	4.095.000	
13.MI Rigola de hormigón de 100 R.C./cm ² de 40x20x7cm, incluido encofrado y desencofrado.	181,2	1.625	294.450	
14.MI Bordillo artificial de hormigón de 15 cm de anchura, colocado con mortero de cemento portland sobre hormigón Rck-250 kp/cm ² de 25 cm de ancho y 25 cm de profundidad; se incluye el movimiento de tierras.	251	3.125	784.375	

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
15.M ² Pavimento para acera con losa de cemento precomprimido («panot») 20 x 20 x 2,5 cm sobre un lecho de 5 cm de hormigón y 7,5 cm de grava.	382	4.500	1.719.000	
			TOTAL	15.847.825
Capítulo IV				
ELECTRICIDAD Y FONTANERÍA				
16.Instalación del alumbrado de la parcela mediante: -5 báculos dobles con bombillas de vapor de mercurio de 700 W. -7 báculos simples con bombillas de vapor de mercurio de 1.000 W. -3 focos marquesina con incandescencias de 200 W. -Alumbrado acceso parcela con 2 lámparas vapor de mercurio de 400 W. -Caja con interruptor magneto-térmico, protección alumbrado exterior. -Caja derivación, bornes y material variado. Mano de obra e instalación.	1	105.213	105.213	
17.MI Tubería de PVC de F 250 mm para el abastecimiento de agua potable en el invernadero, con accesorios, incluida la instalación.	26	5.401	140.426	
18.MI Tubería de PVC de F 60 mm para el abastecimiento de agua potable en el edificio de oficinas y servicios, incluida la instalación.	46	418	19.228	

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
19.MI Tubería de PE de F 38 mm para la conducción de gas natural al invernadero, con accesorios, incluida la instalación.	26	230	5.980	
Capítulo V - RAMA PALETA			<u>TOTAL</u>	<u>270.847</u>
20.M ³ Hormigonado de 250 kg/m ³ para la cimentación de la marquesina, vertido y vibrado.	14	12.873	180.222	
21.M ³ Hormigonado de vado sanitario en acceso a parcela, vertido y vibrado.	2,4	12.873	30.895	
22.M ³ Hormigonado lavadero de vehículos, vertido y vibrado.	5,4	12.873	69.514	
Capítulo VI DETALLES URBANIZACIÓN			<u>TOTAL</u>	<u>280.631</u>
23.Ud Ajardinamiento de la parcela con sistema de riego mediante, aspersores fijos y riego localizado (RLAF)	1	180.000	180.000	
24.MI Marquesina para los aparcamientos de turismos: 2 marquesinas de 5 m de longitud y una marquesina de 3 m de longitud.	13	3.300	42.900	
			<u>TOTAL</u>	<u>222.900</u>

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
Capítulo VII				
VALLADO Y ACCESOS A LA PARCELA				
25.MI Vallado secundario metálico, construido con palos metálicos, galvanizados y plastificados, color verde, diámetro 50/60 y guarnecido con enrejado S.T. galvanizado y plastificado. Separación de palos a 2,00 m. Altura estandarizada 1,50 m sobre hormigonado y demás accesorios.	277,6	5.882	1.719.000	
26.MI Vallado principal metálico estándar, construido con marcos de tubo rectangular especial y malla fuerte electrosoldada de 50 x 300 x 6,3 mm de diámetro. Palos sujetadores en tubo rectangular de 30 x 50 mm separados a 2,73 m entre ejes. Pintada con imprimación o galvanizada en caliente. Instalación por el mismo paleta. De 1,50 m de valla metálica estandarizada, sobre pared de 0,30 m de ladrillo visto y altura 0,50 m. Todo ello sobre hormigón de 0,50 x 0,40 m y sobre capa de hormigón magro de 0,15 m .	114	17.010	1.939.140	
27.Ud Puerta metálica corredera, con carril de deslizamiento, de 8,00 x 2,00 m para vehículos, con todos sus accesorios.	1	200.000	200.000	
28.Ud Puerta metálica entrada peatones de 1,00 x 2,00 m, pilares, cerradura y todos sus accesorios y colocación.	1	55.000	55.000	
			TOTAL	3.826.983

DESIGNACIÓN DE LA OBRA	CANTI- DAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1.4. Protección contra incendios				
1.Ud Mangueras de rollo móviles de 30 m y de 45 mm de diámetro situadas a cada extremo del invernadero.	2	50.000	100.000	
2.Ud Extintor a polvo seco PSE de 12 kg para el edificio de oficinas y servicios.	1	20.150	20.150	
3.Ud Botiquín completo	1	3.500	3.500	
			<u>TOTAL</u>	<u>123.650</u>

2. RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE LA INVERSIÓN

2.1. Presupuestos generales

2.1.1. Invernadero

RESUMEN POR CAPÍTULOS

OBRAS CIVILES

CAPÍTULO I	MOVIMIENTO DE TIERRAS	2.287.631 PTA
CAPÍTULO II	CIMENTACIÓN	1.418.242 PTA
CAPÍTULO III	ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO	1.979.364 PTA
CAPÍTULO IV	SANEAMIENTO HORIZONTAL	487.552 PTA
CAPÍTULO VI	RAMO DE PALETA	911.744 PTA
CAPÍTULO VII	CIERRES METÁLICOS	<u>64.537 PTA</u>

tSuma parcial: 7.149.070 PTA

CAPÍTULO VIII	INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y FONTANERÍA	562.627 Ptas.
CAPÍTULO IX	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	810.172 PTA
CAPÍTULO X	SANITARIO	<u>20.956 PTA</u>

Suma parcial: 1.393.755 PTA

ESTRUCTURA METÁLICA (Invernadero)		
CAPÍTULO V	ESTRUCTURA METÁLICA	3.764.803 PTA
MAQUINARIA Y EQUIPO DE RECICLAJE		
CAPÍTULO XI	MAQUINARIA	2.852.610 PTA
CAPÍTULO XII	EQUIPO RECICLAJE	<u>11.021.435 PTA</u>
	Suma parcial:	13.874.045 PTA
MATERIAL Y MOBILIARIO		
CAPÍTULO XIII	MATERIAL	3.530.094 PTA
CAPÍTULO XIV	MOBILIARIO Y EQUIPO INFOR.	<u>400.000 PTA</u>
	Suma parcial:	3.930.094 PTA

2.1.2. Edificio de oficinas y servicios

RESUMEN POR CAPÍTULOS

OBRAS CIVILES

CAPÍTULO I	MOVIMIENTO DE TIERRAS	97.985 PTA
CAPÍTULO II	CIMENTACIÓN	249.332 PTA
CAPÍTULO III	ESTRUC. DE HORMIGÓN ARMADO	1.238.185 PTA
CAPÍTULO IV	SANEAMIENTO HORIZONTAL	166.318 PTA
CAPÍTULO V	RAMA DE PALETA	1.428.388 PTA
CAPÍTULO VI		
REVESTIMIENTOS Y ACABADOS EXTERIORES		596.515 PTA
CAPÍTULO VII		
REVESTIMIENTOS Y ACABADOS INTERIORES		478.803 PTA
CAPÍTULO VIII	PAVIMENTACIÓN	1.624.178 PTA
CAPÍTULO IX	CERRAMIENTOS METÁLICOS	181.581 PTA
CAPÍTULO X	CARPINTERÍA DE TALLER	123.809 PTA
CAPÍTULO XI	SANITARIOS	230.522 PTA
CAPÍTULO XII	VIDRIERA	3.132 PTA
CAPÍTULO XIII	PINTURA	<u>43.246 PTA</u>
	Suma parcial:	6.461.994 PTA
INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y FONTANERÍA		
CAPÍTULO XIV	ELECTRICIDAD Y FONTANERÍA	267.515 PTA
INSTALACIÓN TELECOMUNICACIONES		
CAPÍTULO XV	TELECOMUNICACIONES	165.300 PTA

MOBILIARIO Y EQUIPO INFORMÁTICO

CAPÍTULO XVI MOBILIARIO Y EQ. INF. 900.000 PTA

2.1.3. Urbanización

RESUMEN POR CAPÍTULOS

OBRAS CIVILES

CAPÍTULO I	MOVIMIENTO DE TIERRAS	55.934 PTA
CAPÍTULO II	SANEAMIENTO HORIZONTAL	266.130 PTA
CAPÍTULO III	PAVIMENTACIÓN	15.847.825 PTA
CAPÍTULO V	RAMO DE PALETA	<u>280.631 PTA</u>
	Suma parcial:	16.450.520 PTA

INSTALACIÓN ELECTRICIDAD Y FONTANERÍA

CAPÍTULO IV	ELECTRICIDAD Y FONTANERÍA	270.847 PTA
-------------	---------------------------	-------------

DETALLES Y VALLADO

CAPÍTULO VI	DETALLES URBANIZACIÓN	222.900 PTA
CAPÍTULO VII	VALLADO Y ACCESOS PARCELA	<u>3.826.983 PTA</u>
	Suma parcial:	4.049.883 PTA

2.1.4. Protección contra incendios

SEGÚN PRESUPUESTOS PARCIALES 123.650 PTA

2.2. Resumen de los presupuestos generales

2.2.1. Invernadero

TÍTULO I: OBRAS CIVILES

Apartado 1: Obras Civiles	7.149.070 PTA
---------------------------	---------------

TÍTULO II: INSTALACIONES FIJAS Y BIENES DE EQUIPO

Apartado 1: Instalación Eléctrica y Fontanería	1.393.755 PTA
Apartado 2: Estructura Metálica	3.764.803 PTA
Apartado 3: Maquinaria y Equipo Recicleje	3.874.045 PTA
Apartado 4: Material y Mobiliario	3.930.094 PTA

RESUMEN

TÍTULO I: OBRAS CIVILES	7.149.070 PTA
TÍTULO II: INSTALACIONES FIJAS Y BIENES DE EQUIPO	<u>22.962.697 PTA</u>
TOTAL	30.111.767 PTA

2.2.2. Edificio de oficinas y servicios

TÍTULO I: OBRAS CIVILES
 Apartado 1 : Obras Civiles 6.461.994 PTA

TÍTULO II: INSTALACIONES FIJAS Y BIENES DE EQUIPO
 Apartado 1: Instalacion Eléctrica y Fontanería 267.515 PTA
 Apartado 2: Instalación Telecomunicaciones 165.300 PTA
 Apartado 3: Mobiliario y Equipo Informático 900.000 PTA

RESUMEN

TÍTULO I: OBRAS CIVILES 6.461.994 PTA
 TÍTULO II: INSTALACIONES FIJAS Y BIENES DE EQUIPO 1.332.815 PTA

TOTAL 7.794.809 PTA

2.2.3. Urbanización

TÍTULO I: OBRAS CIVILES
 Apartado 1: Obras Civiles 16.450.520 PTA

TÍTULO II: INSTALACIONES FIJAS
 Apartado 1: Instalación Eletricidad y Fontanería 270.847 PTA
 Apartado 2: Detalles Urbanización y Vallado 4.049.883 PTA

RESUMEN

Título I: Obras Civiles 16.450.520 PTA
 TÍTULO II: INSTALACIONES FIJAS 4.320.730 PTA

TOTAL 20.771.250 PTA

2.2.4. Protección contra incendios

TÍTULO I: BIENES DE EQUIPO 123.650 PTA
 TOTAL 123.650 PTA

2.3. Resumen general de presupuestos

	PESETAS (PTA)	EUROS (€)
INVERNADERO	30.111.767 (51,21%)	180.975,36
EDIFICIO OFICINAS Y SERVICIOS	7.794.809 (13,26%)	46.847,75
URBANIZACIÓN	20.771.250 (35,32%)	124.837,73
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	<u>123.650 (0,21%)</u>	<u>743,15</u>
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	58.801.476 (100%)	353.403,99

I. OBRAS CIVILES

PRESUPUESTO

DE EJECUCIÓN MATERIAL	30.061.584	180.673,76
-----------------------	------------	------------

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

Presupuesto de ejecución material	30.061.584	180.673,76
Gastos generales (13% s/30.061.584)	3.908.006	23.487,59
Beneficio industrial (6% s/30.061.584)	<u>1.803.695</u>	<u>10.840,43</u>
Suma:	35.773.285	215.001,78

Impuesto I.V.A. (16% s/35.773.285)	<u>5.723.726</u>	<u>34.400,29</u>
------------------------------------	------------------	------------------

TOTAL	41.497.011	249.402,07
-------	------------	------------

II. INSTALACIONES FIJAS Y BIENES DE EQUIPO

PRESUPUESTO

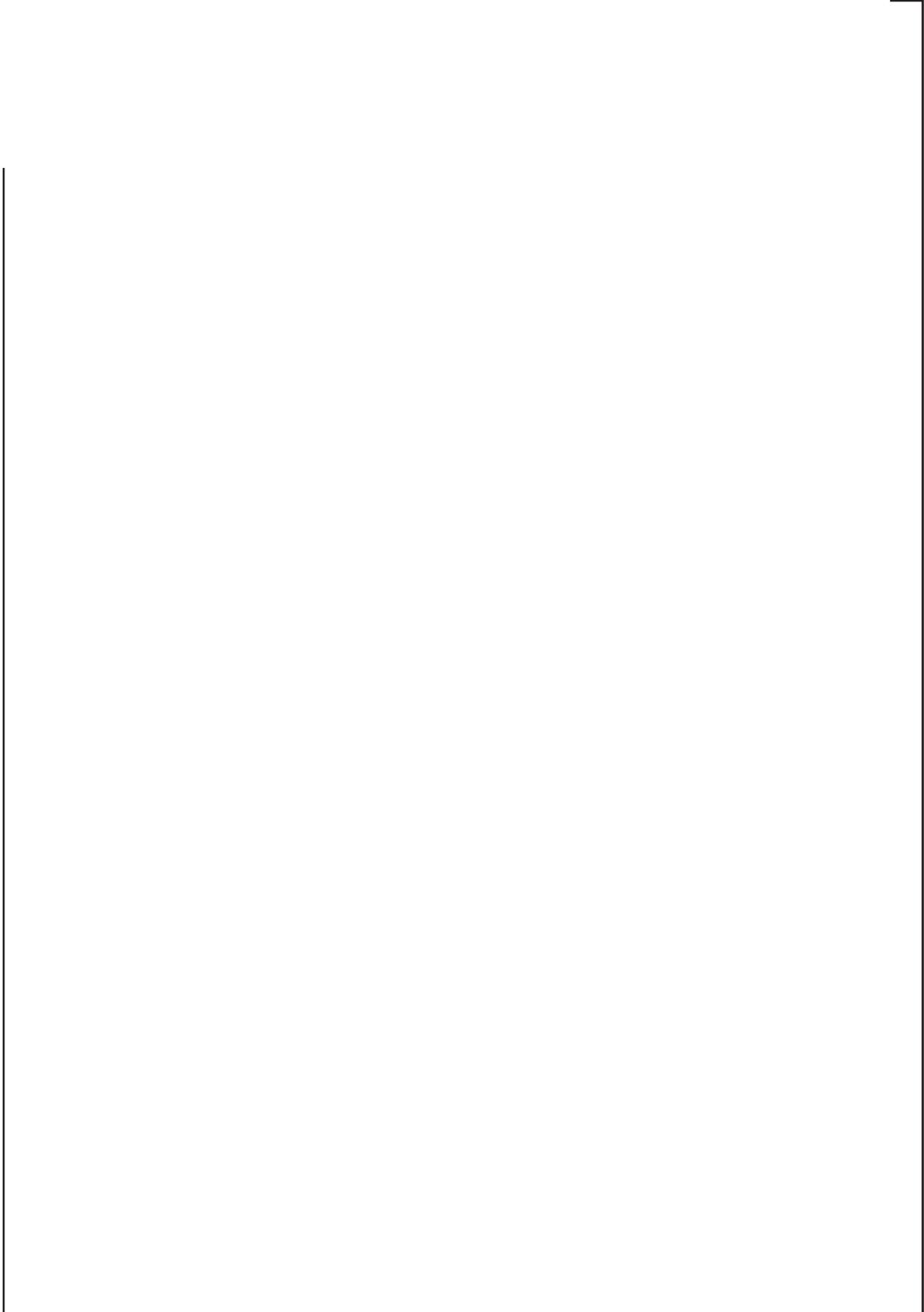
DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	28.739.892	172.730,23
IMPUESTO IVA (16% s/28.739.892)	<u>4.598.383</u>	<u>27.636,84</u>

TOTAL	33.338.275	200.367,07
-------	------------	------------

PRESUPUESTO GENERAL DE EJECUCIÓN

POR CONTRATA	74.835.286	449.769,13
--------------	------------	------------

ASCIENDE EL PRESUPUESTO GENERAL DE EJECUCIÓN POR CONTRATA DE LAS OBRAS E INSTALACIONES PROYECTADAS A LA CANTIDAD DE PESETAS: (74.835.286), O SEA: SETENTA Y CUATRO MILLONES OCHOCIENTAS TREINTA Y CINCO MIL DOSCIENTAS OCHENTA Y SEIS, EQUIVALENTE A LA CANTIDAD DE EUROS: (449.769,13), O SEA: CUATROCIENTOS CUARENTA Y NUEVE MIL-SETECIENTOS SESENTA Y NUEVE CON TRECE CÉNTIMOS.



CAPÍTULO 17

- ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO DE LA INVERSIÓN -

1. ESTUDIO DE LOS CAPITALES

1.1. Introducción

*Solar

Las parcelas del polígono industrial donde se ubicará la piscifactoría suman una superficie de 9.233 m². El precio medio del metro cuadrado del suelo en el polígono es de 4.320 PTA (25'96 euros/m²). Así pues, el valor del terreno es de 39.886.560 PTA (239.723'05 euros).

*Edificaciones

Se consideran edificaciones el invernadero, con el almacén, sala de envasado y laboratorio, y el edificio de las oficinas, vestuarios y servicios del personal.

*Instalaciones

Se consideran instalaciones los tanques de cultivo del interior del invernadero, el sistema de reciclaje del agua de cultivo, la instalación del agua y la eléctrica.

1.2. Estudio de los capitales activos

- Capital activo

a.- Capital fijo

a.1.- Inmovilizado 79.860.247

• Solar 39.886.560

• Invernadero
obras civiles 7.149.070

instalación eléctrica y fontanería 1.393.755

estructura metálica 3.764.803

- Edificio oficinas y servicios

obras civiles	6.461.994
instalación eléctrica y fontanería	267.515
instalación telecomunicaciones	165.300

- Urbanización

obras civiles	16.450.520
instalación eléctrica y fontanería	270.847
vallado, accesorios y detalles	4.049.883

a.2.- Capital mueble.....18.827.789

- Invernadero

maquinaria y equipo reciclaje	13.874.045
material, mobiliario y equipo informático	3.930.094

- Edificio oficinas y servicios

mobiliario y equipo informático	900.000
---------------------------------	---------

- Protección contra incendios 123.650

Total capital fijo: 79.860.247 + 18.827.789 = 98.688.036 PTA

b.- Capital circulante

El capital circulante del año 1, 3 y 4 se considera a 365 días, y el año 2 a 180 días. Esto es:

Año 1 = 23.627.406

Año 2 = 31.064.904/2 = 15.532.452

Año 3 = 28.075.385/1 = 28.075.385

Año 4 = 28.232.632/1 = 28.232.632

El capital activo es la suma del capital fijo y el circulante.

Se repetirá el proceso productivo cada tres años; es decir, el quinto año se realizará la misma parte del proceso que el segundo año, el sexto año será igual que el tercero y el séptimo que el cuarto, y así sucesivamente se repetirá el ciclo cada tres años.

- Capital pasivo: capital propio

Se refiere al capital fijo más el capital circulante.

$$\text{Año 1} = 98.688.036 + 23.627.406 = 122.315.442$$

$$\text{Año 2} = 98.688.036 + 15.532.452 = 114.220.488$$

$$\text{Año 3} = 98.688.036 + 28.075.385 = 126.763.421$$

$$\text{Año 4} = 98.688.036 + 28.232.632 = 126.920.668$$

2. REPOSICIONES

A continuación, se puede ver un cuadro útil para calcular las amortizaciones y el valor residual de los diferentes elementos constitutivos de la piscifactoría. Así:

Elemento o bien	Precio adquisición (PTA)	Vida útil (años)	Valor residual (PTA)
Solar	39.886.560	-	39.886.560
Edificaciones			
Invernadero (estructura)	3.021.143	25	302.114 (10%)
Invernadero (cubierta)	359.660	6	0
Invernadero (tela sombreo)	384.000	6	0
Edificio oficinas y servicios	6.461.994	30	1.615.499 (25%)
Instalaciones			
Invernadero	1.393.755	15	139.376(10%)
Edificio oficinas y servicios	267.515	15	26.752(10%)
Urbanización	270.847	15	27.085(10%)
Instalac. Telecomunicac.	165.300	25	0
Maquinaria	2.852.610	15	427.892(15%)
Equipo reciclaje	11.021.435	15	0
Material, mobiliario y equipo informático	4.830.094	8	483.009(10%)
Urbanización			
Detalles y vallado	4.049.883	25	202.494 (5%)

3. ESTUDIO ECONÓMICO

3.1. Costes fijos

3.1.1. Amortizaciones y costes financieros

*Amortización:

$$A = \frac{\text{Valor adquisición} - \text{Valor residual}}{\text{Vida útil (años)}}$$

*Coste de interés:

$$C.I. = \frac{\text{Valor adquisición} + \text{Valor residual}}{2} \times i$$

siendo i (interés) = 9%

*Edificaciones

Invernadero (estructura)	A = 108.761;	CI = 149.547
Invernadero (cubierta)	A = 59.943;	CI = 16.185
Invernadero (tela sombreo)	A = 64.000;	CI = 17.280
Edificio oficinas y servicios	A = 161.550;	CI = 363.487

*Instalaciones

Invernadero	A = 83.625;	CI = 68.991
Edificio oficinas y servicios	A = 16.051;	CI = 13.242
Urbanización	A = 16.251;	CI = 13.407

*Instalación telecomunicaciones A = 6.612; CI = 7.439

*Maquinaria A = 161.648; CI = 147.623

*Equipo reciclaje A = 734.762; CI = 495.965

*Material, mobiliario
y equipo informático A = 543.386; CI = 239.090

*Detalles y vallado urbanización A = 153.896; CI = 191.357

*Amortizaciones: $\Sigma A = 2.110.485$

*Coste de interés: $\Sigma CI = \underline{1.723.613}$

Total = 3.834.098

que considerando – 88.419 PTA en concepto de ajustes por periodificación, comporta la cantidad de 3.745.679 PTA.

3.1.2. Otros

Total: 10.498.800

- Mano de obra fija: 9.898.800
- Alquiler tanque de oxígeno y gasificador: 600.000
50.000 PTA/mes x 12 meses.

3.2. Costes variables

Según el año en que nos encontremos:

- Año 1:
 - alimentación: 2.731.464
 - agua: 233.109
 - energía eléctrica: 2.185.503
 - medicamentos: 500.000
 - angulas (alevines): 3.690.000
 - mano de obra: 0
 - combustible (gas natural): 2.518.080
 - oxígeno: 185.450
 - mantenimiento y reparaciones: 300.000
 - seguro: 500.000
 - varios: 100.000
 - telecomunicaciones: 125.000

Gastos: 13.128.606

Costes de interés de los costes variables: Costes variables x $i/2 = 590.787$,
siendo $i = 9\%$.

- Año 2

- alimentación: 10.983.245
- agua: 648.912
- energía eléctrica: 2.632.392
- medicamentos: 600.000
- angulas (alevines): 1.845.000
- mano de obra: 293.800
- combustible (gas natural): 1.888.560
- oxígeno: 569.970
- mantenimiento y reparaciones: 300.000
- seguro: 500.000
- varios: 200.000
- telecomunicaciones: 104.225

*Gastos: 20.566.104

*Coste de interés: 925.475

- Año 3

- alimentación: 8.450.651
- agua: 471.275
- energía eléctrica: 2.549.164
- medicamentos: 600.000
- angulas (alevines): 1.599.000
- mano de obra: 146.900
- combustible (gas natural): 1.888.560
- oxígeno: 375.035
- mantenimiento y reparaciones: 300.000
- seguro: 500.000
- varios: 150.000
- telecomunicaciones: 300.000

*Gastos: 17.576.585

*Coste de interés: 790.946

- Año 4

- alimentación: 7.084.988
- agua: 598.545
- energía eléctrica: 2.163.992
- medicamentos: 600.000

- angulas (alevines): 3.690.000
- mano de obra: 146.900
- combustible (gas natural): 1.888.560
- oxígeno: 316.007
- mantenimiento y reparaciones: 300.000
- seguro: 500.000
- varios: 150.000
- telecomunicaciones: 300.000

*Gastos: 17.733.832

*Coste de interés: 798.022

3.3. Ingresos

La producción no será constante a lo largo de los años de la vida útil de la planta. Así pues, el primer año no se obtendrá producción, el segundo se obtendrá la producción de dos ciclos completos, lo que representan 76.350 quilogramos de anguila fresca. El tercer año se obtendrá la producción correspondiente a la de un ciclo productivo, igual que el cuarto año. El quinto año se continúa el ciclo, coincidiendo con la producción del segundo año, y así sucesivamente.

El precio de venta de la anguila puede oscilar entre los 6,01 euros/kg (1.000 pesetas/kg) y los 9,02 euros/kg (1.500 pesetas/kg). El precio que se considera en este estudio económico es de 7,21 euros/kg (1.200 pesetas/kg) de pescado fresco. La venta del pescado se realizará durante el mes de febrero y/o el mes de octubre.

Así pues, los ingresos anuales serán los siguientes:

- Año 1: 0
- Año 2: 91.620.000 = (76.350 kg x 1.200 PTA/kg)
- Año 3: 45.810.000 = (38.175 kg x 1.200 PTA/kg)
- Año 4: 45.810.000 = (38.175 kg x 1.200 PTA/kg)

y se repite el ciclo hasta el año 25.

3.4. Resultados

Margen bruto = Beneficio

Beneficio o cuasirrenta = Ingresos - Pagos fijos y variables (Gastos)

BAI = Margen bruto - (Amortizaciones + Costes de interés + Cargas financieras)

Beneficio neto = BAI - Impuestos

Los impuestos se consideran el 35% de los Beneficios, de acuerdo con los impuestos vigentes a pagar por parte de las sociedades mercantiles. Ahora bien, el año 2 se considera una exención fiscal del 7% del BAI. En cambio, el año 3 y 4 se considera el I.A.E. y las tasas municipales, que se elevan al 2% del BAI.

- Año 1:

Margen bruto = 0 - (10.498.800 + 13.128.606) = - 23.627.406
BAI = - 23.627.406 - (3.745.679 + 590.787) = - 27.963.872
Beneficio neto = BAI

- Año 2:

Margen bruto = 91.620.000 - (10.498.800 + 20.566.104) = 71.043.398
BAI = 71.043.398 - (3.745.679 + 925.476) = 66.372.243
Beneficio neto = 66.372.243 - 18.522.034 = 47.850.209

- Año 3:

Margen bruto = 45.810.000 - (10.498.800 + 17.576.585) = 17.734.615
BAI = 17.734.615 - (3.745.679 + 790.946) = 13.197.990
Beneficio neto = 13.197.990 - 4.870.990 = 8.327.000

- Año 4:

Margen bruto = 45.810.000 - (10.498.800 + 17.733.832) = 17.577.368
BAI = 17.577.368 - (3.745.679 + 798.022) = 13.033.667
Beneficio neto = 13.033.667 - 4.815.954 = 8.217.713

Los resultados se irán repitiendo con un ciclo de tres años.

Los años 5, 9, 10, 15, 16 y 20, a causa de los pagos y/o cobros extraordinarios, tendrán diferentes resultados.

4. ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN

4.1. Pagos

- Año 1

- Alimentación: 2.731.464 PTA

Fase de preengorde: $2 \times 455.267 \text{ PTA} = 910.534 \text{ PTA}$

Engorde - Fase 1: 1.820.930 PTA

- Agua: 233.109 PTA

Los primeros 5,5 meses, llenar los tanques de cultivo de diámetro 2 metros más la reposición diaria: 291 m^3

Los siguientes 5,5 meses llenar los tanques de diámetro 4 metros y la reposición diaria de los tanques de 2 y 4 metros de diámetro: 1.323 m^3

El 12º mes, llenar los tanques de cultivo grandes y la reposición correspondiente: 1.086 m^3 . También se consideran 250 m^3 para la limpieza, llenar el tanque de reserva y el uso de los servicios.

$2.950 \text{ m}^3 \times 42 \text{ PTA/m}^3 = 123.900 \text{ PTA}$

Saneamiento: $2.950 \text{ m}^3 \times 34,5 \text{ PTA/m}^3 + \text{IVA y conservación contador: } 109.209 \text{ PTA}$

*Energía eléctrica: 2.185.503 PTA

Fuerza: $\text{kW} \times \text{horas de funcionamiento} = 18.177 \text{ kWh}$

Tarifa nocturna:

$(1/3) \times 18.177 \text{ kW} \times 55\% \times 16 \text{ PTA/kWh}$

$(2/3) \times (18.177 + 3\% \ 18.177) \text{ kW} \times 16 \text{ PTA/kWh}$ (hay previsto un 3% de recargo sobre los kW que no se incluyen en la tarifa nocturna).

Total fuerza = 253.023 PTA

Alumbrado: $\text{kW} \times \% \text{ funcionamiento} \times \text{horas} \times \text{tarifa}$.

$55 \text{ kW} \times 25\% \text{ de funcionamiento} \times 8.784 \text{ horas anuales} \times 16 \text{ PTA/kWh}$

Total alumbrado: 1.932.480 PTA. El coste de alumbrado se considera constante a lo largo de los años.

*Medicamentos: 500.000 PTA.

Se añade a la dieta. También se realizan tratamientos por inmersión.

* Angulas (alevines): 3.690.000 PTA

2 x 123 kg x 15.000 PTA/kg

*Mano de obra eventual: 0 PTA

*Combustible (gas natural): 2.518.080 PTA

43 m³/hora x (1/3) (8.784 horas/año) x 20 PTA/m³

*Oxígeno: 185.450 PTA

7.418 kg O₂ /año x 25 PTA/kg

*Mantenimiento y reparaciones: 300.000 PTA

*Seguro: 500.000 PTA

*Varios: 100.000 PTA

Material para el envasado, para el laboratorio, etc.

*Telecomunicaciones: 125.000 PTA

Gastos teléfono, telefax, correo electrónico.

TOTAL: 13.128.606 PTA

• Año 2

*Alimentación: 10.983.245 PTA

Fase de preengorde: 455.267 PTA

Engorde - Fase 1: 1.820.930 PTA

Engorde - Fase 2: 4.353.524 x 2 = 8.707.048 PTA

*Agua: 648.912 PTA

Reposición del agua de los tanques de cultivo grandes: 6.716 m³

Reposición de los tanques medianos: 1.017 m³

Reposición de los tanques pequeños: 279 m³

Limpieza y uso servicios: 200 m³

$$8.212 \times 42 \text{ PTA/m}^3 = 344.904 \text{ PTA}$$

$$\text{Saneamiento: } 8.212 \text{ m}^3 \times 34,5 + \text{IVA y contador} = 304.008 \text{ PTA}$$

*Energía eléctrica: 2.632.392 PTA

$$\text{Fuerza: kW} \times \text{horas de funcionamiento} = 50.281 \text{ kWh}$$

Tarifa nocturna:

$$(1/3) \times 50.281 \text{ kW} \times 55\% \times 16 \text{ PTA/kWh}$$

$$(2/3) \times (50.281 \text{ kW} + 3\% \times 50.281) \times 16 \text{ PTA/kWh}$$

$$\text{Total fuerza} = 699.912 \text{ PTA}$$

Alumbrado: kW x % funcionamiento x horas x tarifa.

$$55 \text{ kW} \times 25\% \text{ de funcionamiento} \times 8.784 \text{ horas anuales} \times 16 \text{ PTA/kWh}$$

$$\text{Total alumbrado: } 1.932.480 \text{ PTA}$$

*Medicamentos: 600.000 PTA.

Se añade a la dieta. También se hacen tratamientos por inmersión.

*Angulas (alevines): 1.845.000 PTA

$$123 \text{ kg} \times 15.000 \text{ PTA/kg}$$

*Mano de obra: 293.800 PTA

$$2 \text{ operarios eventuales, } 1 \text{ mes durante la cosecha: } 2 \times 2 \times 65.000 = 260.000 \text{ PTA}$$

$$\text{Seguro seguridad social: } 13\% (260.000)$$

*Combustible (gas natural): 1.888.560 PTA

$$43 \text{ m}^3/\text{hora} \times 1/4 (8.784 \text{ horas/año}) \times 20 \text{ PTA/m}^3$$

*Oxígeno: 569.975 PTA

$$2,5 \text{ kg O}_2 /\text{h} \times 7.920 \text{ h} = 19.800 \text{ kg O}_2$$

$$0,659 \text{ kg O}_2 /\text{h} \times 3.960 \text{ h} = 2.610 \text{ kg O}_2$$

$$0,09 \text{ kg O}_2 /\text{h} \times 4.320 \text{ h} = 389 \text{ kg O}_2$$

$$\text{Total: } 22.799 \text{ kg O}_2 \times 25 \text{ PTA}$$

* Mantenimiento y reparaciones: 300.000 PTA

*Seguro: 500.000 PTA

* Varios: 200.000 PTA

Material para el envasado, laboratorio, etc.

*Telecomunicaciones: 104.225 PTA

Gastos teléfono, telefax, correo electrónico.

TOTAL: 20.566.104 PTA

• Año 3

*Alimentación: 8.450.651 PTA

Fase de preengorde: 455.267 PTA

Engorde - Fase 1: $2 \times 1.820.930 = 3.641.860$ PTA

Engorde - Fase 2: 4.353.524 PTA

*Agua: 471.275 PTA

Reposición correspondiente a los tanques de cultivo: 5.676 PTA

Repostar 88 m^3 para acabar de llenar los tanques.

Limpieza y uso servicios: 200 m^3

$5.964 \text{ m}^3 \times 42 \text{ PTA/m}^3 = 250.488$ PTA

Sanearamiento: $5.964 \text{ m}^3 \times 34,5 \text{ PTA/m}^3 + \text{IVA y contador} = 220.787$ PTA

*Energía eléctrica: 2.549.164 PTA

Fuerza: kW x horas de funcionamiento = 44.302 kWh

Tarifa nocturna:

(1/3) x 44.302 kW x 55% x 16 PTA/kWh

(2/3) x (44.302 + 3% 44.302) kW x 16 PTA/kWh

Total fuerza = 616.684 PTA

Alumbrado: kW x % funcionamiento x horas x tarifa.

55 kW x 25% de funcionamiento x 8.784 horas anuales x 16 PTA/kWh

Total alumbrado: 1.932.480 PTA

*Medicamentos: 600.000 PTA.

Se añade a la dieta. También se hacen tratamientos por inmersión.

*Angulas (alevines): 1.845.000 PTA

123 kg x 15.000 PTA/kg

*Mano de obra: 146.900 PTA

2 operarios eventuales, 1 mes durante la cosecha: 2 x 65.000 = 130.000 PTA

Seguro seguridad social: 13% (130.000)

*Combustible (gas natural): 1.888.560 PTA

43 m³/hora x (1/4) (8.784 horas/año) x 20 PTA/m³

*Oxígeno: 375.025 PTA

2,5 kg O₂ /h x 3.960 h = 9.900 kg O₂

0,659 kg O₂/h x 7.200 h = 4.745 kg O₂

0,09 kg O₂/h x 3.960 h = 356 kg O₂

Total: 15.001 kg oxígeno x 25 PTA/kg

* Mantenimiento y reparaciones: 300.000 PTA

* Seguro: 500.000 PTA

* Varios: 150.000 PTA

Material para el envasado y laboratorio.

* Telecomunicaciones: 300.000 PTA

Gastos teléfono, telefax, correo electrónico.

TOTAL: 17.576.585 PTA

• Año 4

* Alimentación: 7.084.988 PTA

Fase de preengorde: 2 x 455.267 PTA = 910.534 PTA

Engorde - Fase 1: 1.820.930 PTA

Engorde - Fase 2: 4.353.524 PTA

* Agua: 598.545 PTA

Llenar los tanques pequeños y su reposición diaria correspondiente:
543 m³

Reposición diaria de los tanques medianos: 848 m³

Reposición diaria de los tanques grandes: 3.358 m³

Limpieza y servicios: 150 m³

4.899 m³ x 42 PTA/m³ = 405.216 m³

Saneamiento: 4.899 m³x34,5+IVA y mantenimiento contador =
193.329 PTA

* Energía eléctrica: 2.163.992 PTA

Fuerza: kW x horas de funcionamiento = 16.632 kWh

Tarifa nocturna:

$$(1/3) \times 16.632 \text{ kW} \times 55\% \times 16 \text{ PTA/kWh}$$

$$(2/3) \times (16.632 + 3\% \ 16.632) \text{ kW} \times 16 \text{ PTA/kWh}$$

$$\text{Total fuerza} = 231.512 \text{ PTA}$$

Alumbrado: kW x % funcionamiento x horas x tarifa.

$$55 \text{ kW} \times 25\% \text{ de funcionamiento} \times 8.784 \text{ horas anuales} \times 16 \text{ PTA/kWh}$$

$$\text{Total Alumbrado: } 1.932.480 \text{ PTA}$$

* Medicamentos: 600.000 PTA.

Se añade a la dieta. También se realizan tratamientos por inmersión.

* Angulas (alevines): 3.690.000 PTA

$$2 \times 123 \text{ kg} \times 15.000 \text{ PTA/kg}$$

* Mano de obra eventual: 146.900 PTA;

2 operarios eventuales, 1 mes durante la cosecha:

$$2 \times 65.000 \text{ PTA} = 130.000 \text{ PTA}$$

Seguro Seguridad Social: 13% (130.000)

* Combustible (gas natural): 1.888.560 PTA

$$43 \text{ m}^3/\text{hora} \times (1/4) (8.784 \text{ horas/año}) \times 20 \text{ PTA/m}^3$$

* Oxígeno: 316.000 PTA

$$2,5 \text{ kg O}_2/\text{h} \times 3.960 \text{ h} = 9.900 \text{ kg O}_2$$

$$0,659 \text{ kg O}_2/\text{h} \times 3.600 \text{ h} = 2.372 \text{ kg O}_2$$

$$0,09 \text{ kg O}_2/\text{h} \times 3.960 \text{ h} = 368 \text{ kg O}_2$$

$$\text{Total: } 12.640 \text{ kg oxígeno} \times 25 \text{ PTA/kg}$$

*Mantenimiento y reparaciones: 300.000 PTA

*Seguro: 500.000 PTA

*Varios: 150.000 PTA

Material para el envasado y el laboratorio.

*Telecomunicaciones: 300.000 PTA

Gastos teléfono, telefax, correo electrónico.

TOTAL: 17.733.832 PTA

4.2. Pagos fijos

*Mano de obra: 9.898.800 PTA

El seguro de la Seguridad Social representa el 13% de salario.

	Salarios	Seguro S.S.	Total
Gerente	2.800.000	364.000	3.164.000
Técnico facultativo	2.600.000	338.000	2.938.000
Aux. Administrativo	1.120.000	145.600	1.265.600
2 técnicos/operarios	2.240.000	291.200	2.531.200
Total	8.760.000	1.138.800	9.898.800

*Alquiler del tanque de oxígeno y el gasificador: 600.000 PTA

12 meses x 50.000 PTA/mes

TOTAL: 10.498.800 PTA

4.3. Pagos ordinarios

Son los pagos a efectuar según el año, más los pagos fijos anuales.

- Año 1: $13.128.606 + 10.498.800 = 23.627.406$ PTA
- Año 2: $20.566.104 + 10.498.800 = 31.064.904$ PTA
- Año 3: $17.576.585 + 10.498.800 = 28.075.385$ PTA
- Año 4: $17.733.832 + 10.498.800 = 28.232.632$ PTA

4.4. Pagos extraordinarios

Se refiere a la compra de la nueva maquinaria en función del año en que nos encontremos.

Años	Total pagos extraordinarios
5	359.660
9	4.830.094
10	359.660
15	359.660
16	15.815.162
20	359.660
Total	22.083.896

4.5. Cobros

4.5.1. Cobros ordinarios

Total cobro ordinario año de dos cosechas: 91.620.000 PTA

Total cobro ordinario año de una cosecha: 45.810.000 PTA

4.5.2.- Cobros extraordinarios

Cobros debidos a la venta (valor residual) de la maquinaria obsoleta.

Año	Total cobros extraordinarios
9	483.009
16	622.005 (= 621.105 + 900)
25	504.608
Total	1.609.622

4.6. Flujos de caja (*Cash-flow*)

Se realiza el estudio económico para un total de 25 años, y se considera una inversión total y única el año cero. La inversión necesaria para llevar a cabo el presente proyecto será la suma del presupuesto de obras y bienes de equipo más la adquisición del terreno, la cual se eleva a la cantidad de 114.721.846 pesetas (= 74.835.286 + 39.886.560 PTA) (un total de 688.480,08 euros).

El precio de venta considerado de la anguila es de 1.200 PTA/kg de pescado fresco. Con ello, se tendrá el siguiente cuadro de flujos de caja:

AÑO	COBRO		PAGO		FLUJO	INVERSIÓN
	ORDINARIO	EXTRAORD.	ORDINARIO	EXTRAORD.		
						114.721.846
1	0		23.627.406		- 23.627.406	
2	91.620.000		31.064.904		60.555.096	
3	45.810.000		28.075.385		17.734.615	
4	45.810.000		28.232.632		17.577.368	
5	91.620.000		31.064.904	359.660	60.195.436	
6	45.810.000		28.075.385		17.734.615	
7	45.810.000		28.232.632		17.577.368	
8	91.620.000		31.064.904		60.555.096	
9	45.810.000	483.009	28.075.385	4.830.094	13.387.530	
10	45.810.000		28.232.632	359.660	17.217.708	
11	91.620.000		31.064.904		60.555.096	
12	45.810.000		28.075.385		17.734.615	
13	45.810.000		28.232.632		17.577.368	
14	91.620.000		31.064.904		60.555.096	
15	45.810.000		28.075.385	359.660	17.374.955	
16	45.810.000	622.005	28.232.632	15.815.162	2.384.211	
17	91.620.000		31.064.904		60.555.096	
18	45.810.000		28.075.385		17.734.615	
19	45.810.000		28.232.632		17.577.368	
20	91.620.000		31.064.904	359.660	60.195.436	
21	45.810.000		28.075.385		17.734.615	
22	45.810.000		28.232.632		17.577.368	
23	91.620.000		31.064.904		60.555.096	
24	45.810.000		28.075.385		17.734.615	
25		504.608			504.608	
Tot: 1.420.110.000 1.609.622 94.378.142 22.083.896 705.257.584						

Total cobros (ordinarios + extraordinarios): 1.421.719.622 PTA
 Total pagos (ordinarios + extraordinarios): 716.462.038 (-) PTA
TOTAL: 705.257.584 PTA

5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA INVERSIÓN

El análisis de sensibilidad de una inversión cualquiera consiste en determinar la influencia que tienen posibles variaciones de los valores de los parámetros que indican la inversión (pago de la inversión, vida del proyecto, etc.) sobre los índices que miden la rentabilidad financiera del proyecto (VAN o TIR).

Para estudiar la viabilidad de la inversión, se analizan los siguientes índices:

V.A.N.: valor actual neto de la inversión. Indica la ganancia neta generada por el proyecto, y por tanto es un índice que mide la rentabilidad absoluta de la inversión. Su cálculo se realiza mediante la resta o sustracción entre el valor actualizado de los ingresos y el valor actualizado de los pagos. A saber:

$$VAN = \frac{F_1}{(1+i)} + \frac{F_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+i)^n} - K$$

donde F_1, F_2, \dots, F_n son los flujos de caja los años 1, 2, ..., n,

“i” es el interés y K es la inversión efectuada.

VAN/K: relación Beneficio/Inversión (Q). Cociente que nos indica la ganancia neta generada por el proyecto por cada unidad monetaria invertida; o sea que indica los beneficios obtenidos a partir del capital invertido. Vendrá dado por:

$$Q = \frac{VAN}{K}$$

donde K es la inversión.

PAY-BACK: o plazo de recuperación de la inversión. Indica los años necesarios para que el valor actual de la inversión sea igual a la inversión: $VAN = K$ en n años. Obviamente, la inversión será tanto más interesante cuanto más reducido sea su plazo de recuperación.

T.I.R.: tasa de rendimiento interno o tasa interna de retorno. Indica el tipo de interés que hace que el VAN sea cero.

Si este tipo de interés fuera λ , se satisfecería la siguiente expresión:

$$K = \sum \frac{R_j}{(1+\lambda)^j}$$

para j (años) = 1, ..., n.

A la hora de llevar a efecto el análisis de sensibilidad de la inversión, se considera una única inversión total el año cero. Con todo ello, resulta lo siguiente:

TIPO DE INTERÉS

	9%	11%	13%	15
V.A.N.	161.215.616	119.751.504	87.315.552	61.529.296
V.A.N./K	1,544	1,147	0,836	0,598
PAY-BACK	6	7	8	8

TIR 22,6%

Así pues, de acuerdo con el resultado obtenido del TIR (tasa de rendimiento interno) y los otros parámetros financieros, y sin considerar otros aspectos sociales bien evidentes de ocupación, generación de actividad económica, etc., se puede afirmar la rentabilidad del presente proyecto.

ANEJO I

PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

- Plano núm. 1.- Planta general de urbanización.
- Plano núm. 2.- Invernadero. Planta de cimientos y detalles.
- Plano núm. 3.- Invernadero. Planta distribución, acotaciones y detalles.
- Plano núm. 4.- Invernadero. Red de distribución, reciclaje y evacuación del agua de los tanques de cultivo.
- Plano núm. 5.- Invernadero. Planta instalaciones eléctricas.
- Plano núm. 6.- Esquema eléctrico de alumbrado.
- Plano núm. 7.- Esquema eléctrico de fuerza.
- Plano núm. 8.- Invernadero. Plantas y secciones estructurales.
- Plano núm. 9.- Invernadero. Sección y fachadas.
- Plano núm. 10.- Edificio de oficinas y servicios. Plantas, cimientos y distribución.
- Plano núm. 11.- Edificio de oficinas y servicios. Fachadas, sección y detalles.
- Plano núm. 12.- Perspectiva.

ANEJO II

- REPORTAJE FOTOGRÁFICO -



Fotografía 1.- Vista general de una piscifactoría de cultivo semi-intensivo de anguilas situada en el delta del Ebro.



Fotografía 2.- Vista general de una piscifactoría de cultivo semi-intensivo de anguilas. Se pueden observar las mallas de sombreado para evitar que las anguilas reciban un exceso de luz.



Fotografía 1.- Vista general de una piscifactoría de cultivo semi-intensivo de anguilas situada en el delta del Ebro.



Fotografía 2.- Vista general de una piscifactoría de cultivo semi-intensivo de anguilas. Se pueden observar las mallas de sombreado para evitar que las anguilas reciban un exceso de luz.

GASTRONOMÍA DE LA ANGULA Y DE LA ANGIILA

ÍNDICE

pág.

1.	La cultura de la anguila.....	
2.	Valor nutritivo de la anguila.....	
3.	Tipos de angulas.....	
4.	Diferentes presentaciones de la anguila.....	
5.	Preparación de la anguila.....	
6.	Recetas para cocinar la anguila.....	
1*	Ensalada de anguila.....	
2*	Angulas en su jugo.....	
3*	Angulas fritas en cazuelita.....	
4*	Angulas con ñora y ajo.....	
5*	Angulas con ajo.....	
6*	Angulas a la catalana.....	
7*	Ensalada de angulas con salmón y habas tiernas.....	
8*	Angulas a la bilbaína.....	
9*	Angulas al ajillo.....	
10*	Angulas al estilo de Tuy.....	
11*	Angulas de Ordizia.....	
12*	Angulas al estilo del Delta del Ebro.....	
13*	Angulas de la ría.....	
14*	Angulas con tomate.....	
15*	Angula del país.....	
7.	Diferentes presentaciones de la anguila.....	
8.	Preparación de la anguila.....	
9.	Recetas para cocinar la anguila.....	
1*	Anguila cocinada.....	
2*	Anguila a la salvia.....	
3*	Anguila a la tártara.....	
4*	Anguila a la Villeroy.....	
5*	Anguila a las finas hierbas.....	
6*	Áspic de anguila.....	
7*	Anguilas, truchas o carpas al vino tinto.....	
8*	“Suquet” de anguila (I).....	
9*	“Suquet” de anguila (II).....	
10*	Anguila a la paisana.....	
11*	Anguila con salsa.....	
12*	“Suquet” de anguila y almejas.....	
13*	Anguila al horno.....	
14*	Anguilas al “allipebre”.....	

-
- 15* Anguilas a la marinera (I).....
 - 16* Anguilas a la marinera (II).....
 - 17* Tostadita con anguila ahumada.....
 - 18* Anguila chapada guisada.....
 - 19* “Suc” de anguilas.....
 - 20* Bullinada de anguilas.....
 - 21* “Allipebre” del delta del Ebro.....
 - 22* Judías blancas con anguila.....
 - 23* Arroz con pato y anguila.....
 - 24* Anguila con caldo.....
 - 25* Anguilas con arroz.....
 - 26* Anguila en escabeche.....
 - 27* Anguila al estilo del río Esla.....
 - 28* Anguila con judías al estilo aragonés.....
 - 29* Anguilas al estilo del Bierzo.....
 - 30* Anguila al “allipebre” con cacahuets.....
 - 31* Anguila a la catalana.....
 - 32* Anguila al horno al estilo de Ibiza.....
 - 33* Anguilas rebozadas.....
 - 34* Anguila al estilo de los pescadores.....
 - 35* Anguilas del general Palafox.....
 - 36* Anguila a la Breña.....
 - 37* Anguila al estilo Erretería.....
 - 38* Anguila a la andaluza.....
 - 39* Sopa de anguilas.....
 - 40* Anguila a la brasa.....
 - 41* Anguilas con caldo de pescado.....
 - 42* Anguilas al estilo del delta del Ebro.....
 - 43* Anguila con patatas.....
 - 44* Kabayaki, el estilo japonés.....
 - 45* Anguila con gelatina.....
 - 46* Anguila ahumada.....
 - 47* Anguila ahumada para enlatar.....

1. LA CULTURA DE LA ANGULA

Parece que la afición a las angulas se debe a los vascos. Pero, seguramente, tanto tortosinos como valencianos tienen algo que decir al respecto. Tanto en Perelló, cerca de Sueca, en la comarca valenciana de la Ribera, como en Guardamar, Bajo Segura, el límite sur de la lengua catalana y en el Ebro, existe una cultura tradicional de la angula. Igualmente, en la desembocadura del río Ter, en el *Baix Empordà*, cerca de Torroella de Montgrí, hay una tradicional zona angulera. En todos los lugares mencionados se utilizan hojas de tabaco para matar las angulas; aunque más bien parece que se utiliza para sacar el limo.

La cultura de la anguila en la región del delta del Ebro es tan potente que los principios de la cocina autóctona, sobre todo en tierras de una tradición suficientemente arraigada, aún pueden naturalizar platos venidos de fuera.

En el Ebro se distinguen siete clases de anguila, diferentes por la forma, el tamaño, la edad y el gusto. Además, cada una resulta apta para guisar de una manera determinada: así, veamos cómo la anguila vera es apta para asar o hacer a la brasa, la fina produce un arroz excelente (para un kilogramo se necesitan diecisiete o dieciocho individuos), la borda para guisar con patatas, la llamada de cabeza de sapo, etc. Las anguilas finas o veras, del otoño hasta Navidad, son para asar a la brasa. Se debe saber, no obstante, que la sal endurece la carne de la anguila. En todo caso, se añade al final de la cocción. En cambio se debe añadir cuando se hace el "xapadillo" o anguila chapada, ya que la sal ayuda a quitar el limo indigesto que recubre la anguila.

En la región de Tortosa y Amposta, las angulas se secan y se cuecen en diversos platos: arroz, guisos, etc. También se preparan con ajo y guindilla. Se ponen en el arroz o se secan como se hace con las anguilas chapadas con aceite, ajos tiernos, perejil y guindilla. ¡Son deliciosas!. En el Perellonet también se hace un guiso con cebolla y patatas y una variante de la clásica preparación de origen vasco, que incluye ajos rebanados y guindilla, así como perejil, brandy...

2. VALOR NUTRITIVO DE LA ANGULA

El valor nutritivo de la angula, por cada 100 gramos, es el siguiente:

Composición:

Agua: 68 g
Glúcidos: -
Lípidos: 25 g
Proteínas: 17 g

Minerales:

Calcio: 35 mg
Fósforo: -
Hierro: 1'3 mg
Potasio: -

Vitaminas:

Vitamina A: 1200 UI (unidades internacionales)
Vitamina B₁: 0'2 mg
Vitamina B₂: 0'3 mg
Niacina: 5'7 mg

Energía: 200 calorías

3 TIPOS DE ANGULAS

*Angula blanca: la que se pesca directamente.

*Angula de lomo negro: es la blanca que se pesca, puesta en cultivo con agua caliente (a unos 16°C). Esto hace que se incremente su actividad metabólica y por tanto que haya un notable desarrollo muscular, con el cual la angula desarrolla la aleta dorsal y se observa la línea negra en el lomo.

4. DIFERENTES PRESENTACIONES DE LA ANGULA

- Angula muerta fresca: muere al ponerla con agua y tabaco.
- Angula viva: para aprovisionar a piscifactorías *nursery* y para engorde. Se presentan en cajas de poliestireno expandido (porexpan) con hielo que puede mantener la angula viva hasta unas 36 horas. La mortalidad máxima aceptada es del 5%. También se utiliza para servir a restaurantes.
- Angula congelada: la angula viva se limpia y se congela.
- Angula hervida: con sal y agua. Las angulas de lomo negro al hervirlas manguan su peso en un 30%. Este tipo de pez es más apreciado desde el punto de vista comercial, aunque es la misma clase de angula. Es más cara porque se calienta agua para obtenerla y mengua el producto.
- Angula hervida congelada: después de hervir la angula se congela. Se presentan en bandejas de plástico de 100, 250 y 500 gramos.

5. PREPARACIÓN DE LA ANGULA

Generalmente se adquieren cocidas, pero si aún están vivas se ponen en agua fría y tabaco hasta que mueren todas. Se repasan con agua hasta que ésta resulta clara. Ya limpias, se ponen en agua hirviendo y sal y se remueven con cuidado. A continuación se saca la cazuela del fuego, se espera 3 minutos y se escurren.

6. RECETAS PARA COCINAR LA ANGULA

1) Ensalada de angula

Ingredientes: *angulas hervidas, lechuga y salsa vinagreta.*

Preparación

Se compran las angulas hervidas y se sirven con un poco de lechuga y salsa vinagreta.

2) Angulas en caldo

Ingredientes: para 4 personas se ponen 400 gramos de angula, media cebolla, 2 tomates maduros, dos dientes de ajo, perejil, aceite de oliva, una copa de vino blanco, un punto de guindilla (pimiento pequeño picante o bicho) y una cucharada de harina.

Preparación

En una cazuela de barro se hace un sofrito con la cebolla picada, los tomates y el perejil, todo ello triturado. También se añade la guindilla y, cuando esté dorado, se añade la cucharada de harina para que haga cuerpo. Después del vino, se deja que reponga unos instantes para añadir un poco de agua. Cuando la salsa esté otra vez caliente se ponen las angulas. Se deja cinco minutos más y el plato ya está listo para servir.

3) Angulas fritas en cazuelita

Ingredientes: *(cantidades por persona) 125 g de angulas, 2 cucharadas de aceite, guindilla, un diente de ajo y sal.*

Preparación

En una cazuelita de barro con los bordes bajos y fondo plano se pone el aceite, el ajo pelado y cortado y dos trocitos de guindilla sin las semillas. Se pone la cazuela en el fuego hasta que el ajo esté dorado. Se añaden 125 g de angula, se remueven y se retira. Se sirve hirviendo en la misma cazuela y con tenedor de madera.

4) Angulas con ñora y ajo

Ingredientes: 600 g de angulas, 3 dientes de ajo, 2 ñoras y pimienta.

Preparación

Se pone una cazuela al fuego con agua y sal y, cuando empieza a hervir, se tiran las angulas poco a poco y se va removiendo. Cuando vuelve a hervir, se retira la cazuela del fuego, se escurren las angulas y se extienden sobre un trapo blanco.

En una cazuela con aceite se colocan los ajos, las ñoras sin semillas y se añaden las angulas con un poco de pimienta. Se mezcla todo y se saca rápidamente del fuego.

Se sirven en la misma cazuela para que lleguen a la mesa hirviendo. Si se cuecen demasiado o no están suficientemente calientes, no resultan sabrosas.

5) Angulas con ajo

Ingredientes: agua, sal, angulas, aceite y 1 cabeza de ajos.

Preparación

Se hierven las angulas en agua y sal. Se escurren bien. Se pone en el fuego una cazuela de barro con aceite y una cabeza de ajos y se sofríen las angulas. Se sirve enseguida, teniendo en cuenta que la cazuela mantiene el calor y continúa cociendo. También se pueden freír directamente.

6) Angulas a la catalana

Ingredientes: 550 g de angulas, ajoaceite ahogado, medio vaso de vinagre, sal y pimienta.

Preparación

En una cazuela de barro se pone el ajoaceite ahogado. Se pone la cazuela en el fuego y, cuando el ajoaceite esté caliente, se añade el vinagre, se deja reducir y se mantiene caliente.

En otra cazuela se pone agua y una pizca de sal. Cuando arranque a hervir se pone en el agua un colador fino en el cual se tendrán las angulas lavadas. Cuando empieza el hervor se saca el colador con las angulas,

se escurren bien y se tiran a la cazuela puesta en el fuego, donde está el ajoaceite y el vinagre. Se mezcla todo durante un minuto, más o menos, y se saca del fuego. Se sirve enseguida.

Se puede añadir por encima, un poco de pimienta negra, o antes un poco de guindilla.

7) Ensalada de angulas con salmón y habas tiernas

Ingredientes: 200 g de angulas, 300 g de salmón ahumado, 400 g de habas tiernas desgranadas, 1 cebollita en vinagre, alcaparras, vinagre de Jerez, tabasco, aceite y sal.

Preparación

Se pican bien finas la cebolla y las alcaparras, se añaden unas gotas de tabasco, sal y se remueve bien. El salmón se corta en láminas finas y se enrollan. Se hierven las habas durante cuatro minutos y se dejan enfriar. Se prepara una vinagreta con seis partes de aceite y una de vinagre, sal y dos gotas de tabasco.

En un cuenco se ponen las habas y las angulas, que se habrán escaldado previamente, removiéndolo todo bien con unas cucharadas de vinagreta. En el centro se colocan los rollitos de salmón, se bañan con una cucharada de vinagreta y ya está listo para comer.

8) Angulas a la bilbaina

Ingredientes: 250 g de angulas, 3 dientes de ajo, 2 cm de guindilla, 2 dl de aceite y sal.

Preparación

En cazuelitas individuales, con un fondo de aceite se calienta la guindilla. Cuando está medio frita se añaden los ajos picados y enseguida las angulas y un poco de sal.

Se le da una vuelta con una cuchara de madera y se tapa, dejándolas así durante cinco minutos. Destapar una vez servidas en la mesa.

9) Angulas al ajillo

Ingredientes: 250 g de angulas, 10 dientes de ajo, 2 dl de aceite, guindilla y sal.

Preparación

En cazuelitas de barro individuales se ponen las angulas y por encima se tira el aceite hirviendo, el ajo y la guindilla machacados. Se remueve rápidamente unos segundos y se tira un poco de sal. A continuación se sirve en las mismas cazuelitas.

10) Angulas al estilo de tuy

Ingredientes: 250 g de angula, 10 granos de ajo, 2 dl de aceite, pimentón rojo picante en polvo y sal.

Preparación

Se pone a calentar el aceite en una cazuela de barro con los ajos. Cuando éstos están dorados, se tiran las angulas, se les da unas vueltas si son crudas y se separa la cazuela si están hervidas. Se empolvorea con el pimentón rojo picante y se sirve tapado para mantenerlas calientes.

11) Angulas de ordizia

Ingredientes: 250 g de angulas, 6 dientes de ajo, 6 rodajas de guindilla, 12 cucharadas de aceite, 1 l de agua, ½ hoja de laurel y 30 g de sal fina.

Preparación

Se coloca en el fuego una olla con el agua, el laurel y la sal. Cuando empieza a hervir se retira del fuego y se saca la hoja de laurel.

A continuación, disponemos sobre el fuego una cazuela de barro con el aceite, los ajos partidos por la mitad y dejaremos freír lentamente. Mientras, se colocan las angulas en un colador y se les vierte por encima el agua hervida previamente, bastante caliente, dejándolas escurrir bien.

Cuando los ajos están fritos, se añaden las rodajas de guindilla y las angulas. Se remueve con un tenedor de madera y a los dos minutos se sirven en cazuelitas individuales, que previamente habremos calentado, y ya se pueden comer.

12) Angulas al estilo del delta del Ebro

Ingredientes: 200 g de angula, 6 dientes de ajo, 1 manojo de ajos tiernos, 6 rodajas de guindilla, 1 pizca de azafrán, 2 brotes de perejil, 12 cucharadas de aceite y sal.

Preparación

En una cazuela de barro con aceite se coloca la guindilla (al gusto), los ajos secos machacados y se deja sofreír. Cuando empieza a dorarse, se añaden los ajos tiernos troceados, el perejil trinchado, las angulas y se tapa la cazuela.

Cuando la angula está muerta, se añade un poco de agua, sal y azafrán, y se deja cocer entre 4 y 5 minutos.

13) Angulas de la ría

Ingredientes: 250 g de angulas, 2 dl de aceite, 1 dl de caldo de pescado, 2 dientes de ajo, 1 pimiento choricero, guindilla y sal.

Preparación

Mezclar el aceite y el caldo en una paella y llevarlo a ebullición, se deja cocer durante aproximadamente 2 minutos, a fuego medio, hasta que hierva violentamente. Añadir los ajos troceados en láminas, el pimiento choricero y las rodajas de guindilla al gusto. Remover durante 45 segundos a fuego vivo. Echar las angulas, dar unas vueltas y retirar.

Servir inmediatamente, muy calientes, con tenedor de madera, en cazuelas individuales precalentadas al horno .

14) Angulas con tomate

Ingredientes: 250 g de angulas, 2 dientes de ajo, 1 taza de salsa de tomate, aceite y sal.

Preparación

En una cazuela de barro se disponen unas seis cucharadas de aceite y los ajos picados, aproximándola al fuego. Una vez estén los ajos dorados, se retira la cazuela del calor y se incorporan las angulas y se pone sal. Rápidamente, se remueven con dos tenedores de madera y se vuelve a poner al fuego unos segundos. Ya rehogadas, se les añade la salsa de tomate bien

caliente, a la que se puede agregar, si se desea, un poco de guindilla. Las angulas se sirven inmediatamente y en la misma cazuela.

15) Angula del país

Ingredientes: 250 g de angulas, 6 ajos tiernos, ½ guindilla, una copita de brandy, colorante alimentario, perejil, aceite y sal.

Preparación

En una cazuela de barro con aceite se sofríen los ajos, el perejil y la guindilla. Cuando el sofrito comience a estar en su punto, se añade la angula, el brandy y la sal. Se deja cocer durante unos 15 minutos, se retira la cazuela del fuego y ya se puede servir.

7. DIFERENTES PRESENTACIONES DE LA ANGUILA

- Ahumada: se ahuma la de 150 - 500 gramos de peso. Cuanto mayor es, más grasa y más sabrosa resulta. Se mata ahogándola con poca agua. Se limpia por dentro y se ahuma entera. Después se vende entera, a filetes o bien troceada.
- “Xapadillo”: se debe desangrar la anguila, se limpia bien y se seca. Se utiliza la anguila de 80 a 150 gramos de peso.
- Anguila en caldo: guisada en cazuelitas de barro.

8. PREPARACIÓN DE LA ANGUILA

En general, son más apreciadas las anguilas de río y las menos son las de estanque, por su gusto a lodo. También es mejor la anguila de “pantena”, también conocida como de la oreja negra, aquella oscura y con grasa, plena de sabor, a diferencia de la denominada “sopona”, que aún no ha sufrido las misteriosas transformaciones que la preparan para el largo viaje al mar de los Sargazos, donde criará y acabará su ciclo vital.

Con el objetivo de preparar la anguila para su posterior cocción y presentación en la mesa, es necesario lavarla con paciencia. Es bueno tenerla en remojo, durante 1 ó 2 horas, con una mezcla de agua y de vinagre en la misma proporción, cambiándole el líquido una vez. También se puede tener durante cinco minutos en agua caliente con sal, lavando la babita con un cuchillo o dejarla un par de horas en agua fresca y suficiente sal, lavándola bien y secándola.

En las comarcas de Girona, las anguilas obtenidas en las acequias y pantanos, que resultan ser muchas veces lodosas, se tenían un día entero en agua, sal y vinagre. De esta forma, la carne quedaba más blanca y apetitosa, a punto para freír o cocer.

En el caso de que la anguila sea pequeña, al cortarle le cabeza y la cola, ya se puede pasar a su preparación escogida. Si las anguilas ya son un poco grandes se les quita la piel, frotando con sal para acabar de reducir su viscosidad. También se puede utilizar centeno. A continuación se pone la anguila sobre la superficie de trabajo y, con la punta del cuchillo, se corta la piel de alrededor de la cabeza. Se levanta con una mano el borde de la piel y se estira ligeramente para buscar después mejor cogedor. Con la mano izquierda se coge la cabeza y, con la derecha protegida con un trapo, se estira la piel hacia la cola, despellejándola. A continuación se deja el pescado sobre la superficie de trabajo y se corta la cabeza y la cola con un cuchillo grande.

Finalmente, tanto si la anguila es pequeña como grande, como si se le ha quitado la piel o no, se corta en trozos regulares, de entre 3 y 6 centímetros a excepción, naturalmente, de la anguila que se quiera preparar entera, o bien fileteada, después de sacarle la espina. Esta operación se realiza presionando con un trapo la anguila, deslizándolo desde la cola hasta la cabeza. Esto hace que las espinas y los intestinos vayan a parar a la cabeza, la cual se retira.

También la cabeza, la cola y espinas de la anguila, suelen utilizarse para preparar un buen caldo.

Entre las abundantes recetas valencianas de anguila, aparte del famoso "allipebre", o la barroca "espardenyera", están también las anguilas tostadas, fritas, a l'ast, al horno y sobre todo, el jugo ("suquet") de anguilas, una receta muy parecida a la "bullinada" del Rosellón o a la anguila con jugo del delta del Ebro.

En cuanto al valor nutritivo de la anguila, tiene un elevado contenido proteico y de grasas, sobre todo si ha sido criada en una piscifactoría como la que aquí se estudia. En cuanto a su contenido de vitaminas, se pueden destacar las 1.835 U.I. (Unidades Internacionales) de vitamina A, 0,25 mg de tiamina, 0,41 mg de riboflavinona y 1,6 mg de niacina. El contenido en vitamina C (ácido ascórbico) es despreciable. Todas estas cantidades están expresadas por 100 gramos de carne de anguila.

9. RECETAS PARA COCINAR LA ANGUILA

1) Anguila cocinada

Ingredientes: anguilas, caldo de pescado, ajos, perejil, azafrán, canela, pan tostado, avellanas, piñones y pan.

Preparación

Para cocinar las anguilas se cortan, se lavan bien y se ponen en una cazuela con ajos, perejil, azafrán, canela y, si se quiere, un poco de pimienta. Se hierva con agua y sal. Se hace una picada con pan tostado, avellanas, piñones, una miga de pan y el caldo de pescado. Se echa por encima de la anguila y se deja hervir hasta que se reduce el caldo, agitando la cazuela de vez en cuando.

2) Anguila a la salvia

Ingredientes: 1 anguila de 800 g, hojas de salvia o de laurel, galleta picada, aceite, vinagre, sal, pimienta en grano y un limón.

Preparación

Se lava bien la anguila y se le quita la piel y la cola. Se corta en trozos de 8 cm de largo, es decir, si pesa 800 g se hacen cuatro trozos.

En una cazuela de barro se tira aceite, dos cucharadas de vinagre, las hojas de salvia troceadas, sal, pimienta y los trozos de anguila y se deja dos horas para que tome gusto del adobe.

A continuación, envolver cada trozo con dos hojas de salvia, se colocan en una bandeja para el horno y se rocían con el jugo del adobe. Dejar cocer 20 minutos a temperatura media.

En el momento de servir, se rocía con jugo de limón.

3) Anguila a la tártara

Ingredientes: anguilas, cebollas, zanahorias, harina, perejil, tomillo, vino blanco, huevos y anchoas.

Preparación

En una cazuela rehogar las cebollas y las zanahorias cortadas a dados con un manojo de perejil, tomillo y vino blanco espolvoreado con harina. Después de media hora, se pasa el caldo por un colador y se coloca con

la anguila limpia, sin piel y enrollada. Se cuece y se deja enfriar. Después se pasa por huevo batido y se fríe a fuego suave. Se sirve con salsa de anchoas.

4) Anguila a la vinolleroy

Ingredientes: *anguila, vino blanco, zanahorias, cebollas, especias, sal, agua, harina, huevos, yemas de huevo, mantequilla y galleta picada.*

Preparación

Se corta la anguila limpia y sin piel. Se pone en el fuego una cazuela con el vino blanco, las zanahorias, las cebollas, especias, agua y sal y se deja hervir. Se quitan los trozos de anguila y se escurre el caldo. Si hay demasiado, se reduce haciéndolo hervir. Se añade un poco de harina, yemas de huevo y mantequilla y se mezcla todo muy bien.

Se cubren los tozos de anguila con la pasta obtenida, se pasan por huevo batido y galleta picada y se frien antes de servir.

5) Anguila a las finas hierbas

Ingredientes: *anguilas, cebolla, mantequilla, setas al gusto, vino blanco, hierbas aromáticas, ajo, perejil y zumo de limón.*

Preparación

Se cortan a trozos dos anguilas pequeñas, limpias, sin ninguna de las partes demasiado delgadas y se salan. Se pica una cebolla grande, se rehoga con aceite o mantequilla. Se añaden setas cortadas pequeñas, se remueve todo durante 5 ó 6 minutos y se riega con vino blanco. Añadir un manojo de hierbas aromáticas y dos ajos. Se estofa todo hasta que esté en su punto, removiéndolo de vez en cuando. Se liga con mantequilla amasada y se cuece el pescado en la salsa.

A la hora de servir, se escurre el pescado y se coloca en una bandeja. Se cuele la salsa y se reduce a fuego lento, añadiéndole perejil picado y zumo de limón. Después se pone por encima del pescado.

6) Áspic de anguila

Ingredientes: *anguilas, agua, vinagre, hierbas aromáticas, limón, vino blanco, gelatina blanca, especias, langostinos, pepino y hielo.*

Preparación

Bien limpia y vacía, se sala la anguila y se corta en trozos más bien grandes. Se escalda con un caldo corto de agua, hecho con vinagre, hierbas, especias y una rodaja de limón. La carne no se debe hacer demasiado para que no se deshaga. Se retira el pescado y se reduce el caldo. Sacar la grasa, añadir vino blanco y deshacer 20 g de gelatina blanca por litro de caldo. Tamizar y poner una capa de medio centímetro en un molde previamente untado de aceite y se deja cuajar en hielo. Se coloca la anguila, alternada con colas de langostino y pepino. Se rellena con la gelatina poco a poco y se deja enfriar con hielo. Para desmoldar con facilidad, se debe introducir unos instantes en agua caliente.

7) Anguilas, truchas o carpas al vino negro

Ingredientes: 70 g de mantequilla, 50 g de harina, ½ l de vino tinto, champiñones o níscalos y cebollas.

Preparación

Se dora la harina con la mantequilla y se cuece el vino tinto. Añadir las cabezas de pescado y dejar cocer lentamente durante una hora. Limpiar el pescado y vaciarlo. Cortarlo en rodajas de 4 centímetros y cocerlo con la salsa a fuego lento durante 10 minutos.

Servir rodeado de champiñones o níscalos salteados con cebollitas enteras. Las cabezas de pescado no se servirán. La salsa debe estar ligada, pero no espesa.

8) “Suquet” de anguila (I)

Ingredientes: 500 g de anguilas, 2 cebollas, 250 g de tomate, 1 cucharada de harina, aceite y sal.

Preparación

En una cazuela de barro se fríen las cebollas, tomates y harina. A medio cocer se añade un poco de agua y después las anguilas. Se salan y se dejan cocer 10 minutos.

9) “Suquet” de anguila (II)

Se trata de una variante de la receta anterior, en la que al sofrito se le pone guindilla y se deja hacer durante 5 minutos. Después se añade azafrán

y se deja cocer unos 20 minutos. Un poco antes de finalizar la cocción, se le pone sal y una picada de ajo y perejil.

10) Anguila a la paisana

Ingredientes: 600 g de anguila, 35 g mantequilla, $\frac{1}{4}$ l crema de leche, 1 cebolla y 1 limón.

Preparación

Fregar la anguila con sal por toda la piel para quitarle la viscosidad. También se puede quitar la piel, pero no será tan gustosa. Quitar los intestinos, lavar bien y trocear. Salar, pasar por harina y freír. En una cazuela con aceite, se fríe la cebolla muy picada. Cuando empieza a dorarse, añadir la anguila y verter un poco de agua. Se tapa y se deja cocer a fuego suave. Al acabar, se saca el pescado y a la salsa se le añade la crema de leche, la mantequilla, un poco de zumo de limón y sal. Se pasa a la cazuela la anguila frita, sin dejarla cocer, y ya se puede servir.

11) Anguila con salsa

Ingredientes: 600 g de anguila, 100 g de tomate, 1 rebanada de pan, 30 g de almendras tostadas, 30 g de piñones, 1 ajo y perejil.

Preparación

Limpiar, salar y cortar la anguila, enharinar y freír. En una cazuela con aceite, se fríe el pan y se saca. Después se fríen los tomates pelados y troceados. En el mortero se pica el ajo, el perejil, el pan, las almendras y los piñones. Se añade a la cazuela con el agua suficiente para hacer una salsa. Se sala y, cuando comienza a hervir, se añade la anguila y se deja cocer poco a poco durante 30 minutos.

12) "Suquet" de anguila y almejas

Ingredientes: (para 4 personas) 1 kg de anguila, 24 almejas, 1 cebolla pequeña, 1 tomate, 3 patatas, 1 guindilla, $\frac{1}{2}$ cabeza de ajos, perejil, 6 cucharadas soperas de aceite de oliva, 1 cucharada de harina, $\frac{1}{2}$ cucharada de pimentón rojo, $\frac{1}{2}$ cucharada de pimienta negra molida, sal y agua.

Preparación

En una cazuela de barro con aceite sofreír la cebolla y el tomate cortados bien pequeños. Cuando se empieza a dorar le añadiremos una picada hecha con los ajos, perejil, guindilla, pimienta negra, pimentón rojo y la harina. Se le da a la mezcla unas cuantas vueltas, se añade el agua y las patatas cortadas a trozos y se deja hervir unos diez minutos. A continuación se agrega la anguila y se deja cocer durante diez minutos más. Poco antes de acabar la cocción, se añaden las almejas y se rectifica de sal. Cuando éstas se abran, ya estará listo para servir.

13) Anguila al horno

Ingredientes: *aceite, 1 kg de anguilas un poco grandes, agua, ajos, 1 cucharada de pimentón rojo, 1 hoja de laurel y sal.*

Preparación

En una cazuela o bandeja que pueda ir al horno se dispone el aceite y el agua (mitad y mitad), los ajos, los trozos de anguila ya limpios y salados, el pimentón rojo y el laurel. Introducimos la cazuela en el horno hasta que se vea que la anguila está cocida.

También se puede elaborar con tomates, cebolla, patatas, todo cortado y, si se quiere, sofrito previamente, así como pimienta negra, perejil, canela, clavo, un poco de vino blanco y piñones; o bien una picada de ajos, piñones o cacahuets. Este último ingrediente se halla escasamente presente en nuestra cocina, exceptuando algún plato o dulce valenciano.

En las comarcas del Ebro y en el País Valenciano hay numerosas recetas basadas en la anguila, incluyendo éstas tostadas al horno que, realmente, adquieren un sabor delicioso. En Mallorca, primero se asan a la brasa y después se cuecen al horno con una picada, ajoaceite, hierbas y especias, o bien un sofrito.

14) Anguilas al “allipebre”

Origen

Esta receta se introduce en la zona del delta del Ebro gracias a los valencianos que venían a esta zona para trabajar en los arrozales. Hoy en día, este tipo de salsa o guisado se extiende desde el Tarragonés (donde

se conoce con el nombre de salsa “romesco”) hasta las tierras alicantinas, donde se añade a los arroces. El “allipebre” es un plato que forma parte del legado costumbrista valenciano y era elaborado por pescadores y no pescadores. Son evidentes los ingredientes más importantes de esta receta. En este caso, la palabra “pebre” no se refiere concretamente a la pimienta negra, sino al pimiento, guindilla o pimentón rojo (picante o no).

Ingredientes: 1 kg de anguilas, 1 cebolla, 2 tomates, laurel, 10 almendras tostadas y peladas, 1 cabeza de ajos, 1 vasito de aceite de oliva, 1 cucharada de pimentón rojo dulce y picante, 1 yema de huevo duro, 1 copa de vino blanco o rancio, perejil, azafrán, sal y agua.

Preparación

Se limpian bien las anguilas, se pelan, se cortan a trozos de unos tres o cuatro centímetros y se salan.

En una cazuela de barro se vierte un poco de aceite y se prepara un sofrito con la cebolla, los ajos y el tomate, todo ello bien trinchado, así como el pimentón rojo. Se añade un poco de agua y después la anguila, de manera que quede cubierta por el líquido. Se deja cocer durante unos 10 minutos a fuego rápido.

En un mortero se elabora una picada con los ajos, el perejil, las almendras, el azafrán, la yema de huevo duro y unas gotas de aceite. Se añade un poco del jugo de las anguilas y el vino a la picada del mortero y después se remueve y diluye bien la pasta. Se tira por encima de las anguilas, que seguirán en el fuego hasta que queden bien cocidas (unos 10 minutos más).

Si se desea un gusto más fuerte y picante, se puede añadir guindilla. También se puede añadir un poco de pimienta negra y pimentón. Hay quien añade un poquito de harina al sofrito, o bien una rebanada de pan frito en la picada. Otra opción alternativa es la de sofreír directamente los ingredientes de la picada. Muchas veces también se acompañan con patatas, o se añaden especias como clavo, nuez moscada o bien zumo de limón al final de la elaboración del plato. En el último momento también se pueden incorporar 200 gramos de guisantes cocidos.

15) Anguilas a la marinera (I)

Ingredientes: de 1 a 1 ½ kg de anguilas, 2 cucharadas de aceite, 40 g de mantequilla, 40 g de harina, de 5 a 20 cebollas pequeñas, 3 vasos de vino tinto, 1 vaso grande de agua, un pomo de hierbas aromáticas, sal, pimienta y pan para freír.

Preparación

Se pelan y limpian las anguilas. Se cortan en trozos de unos 8 ó 10 cm de longitud. Se sofríen las cebollas con el aceite bien caliente y se añade la mantequilla, los trozos de anguila y la harina. Se deja tostar sin que se queme. Se rocía con vino tinto y agua caliente. Se añade el pomo de hierbas y sal. Se deja cocer todo durante unos 15 minutos. Después se retira el pescado y se deja reducir la salsa hasta una tercera parte, aproximadamente. Se retira el pomo de hierbas, se cuele la salsa, se vuelve a poner el pescado y se deja cocer unos 20 minutos más. Se puede acompañar con pan frito.

16) Anguilas a la marinera (II)

Ingredientes: 2 anguilas medianas, 20 cebollas pequeñas, 1 cucharada de harina, ½ vaso de vino tinto, 1 hoja de laurel, 2 dientes de ajo, 4 rebanadas de pan frito, azafrán, aceite, sal y guindilla.

Preparación

Se lavan las anguilas y se les corta la cabeza y la cola. Después se trocean en trozos regulares.

En una cazuela de barro con aceite se rehogan las cebollas y, cuando estén doradas, se reservan. En el aceite que haya quedado, se pone una cucharada de harina y se remueve para que no queden grumos. Se rocía con el vino tinto y se pone sal, pimienta, laurel y las cebollas reservadas. Se deja hervir a fuego vivo durante 20 minutos. Seguidamente, se ponen los trozos de anguila, un poco de azafrán y se deja cocer todo junto, a fuego medio, durante una media hora. Se ponen en el guiso unas rodajas de guindilla.

La anguila se sirve en una bandeja en la que se habrán colocado en el fondo unas rebanadas de pan frito. Se pone el guiso por encima de éstas y se sirve caliente.

17) Tostadita con anguila ahumada

Nota: el ahumado de los alimentos no es propio de los Países Catalanes donde, como en la mayoría de países mediterráneos, el procedimiento normal de conservación es la salazón y el secado, sobre todo en el caso del pescado. Quizá en Menorca podría existir, en las zonas de campo e influenciado por el dominio inglés, algún tipo de ahumado de jamón. También en Tossa, según el historiador Mario Zuchitello, en el siglo XVIII, se ahumaba pescado.

Actualmente, no obstante, en el área de habla catalana se ahuman diversos pescados y, entre ellos, la anguila. Algunos cocineros y cocineras de las Tierras del Ebro han sabido adaptar a nuestro gusto el ahumado, de sabor más bien exótico para el paladar mediterráneo.

Ingredientes: *anguila ahumada, tostaditas, tomate y ajo.*

Preparación

Se pica el ajo bien pequeño. Se pela el tomate y, en crudo, se ralla y se trincha bien fino. Se desmenuza la anguila ahumada. Se cubren las rebanadas de pan tostado con el tomate y un poco de ajo picado y se añade la anguila desmenuzada. Se puede añadir un poco de aceite de oliva, naturalmente, a poder ser con procedencia geográfica de las Tierras del Ebro.

18) Anguila “xapada” guisada

Ingredientes: *1 kg de anguila seca o “xapada”, 500 g de judías blancas, 400 g de cebolla, 1 kg de tomates, 150 g de harina, 2 vasos de vino blanco seco, 1 hoja de laurel, ½ litro de aceite. Para la picada: 3 ajos, azafrán, avellanas o almendras tostadas, perejil y canela en polvo o en rama.*

Preparación

El “xapadillo” es una especialidad propia de la zona del delta del Ebro. Se trata de una anguila chapada, es decir, abierta por el vientre, puesta en salmuera y secada aproximadamente unas doce horas al aire libre y al sol.

El día antes se dejan en remojo las judías y la anguila. Se pone en una cazuela el aceite, la cebolla cortada bien fina, el laurel y el tomate pelado y bien picado. Cuando esté todo sofrito, se añade el vino y se espera a que se reduzca bien.

Aparte, se hierven las judías con agua de la forma acostumbrada.

Se corta la anguila en trozos, se pasan por harina y se fríen en una paella con un poco de aceite. Cuando estén dorados, se añaden a la cazuela con el sofrito. Se le pone también un poco de caldo de las judías y se deja cocer un poco. Se añaden las judías blancas cocidas, se sala y se deja cocer todo junto. Unos minutos antes de sacar la cazuela del fuego, se añade la picada. Servirlo cuando todavía no haya dejado de hervir.

Hay quien hace los “xapadillos” solamente con salsa, sin judías. También se les puede poner guindilla, pimentón rojo, perejil, etc. Se pueden

hacer simplemente a la brasa acompañados con ajoaceite o con pan con tomate o “chanfaina”.

19) “Suquet” de anguilas

Ingredientes: *aceite, 1 kg de anguilas (aproximadamente), unas cuantas almendras, 1 rebanada de pan, sal, 1 cabeza de ajos, pimienta en grano, agua, 1 hoja de laurel y azafrán.*

Preparación

Se limpian bien las anguilas y se cortan en rodajas. Se coloca una cazuela en el fuego con un fondo de aceite y se sofríe el pan, la cabeza de ajos, las almendras y la pimienta en grano. Se reserva todo lo sofrito y, en el mismo aceite, se vierte agua, casi un litro, para cubrir las anguilas y sal. Cuando hierve se añade el pescado y la hoja de laurel. A media cocción, unos veinte minutos, se agrega la picada hecha con los ingredientes que se han sofrido anteriormente, habiendo pelado los ajos, con un poco de azafrán. Se puede servir la anguila en un plato y la salsa en la cazuela para mojar pan.

La picada de este “suquet” puede enriquecerse con clavo o nuez moscada, canela, pimentón rojo o guindilla.

Si añadimos patata nos acercamos a una variante del “allipebre” (aunque este ingrediente no siempre está presente en este emblemático plato).

En las tierras del Ebro se le suele añadir pimentón rojo, tomate y vino blanco.

20) Bullinada de anguilas

Origen

El día 8 de mayo en San Hipólito, en el embalse de Salses (Francia), los hortelanos y payeses, para llamar a las lluvias, realizan la procesión de San Galdric (el verdadero patrón de los payeses catalanes), con la subsiguiente bendición del término o territorio. Participan los cofrades de la Sangre de Perpiñá (los de la Procesión de la Sangre), y toda la gente que les quiere acompañar mientras los pescadores, los pocos que quedan en el embalse, preparan en sus barracas -en grandes peroles- la bullinada con las anguilas que ellos mismos han pescado.

Se trata de una receta que, por otra parte, se puede relacionar con las que se hacen en el País Valenciano, en albuferas o estanques. También con la de Mallorca (Alcúdia), donde en la Pobla se guisan anguilas en “espinagada” (empanada o coca tapada, que viene de espinaca) el día de la fiesta de San Antonio (17 de enero), que también es una fiesta espléndida. Esta *baceitada de anguilas* (o *borrida*) también se encuentra en Occitania.

Ingredientes: *anguilas, manteca de cerdo, aceite, harina, ajos, pimientos verdes, pimienta, tomate, patatas y agua.*

Preparación

Una vez limpias y cortadas a trozos las anguilas, se pone una cazuela o un perol en el fuego con un poco de manteca y aceite. Cuando está caliente se hechan los ajos, el pimiento, el tomate, todo cortado en pequeños trozos, y se sofríe un poco. Se añade un poco de harina, las anguilas y las patatas peladas y cortadas en rodajas no muy finas. Se salpimenta y se cubre de agua para hacerlo cocer a fuego fuerte durante unos veinte minutos.

Se puede añadir azafrán, guindilla o pebrina, pimentón rojo, una bola de manteca, perejil, etc. Se suele servir con tostadas fregadas con ajo y con un buen vino del Rosellón.

21) “Allipebre” del delta del ebro

Nota: el “allipebre” es a la vez una salsa y el nombre genérico de un guiso de pescado característico tanto de la región del delta del Ebro y del Tarragonés, como de las comarcas centrales valencianas, donde es muy famoso el de anguila. Tal y como indica su nombre, la base siempre está constituida por el ajo y el pimentón rojo. No obstante, por extensión, existen “allipebres” sin algunos de estos ingredientes. El pimentón (de acuerdo con la acepción del catalán clásico: “pebre vermell”), que es un pimiento de romesco o una ñora, debe dar nombre al plato. Lo que liga tradicionalmente la salsa es la miga de pan (nunca corteza), a veces harina, pero también se hacen servir al efecto almendras y hasta cacahuetes, con lo cual nos aproximamos al mundo de los romescos y de las picadas. En las comarcas de Alicante se emplea para hacer los arroces.

Ingredientes: *1 kg de pescado (anguila, pulpo, etc.), aceite, 1 cabeza de ajos, ½ cucharada de pimiento rojo, 30 g de almendras o una docena, una miga de pan mojada en agua, sal y agua.*

Preparación

Se pone en el fuego una cazuela con un poco de aceite. Cuando está caliente, se pone una picada hecha con todos los ingredientes, a la cual se añade un poco de agua, procurando que no se queme e ir con cuidado porque suele salpicar. Se puede tapar haciéndolo freír durante unos breves instantes. A continuación se tira el pescado ya limpio y cortado a trozos. Seguidamente se tira agua hasta que cubra los trozos de anguila o de pescado y se deja cocer durante unos quince o veinte minutos.

Hay versiones más simples, con miga de pan y ajos que se pueden poner al final de la cocción para guardar el gusto del ajo, o incluso más complejas, con guindilla, “pesteta”, nuez moscada, azafrán, perejil y hasta tomate. Si a esta salsa se le añaden pimientos de romesco o vino, ya se trata prácticamente de un romesco. Hacia el territorio del Tarragonés, el “allipebre” suele llevar ñoras o pimientos de romesco y también patatas, con lo cual nos aproximamos a los “suquets”. La versión más simple es con pimientos y pan tostado, agua, aceite y sal.

Si en este plato se sirve pulpo -resulta buenísimo- se debe hervir antes pero sin sal a fin de que no endurezca: ésta se pone justo antes de servir en el plato.

Cualquier pescado del tipo “de roca”, de carne dura, es apto para este plato. Además se pueden hacer “allipebres” de bacalao, conejo o pollo. También son muy apreciados los pescados de bastina: raya, mitarra, gato, todos ellos peces que se deben despellejar antes y a veces ponerles vinagre.

En el País Valenciano, la misma receta se complementa ocasionalmente con harina para freír y una picada de almendras, cacahuetes, nueces, etc.

22) Judías blancas con anguila (original del tío Sisquet de Ximo)

Ingredientes: (para cuatro personas) 1 kilogramo de anguila, 1 cabeza de ajos, 1 cebolla, 1 cucharadita de pimienta, 2 ramitas de perejil, 1 “pesteta” (guindilla), 1 copa de coñac o de vino blanco, 1 pimiento y 1 bote de judías blancas cocidas.

Preparación

En una paella valenciana, se doran los ajos cortados a láminas. Una vez dorados se sofríen la cebolla, el pimiento, la guindilla y la anguila con un vaso de vino blanco. Cuando el vino se haya reducido, se añaden las judías

blancas cocidas y la anguila y se deja hasta que la anguila esté cocida. A continuación, se pone por encima perejil picado y ya se puede servir.

23) Arroz con pato y anguila (de Juanita de Cordero, 1947)

Ingredientes: (para cuatro personas) 200 g de arroz, 6 anguilas, 1 tomate, 2 dientes de ajo, 1 chorrito de aceite de oliva, ½ pato, ¼ l de caldo, 1 cebolla, 1 ramita de perejil, azafrán y sal.

Preparación

En una cazuela de barro se pone aceite de oliva y se sofríe el pato. Cuando está bien dorado se añade el tomate, la cebolla, los ajos y el perejil y se sofríe todo. Después se añade la anguila y se sofríe todo con el arroz y el azafrán. Se tira el caldo y se deja cocer hasta que el arroz esté en su justo punto.

24) Anguila con “suc” (M^a Teresa Gilabert “dels teresons”, 1910)

Ingredientes: (para 4 personas) ¼ l de vino blanco, 1 tomate, ½ cebolla, 1 trozo de “pesteta” (guindilla), 1 kg de anguilas y 1 ramita de perejil.

Preparación

Se coge la cebolla, el tomate, el perejil y se pica junto; se pone todo en una cazuela de barro acompañado de la guindilla. Cuando está bien sofrito, se echa el vino y, cuando se ha reducido, se tira la anguila, la sal, el agua y se deja cocer. Cuando está cocido ya se puede servir.

25) Anguilas con arroz

Ingredientes: 1 anguila de unos 600 g de peso, 350 g de arroz, 3 cucharadas de aceite, 1 diente de ajo, una hoja de laurel, un limón, una cucharada de perejil picado, 1 dl de vino blanco seco, 1 dl de caldo de pescado o de pollo, sal, pimienta y agua.

Preparación

Se limpia y despelleja la anguila y se corta en trozos. Se sofríe en una cazuela el diente de ajo entero con aceite y se le añade el laurel y los trozos de anguila. Se pone sal y pimienta y se deja cocer durante unos 30 ó 35 minutos. Se quitan los trozos de anguila escurriéndolos del aceite, se rocían con el zumo de limón y se mantienen calientes.

Se sacan de la cazuela el laurel y el diente de ajo, y se pone el arroz, que se mantendrá un minuto en el fuego, sofriéndolo. A continuación se añade el vino y se deja cocer para que se evapore el alcohol. Se continúa la cocción añadiéndole el caldo de pescado o de pollo caliente, poco a poco, y no agregando más hasta que no haya sido absorbido el anterior. Se cuece el arroz, aproximadamente, durante unos 18 minutos.

Poco antes del final de la cocción, se incorporan los trozos de anguila reservados, se remueve bien la preparación y se espolvorea con el perejil picado.

26) Anguila en escabeche

Ingredientes: 3 kg de anguilas, 1½ l de aceite de oliva virgen, ¼ l de vinagre, ¼ l de vino blanco, 10 hojas de laurel, 6 dientes de ajo, 3 cucharadas de pimienta negra en grano y sal.

Preparación

Se lavan las anguilas, se salan, se cortan en trozos regulares, se rebozan con harina y se fríen en aceite abundante. Después se colocan en capas en un recipiente de barro o de vidrio y, entre cada una de ellas, se pone una hoja de laurel.

Al aceite que sobra de freír las anguilas, se le añaden los ajos partidos en tres trozos, la pimienta, el vinagre y el vino y se vuelve a acercar al fuego para que se cueza todo durante unos minutos. Cuando el escabeche preparado esté frío, se pone sobre las anguilas procurando que queden bien cubiertas por el mismo.

27) Anguila al estilo del río esla

Ingredientes: 1 kg de anguila, 1 cebolla, 2 dientes de ajo, 1 hoja de laurel, 1 hueso de jamón, 1 vasito de caldo, 2 tomates, 1 pimiento, aceite, sal, pimienta, agua.

Preparación

Se saca la cabeza y la cola de las anguilas, se lavan, se cortan en trozos regulares, se pone sal y pimienta, se pasan por la harina y se fríen ligeramente.

Aparte, en una cazuela de barro con un fondo de aceite, se pone la cebolla cortada en juliana fina, los ajos, el laurel, el hueso de jamón, el caldo, los tomates y el pimiento cortado en trozos pequeños y, junto con las angui-

las, se cuece durante 20 minutos a fuego lento.

Este plato se suele acompañar con unas patatas cocidas y un huevo también cocido, por cada ración o comensal.

28) Anguila con judías blancas al estilo aragonés

Ingredientes: 1 kg de anguilas, 250 g de judías blancas, 4 dientes de ajo, una rebanada de pan frito, ½ limón, 1 cucharada de piñones, 8 avellanas, 1 clavo de especia, azafrán, vinagre, aceite, sal y agua.

Preparación

24) Anguila con “suc” (M^a Teresa Gilabert “dels teresons”, 1910)

Ingredientes: (para 4 personas) ¼ l de vino blanco, 1 tomate, ½ cebolla, 1 trozo de “pesteta” (guindilla), 1 kg de anguilas y 1 ramita de perejil.

Preparación

Se coge la cebolla, el tomate, el perejil y se pica junto; se pone todo en una cazuela de barro acompañado de la guindilla. Cuando está bien sofrito, se echa el vino y, cuando se ha reducido, se tira la anguila, la sal, el agua y se deja cocer. Cuando está cocido ya se puede servir.

25) Anguilas con arroz

Ingredientes: 1 anguila de unos 600 g de peso, 350 g de arroz, 3 cucharadas de aceite, 1 diente de ajo, una hoja de laurel, un limón, una cucharada de perejil picado, 1 dl de vino blanco seco, 1 dl de caldo de pescado o de pollo, sal, pimienta y agua.

Preparación

Se limpia y despelleja la anguila y se corta en trozos. Se sofríe en una cazuela el diente de ajo entero con aceite y se le añade el laurel y los trozos de anguila. Se pone sal y pimienta y se deja cocer durante unos 30 ó 35 minutos. Se quitan los trozos de anguila escurriéndolos del aceite, se rocían con el zumo de limón y se mantienen calientes.

Se sacan de la cazuela el laurel y el diente de ajo, y se pone el arroz, que se mantendrá un minuto en el fuego, sofríendolo. A continuación se

añade el vino y se deja cocer para que se evapore el alcohol. Se continúa la cocción añadiéndole el caldo de pescado o de pollo caliente, poco a poco, y no agregando más hasta que no haya sido absorbido el anterior. Se cuece el arroz, aproximadamente, durante unos 18 minutos.

Poco antes del final de la cocción, se incorporan los trozos de anguila reservados, se remueve bien la preparación y se espolvorea con el perejil picado.

26) Anguila en escabeche

Ingredientes: 3 kg de anguilas, 1½ l de aceite de oliva virgen, ¼ l de vinagre, ¼ l de vino blanco, 10 hojas de laurel, 6 dientes de ajo, 3 cucharadas de pimienta negra en grano y sal.

Preparación

Se lavan las anguilas, se salan, se cortan en trozos regulares, se rebozan con harina y se fríen en aceite abundante. Después se colocan en capas en un recipiente de barro o de vidrio y, entre cada una de ellas, se pone una hoja de laurel.

Al aceite que sobra de freír las anguilas, se le añaden los ajos partidos en tres trozos, la pimienta, el vinagre y el vino y se vuelve a acercar al fuego para que se cueza todo durante unos minutos. Cuando el escabeche preparado esté frío, se pone sobre las anguilas procurando que queden bien cubiertas por el mismo.

27) Anguila al estilo del río Esla

Ingredientes: 1 kg de anguila, 1 cebolla, 2 dientes de ajo, 1 hoja de laurel, 1 hueso de jamón, 1 vasito de caldo, 2 tomates, 1 pimiento, aceite, sal, pimienta, agua.

Preparación

Se saca la cabeza y la cola de las anguilas, se lavan, se cortan en trozos regulares, se pone sal y pimienta, se pasan por la harina y se fríen ligeramente.

Aparte, en una cazuela de barro con un fondo de aceite, se pone la cebolla cortada en juliana fina, los ajos, el laurel, el hueso de jamón, el caldo, los tomates y el pimiento cortado en trozos pequeños y, junto con las anguilas, se cuece durante 20 minutos a fuego lento.

Este plato se suele acompañar con unas patatas cocidas y un huevo también cocido, por cada ración o comensal.

28) Anguila con judías blancas al estilo aragonés

Ingredientes: 1 kg de anguilas, 250 g de judías blancas, 4 dientes de ajo, una rebanada de pan frito, ½ limón, 1 cucharada de piñones, 8 avellanas, 1 clavo de especia, azafrán, vinagre, aceite, sal y agua.

Preparación

Poner en remojo las judías blancas la noche anterior. Tres horas antes de preparar las judías, se ponen en remojo las anguilas en un cubo hondo con agua y vinagre. En una olla con agua fría, poner las judías blancas y dejar que se cuezan a fuego medio hasta que estén tiernas. Reservar el jugo de la cocción para su posterior utilización.

Se retiran las anguilas del agua, se escurren, se secan y se frotran con el limón. Seguidamente, en una cazuela de barro, ancha y baja, con aceite que calentamos, se doran los ajos pelados. Se añaden las anguilas troceadas y, cuando estén bien doradas, se pone el clavo, el azafrán y la sal. Se añaden dos tazas del jugo caliente de las judías y se deja cocer.

Mientras tanto, en un mortero se hace una picada con los piñones, las avellanas y el pan frito. Se añade esta salsa a las anguilas, se mezcla durante unos minutos y, a continuación, se añaden las judías blancas cocidas y escurridas. Se deja la cazuela cerca del fuego para conservar una elevada temperatura, pero se debe evitar que siga cociéndose. Servir enseguida.

29) Anguilas al estilo del bierzo

Ingredientes: 1 anguila de 1 kg, 4 pimientos rojos, 1 diente de ajo, ½ pastilla de caldo concentrado, ½ vaso de agua, ½ limón, aceite y sal.

Preparación

Lavar los pimientos, engrasarlos por fuera con aceite y asarlos al horno durante unos 45 minutos. Taparlos con papel de periódico para que suden y se pelen fácilmente. Sacar bien las semillas y cortarlos a tiras.

A parte, lavar las anguilas, pelarlas, cortarles cabeza y la cola, y se cuarteas el cuerpo a trozos regulares. Poner sal y freír con poca cantidad de

aceite, y no demasiado caliente, para que se cuezan por dentro, al mismo tiempo que un diente de ajo. Cuando estén los trozos dorados, se escurren. En el aceite sobrante, se añade la media pastilla de caldo concentrado disuelta en agua y el zumo de medio limón. Se deja que dé un hervor y se le añaden las tiras de pimientos y el jugo que han soltado.

Poner los pimientos con la salsa en el fondo de una bandeja y por encima, los trozos de anguila frita.

También se puede hervir la anguila con esta salsa o bien servirla con la salsa de los pimientos por encima.

30) Anguila al “allipebre” con cacahuetes

Ingredientes: 1 kg de anguilas, ½ l de aceite, 4 dientes de ajo, ½ cucharada de pimentón rojo, 30 g de cacahuetes tostados sin piel, 1 cucharada de pimienta negra, sal, agua o caldo de pescado.

Preparación

Poner una cazuela de barro en el fuego con el aceite. Cuando esté caliente, poner la anguila a trozos y salados. Se deja dorar lentamente, dando la vuelta frecuentemente. Cuando estén en su punto, se saca un poco de aceite.

A un lado de la cazuela, se pone el pimentón rojo y la pimienta negra. Se diluye dejando que se fría un poco con el aceite que ha quedado en la cazuela. Seguidamente, se pone el agua o el caldo de pescado de manera que cubra los trozos de anguila. Se deja cocer lentamente.

Un poco antes de sacar la cazuela del fuego, se pone la salsa hecha con los cacahuetes y los dientes de ajo, deshaciéndola con un poco de jugo de la cocción.

Se prueba y se corrige de sal, si fuera necesario.

31) Anguila a la catalana

Ingredientes: 1 anguila de 1½ kg, 1 diente de ajo, 50 g de harina, 1 vaso de vino blanco seco, 2 pimientos de conserva, 2 ramitas de perejil, pimienta, aceite, sal y salsa mayonesa.

Preparación

Lavar la anguila y cortarla a trozos.

Se pone en una cazuela el aceite, los trozos de anguila, las ramitas de perejil y se pone en el fuego. Cuando se empieza a cocer, se espolvorea con la harina y la pimienta y se añade el vino. Se deja cocer con la cazuela tapada durante 20 minutos. A continuación, se añaden el ajo y los pimientos picados.

Servir acompañado de la salsa mayonesa en una salsera aparte.

32) Anguila al horno al estilo de ibiza

Ingredientes: 1 kg de anguilas, 3 galletas de Inca, 1 limón, 3 ramitas de perejil, 2 ramitas de hinojo fresco, 1 taza de leche, 1 taza de ajoaceite, 1 clavo de especia, una pizca de diferentes especias y sal.

Preparación

Se abren las anguilas, se vacían y se lavan con agua y sal, hasta eliminar la babita. Se cortan en trozos regulares, se escurren y se secan. Se les pone aceite y se cuecen sobre las brasas. Seguidamente, se ponen en una cazuela refractaria, se perfuman con el zumo de limón y se añaden las especias.

Aparte, en un mortero, se trituran el hinojo, el perejil y las galletas de Inca. Se pone una taza de ajoaceite, se remueve para mezclar y se aclara con un poco de leche. Se tira por encima de las anguilas y se pone la cazuela al horno, dejándola 35 minutos. Se sirven muy calientes.

33) Anguilas rebozadas

Ingredientes: 1 kg de anguilas, 4 limones, 2 huevos, harina, aceite y sal.

Preparación

Se lavan las anguilas, se pelan y se les corta la cabeza. Se exprimen los limones. Se colocan las anguilas en una bandeja, se les echa el zumo de limón, la sal y se dejan en maceración, en un lugar fresco, durante una hora.

Cuando se vayan a preparar, escurrirlas, pasarlas por harina y por un huevo batido y freírlas en aceite abundante. Dejar escurrir en papel de cocina y servir las enseguida.

34) Anguila al estilo de los pescadores

Ingredientes: 1 ½ kg de anguila, ¾ kg de patatas, 1 copa de vino tinto, 3 dientes de ajo, laurel, pimentón rojo, aceite, sal y agua.

Preparación

La anguila limpia, se corta en trozos regulares. Las patatas, peladas y cortadas en rodajas, aproximadamente de un centímetro de grosor, se colocan en el fondo de una cazuela y encima se dispone la anguila, poniéndole sal. A continuación, se pone media hoja de laurel, el vino tinto y una taza de agua. Se tapa la cazuela y se deja cocer hasta que las patatas estén a media cocción.

Mientras tanto, en una paella con abundante aceite, se fríen los ajos. Una vez dorados, se pasan al mortero, donde se trituran y se deshacen con un poco de agua, añadiéndolo después al guisado.

Por último, en el aceite de freír los ajos, aún caliente, se pone una cucharada de pimentón rojo, se remueve y se pone también al guiso, dejándolo en el fuego hasta que se acabe la cocción. Cuando esté en su punto, se sirve.

35) Anguilas del general palafox

Ingredientes: 2 anguilas de tamaño mediano, 300 g de judías blancas, 2 huevos duros, 1 cebolla, 1 cabeza de ajos, 1 vaso de vino blanco seco, migas de pan, perejil, pimienta blanca molida, aceite, sal y agua.

Preparación

Una vez limpiadas las anguilas, se cortan en trozos regulares, se pasan por harina y se fríen en una paella con aceite, reservándolas una vez hechas. En el mismo aceite se rehoga la cebolla picada y los ajos enteros, poniéndole el vino, el agua y sal. Esta salsa se coloca con las anguilas en otra cazuela, se pone una salsa hecha con huevos duros y un poco de miga de pan remojada y se deja que cueza todo junto durante unos minutos. Cuando la salsa está bien ligada, se ponen en la cazuela las judías previamente cocidas, permitiendo que todo junto dé un hervor.

36) Anguila a la breña

Ingredientes: 1 anguila grande, 1 cebolla, 1 zanahoria, 1 diente de ajo, 1 manojo de finas hierbas, 1 vaso de vino blanco seco, 4 patatas, salsa de tomate, pimienta, aceite, sal y agua.

Preparación

Se prepara la anguila cortándola en trozos de 8 a 10 centímetros.

En una cazuela con aceite, se sofríen la cebolla y la zanahoria picadas. Cuando empiece a cocer vivamente, se incorpora el ajo triturado, el manojo de hierbas, el vino y el agua. Se cuece a fuego muy vivo durante unos 20 minutos con la anguila.

Aparte, después de pelar y cortar las patatas en rodajas finas, se saltean en una paella con aceite, poniéndoles sal y pimienta. Cuando las patatas estén salteadas se reservan.

Se quita la anguila de la cazuela, se escurre y se conserva caliente. Se reduce el jugo de la anguila que ha quedado en la cazuela y se ponen un par de cucharadas de salsa de tomate y perejil picado.

Para la presentación, se colocan en una fuente las patatas salteadas y encima los trozos de anguila y la salsa.

37) Anguila al estilo errenteria

Ingredientes: 1 anguila grande, 4 patatas nuevas, 200 g de judías blancas, 4 alcachofas, 3 dientes de ajo, 1 lata de puntas de espárragos, harina, perejil, caldo de pescado, aceite y sal.

Preparación

Se pone una cazuela de barro con aceite y se doran dos dientes de ajo laminados.

Se pela y se lava bien la anguila y se pasa por harina, después de haberla cortado en trozos regulares. Se pone en la cazuela y se le va dando vueltas para que esté cocida uniformemente. En un mortero se pone el perejil con el otro ajo, se pica bien fino y se añade a la anguila con un par de cucharadas de caldo de pescado.

Por separado, se cuecen las patatas, las judías y las alcachofas en agua y sal. Una vez cocidas, se incorporan a la anguila las patatas y las judías. En el momento de servir en la mesa se ponen las alcachofas y las puntas de los espárragos.

38) Anguila a la andaluza

Ingredientes: 2 anguilas medianas, caldo de pescado, 2 huevos, 2 tomates, 2 pimientos, 1 limón, perejil, pan rayado, salsa mayonesa, aceite y sal.

Preparación

En un caldo de pescado se cuecen los trozos de anguila que se han cortado una vez limpios. Antes de acabarlos de cocer, se sacan los trozos de la cazuela y se pasan por el huevo batido y por el pan rayado, acabando la cocción en una paella con bastante aceite.

Aparte, se prepara una salsa con los tomates hechos puré, una picada con los pimientos y la salsa mayonesa. Al servir la anguila, se acompaña, como guarnición, con dos medios limones y un poco de perejil frito.

39) Sopa de anguilas

Ingredientes: 300 g de anguilas, ajos, pan del día anterior, caldo de gallina, aceite y sal.

Preparación

Se quita la cabeza y la piel de las anguilas, se cortan en trozos y se fríen. Después, se aparta la carne blanca y se deja troceada en un plato para hacer la sopa.

Se coloca una olla en el fuego con el caldo de gallina. Cuando esté el caldo hirviendo, se ponen unas rebanadas delgadas de pan. Al cabo de unos minutos de cocción, se le añaden los ajos bien picados (uno por persona) y el aceite con los que los hemos freído. A continuación, se pone la carne de las anguilas que hemos reservado en un plato y se deja que hierva todo junto los minutos finales.

40) Anguila a la brasa

Ingredientes: 1 anguila de 800 g, 1 tacita de aceite, 1 limón, pimienta y sal. Para la salsa: 12 almendras tostadas, 2 dientes de ajo, 1 tomate, 1 cucharadita de pimentón rojo, 1 de pimienta negra, 1 tacita de aceite y sal.

Preparación

Después de lavar la anguila, se corta la cabeza y la cola y se pone sal y pimienta, se envuelve en papel de aluminio y se pone sobre la parrilla. Mientras se va cociendo, se baña frecuentemente con una buena emulsión de aceite y zumo de limón y se pincha el papel de aluminio con cuidado.

Cuando la anguila esté cocida, y antes de servir en la mesa, se quita el papel y se acompaña con la salsa bien picada que se ha preparado.

41) Anguilas con jugo de pescado

Ingredientes: 1 kg de anguilas, 2 tomates, 4 granos de ajo, 1 rebanada pequeña de pan, 1 copa de brandy, 1 hoja de laurel, pimienta roja dulce, pimienta negra, 6 almendras tostadas, guindilla, caldo de pescado, aceite y sal.

Preparación

Se lavan y cortan en trozos regulares las anguilas. En una cazuela de barro con aceite se fríe la rebanada de pan, que se pasará al mortero, donde se mezcla con las almendras, los ajos, el perejil y los tomates previamente asados, todo ello bien picado. La salsa obtenida se pasa por la cazuela juntamente con el laurel y unas rodajas de guindilla.

Cuando el sofrito esté en su punto, se pone la pimienta y el pimienta roja dulce, removiéndolo todo junto. Después se pone el brandy y se deja reducir.

Finalmente, se añade el caldo de pescado y las anguilas que, cuando empiecen a reblandecerse, se salarán.

42) Anguilas al estilo del delta del ebro

Ingredientes: 1 kg de anguilas, 1 cebolla, ½ pimienta roja, 2 tomates, 4 dientes de ajo, 1 hoja de laurel, 1 cucharada de harina, 1 cucharada de pimentón rojo dulce, 2 ramas de perejil, guindilla, azafrán, aceite, sal y agua.

Preparación

Se lavan y se cortan en trozos regulares las anguilas. En una cazuela de barro con aceite, se fríe la cebolla y el pimienta roja, triturados finamente. Cuando comiencen a dorarse se ponen los tomates pelados, sin semillas y bien triturados. Mientras tanto, en un mortero se prepara una salsa con ajos, perejil,

laurel, pimentón rojo y unas rodajas de guindilla, que se añadirá a la cazuela cuando el sofrito esté a punto, removiéndolo bien con una cuchara de madera.

A continuación, se pone la harina, se remueve para que se dore y no haga grumos y se echa el agua y el azafrán. Cuando arranca el hervor, se tira a anguila y, cuando empiece a reblandecerse se sala. Se deja cocer unos minutos y se sirve.

43) Anguila con patatas

Ingredientes: 1 kg de anguilas, 4 kg de patatas, 1 cebolla, 1 tomate, 2 dientes de ajo, 6 almendras tostadas, 6 avellanas tostadas, guindilla, perejil, aceite, sal y agua.

Preparación

Se lavan las anguilas y se cortan en trozos regulares. En una cazuela de barro, se pone aceite y se fríe la cebolla picada y, cuando comience a dorarse, se pone el tomate pelado, sin semillas y picado, juntamente con unas rodajas de guindilla. A continuación, se tiran las patatas, peladas y cortadas a dados, se les da unas vueltas y se añaden las anguilas y un vaso de agua. Se deja que se cueza todo junto hasta que las anguilas estén blancas y se salan.

Mientras, se habrán picado en el mortero los ajos, las almendras, las avellanas y el perejil. Se pone la salsa en la cazuela cinco minutos antes de que finalice la cocción.

44) Kabayaki, el estilo japonés

Nota

Éste es el nombre de la receta con la que las anguilas se cocinan en Japón, y el plato, se lo podemos asegurar, es francamente delicioso. “Kabayaki” en Japón, “anguilas ahumadas” en Alemania y “anguilas con gelatina” en Inglaterra: son todas preparaciones tan sabrosas que es imposible decir cuál de ellas es la más deliciosa.

Ingredientes: anguila, agua, aceite, gelatina, vinagre y sal.

Preparación

El kabayaki se prepara con anguilas partidas, se asan ligeramente y se hierven durante 10 minutos si se trata de anguilas jóvenes. Las anguilas

maduras son más gruesas y tienen la piel más dura, por tanto necesitan más tiempo de ebullición para reblandecer la piel suficientemente para que se puedan comer. Después se añade agua fría para hacer subir el aceite y quitárselo en superficie. Las piezas cocidas, juntamente con el jugo, se vierten en un cuenco grande que contenga gelatina disuelta en una a anguila y, cuando empiece a reblandecerse se sala. Se deja cocer unos minutos y se sirve.

43) Anguila con patatas

Ingredientes: 1 kg de anguilas, 4 kg de patatas, 1 cebolla, 1 tomate, 2 dientes de ajo, 6 almendras tostadas, 6 avellanas tostadas, guindilla, perejil, aceite, sal y agua.

Preparación

Se lavan las anguilas y se cortan en trozos regulares. En una cazuela de barro, se pone aceite y se fríe la cebolla picada y, cuando comience a dorarse, se pone el tomate pelado, sin semillas y picado, juntamente con unas rodajas de guindilla. A continuación, se tiran las patatas, peladas y cortadas a dados, se les da unas vueltas y se añaden las anguilas y un vaso de agua. Se deja que se cueza todo junto hasta que las anguilas estén blancas y se salan.

Mientras, se habrán picado en el mortero los ajos, las almendras, las avellanas y el perejil. Se pone la salsa en la cazuela cinco minutos antes de que finalice la cocción.

44) Kabayaki, el estilo japonés

Nota

Éste es el nombre de la receta con la que las anguilas se cocinan en Japón, y el plato, se lo podemos asegurar, es francamente delicioso. “Kabayaki” en Japón, “anguilas ahumadas” en Alemania y “anguilas con gelatina” en Inglaterra: son todas preparaciones tan sabrosas que es imposible decir cuál de ellas es la más deliciosa.

Ingredientes: anguila, agua, aceite, gelatina, vinagre y sal.

Preparación

El kabayaki se prepara con anguilas partidas, se asan ligeramente y se hierven durante 10 minutos si se trata de anguilas jóvenes. Las anguilas maduras son más gruesas y tienen la piel más dura, por tanto necesitan

más tiempo de ebullición para reblandecer la piel suficientemente para que se puedan comer. Después se añade agua fría para hacer subir el aceite y quitárselo en superficie. Las piezas cocidas, juntamente con el jugo, se vierten en un cuenco grande que contenga gelatina disuelta en una anguila se secan, ahuman y cuecen durante el proceso de ahumado. Las varas se cuelgan en un horno y las anguilas se ahuman durante 1 hora a 35°C, ½ hora a 50°C y finalmente durante 1 hora a 73°C. Este incremento gradual de la temperatura permite un secado uniforme de todas las partes de diferente grosor del pescado. Cuando la temperatura sube demasiado rápido, las anguilas se endurecen, especialmente cuando su contenido en grasa es bajo; así pues, la piel se seca y endurece, pero la carne se mantiene húmeda. Las anguilas tendrían que perder sobre el 15 - 20% de su peso durante el proceso de ahumado anteriormente descrito.

Una vez terminado el susodicho proceso, se sacan del horno las anguilas y se dejan enfriar antes de ser empaquetadas, puesto que de lo contrario podría cambiar su forma. Si es necesario, se frota ligeramente con aceite comestible y se envuelven con film de plástico transparente antes de empaquetarse en cajas.

El producto acabado ya está cocido y listo para comer. La carne habría de tener un sabor a humo con un poco de gusto salado; la textura firme y melosa, mantecosa, no dura. Se conserva durante 3 - 4 días a temperatura fresca.

47) ANGUILA AHUMADA PARA ENLATAR

Ingredientes: *anguilas, sal y aceite vegetal, preferiblemente de oliva.*

Preparación

Las anguilas se matan y limpian como se ha explicado anteriormente y se sumergen en salmuera de un 80% durante 15 minutos. Se cuelgan atravesadas por una vara en un horno de la misma manera que se ha explicado en la receta anterior. Se ahuman durante una hora a 35°C, una hora a 50°C y finalmente una hora a 73°C, se sacan las anguilas del horno, se dejan enfriar y se cortan en piezas de la medida adecuada para la lata a utilizar.

Las piezas así obtenidas se ponen dentro de las latas, las cuales se llenan con aceite vegetal caliente (102°C), se cierran herméticamente y se calientan a 102°C. Una lata ovalada de unos 200 gramos debe estar durante una hora a esa temperatura. Con este método, se produce muy poco encogimiento de la carne en la lata.

BIBLIOGRAFÍA Y FONDOS DOCUMENTALES

BIBLIOGRAFÍA

- 1) **ATSUSHI USUI.** *Eel culture*. 2ª edición. Fishing News Books, 1991
- 2) **BAS, C. Y CAMPRUBÍ, R.** *La pesca a Catalunya*. Ediciones Destino, S.L., 1980
- 3) **BLANCO CACHAFEIRO, M^a C.** *La trucha. Cría industrial*. 2ª edición. Editorial Mundi-Prensa, 1995
- 4) **BELLEPAIRE C. Y OLLEVIER F.** *L'anguille: son histoire et son élevage*. Aquaculture et Développement, Cahiers. Ethologie appliquée, 1987
- 5) **BERNARD-GISBERT, A.** *¿Quiere usted comer bien?* Biblioteca Hispania. Editorial Ramón Sopena. Barcelona: 1964
- 6) **BRUSLE J.** *Situation actuelle de l'anguilliculture: aspects techniques et biologiques*. Oceanis, 1987
- 7) **CASTELLÓ ORVAY, F.** Coordinador. *Acuicultura marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción*. Publicaciones Universidad de Barcelona. Barcelona: septiembre de 1993
- 8) **CHEN, J.D.** *Studies on bacterial distribution in pond-culture eels*, 1976
- 9) **CONSEJO DE COLEGIOS VETERINARIOS DE CATALUÑA.** *Guía Veterinaria de Cataluña*, 1995
- 10) **DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA.** *Estadística y conjuntura agrària* (años 1993 – 2000). Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- 11) **EGUSA, S.** *Europa unagi no yoshoku* (Cultivo de la anguila europea (*Anguilla anguilla*, L.)), 1979
- 12) **EIFAC.** *Report of the meeting of working party on eel*, 1992
- 13) **FÀBREGA, J.** *La cocina catalana*. Ediciones La Magrana, 1995
- 14) **FRANQUET BERNIS, J. MA.** *Cálculo estructural de los túneles-invernaderos*. Asociación de Ingenieros Agrónomos de Cataluña. Barcelona: 1995
- 15) **FRANQUET BERNIS, J. MA.** *Estructura de la propietat agrària. Aplicació a la Regió Catalana de l'Ebre*. Diputación de Tarragona, 1998
- 16) **GARCÍA-BADELL, J. J.** *Tecnología de las explotaciones piscícolas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid: 1983
- 17) **GARCÍA-BADELL, J. J.** *Granjas Acuáticas*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 1986
- 18) **GRAY WALLACE.** *Electrotecnia*. Editorial Aguilar, 1967

- ÍNDICE GENERAL-

pág.

PRÓLOGO

CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN

1. Un poco de historia.....	5
2. Antecedentes.....	4
3. Donde y como practicar la acuicultura.....	5
4. Situación actual de la acuicultura en el ámbito mundial.....	5
5. Evolución de la acuicultura en Cataluña.....	5
5.1. Introducción.....	55
5.2. Evolución de la acuicultura de pescados en el periodo 1992-2002.....	55
5.3. Evolución de la acuicultura de moluscos en el periodo 1992-2002.....	55
6. La acuicultura en las Tierras del Ebro.....	55
6.1. Introducción.....	55
6.2. Actuación en el campo de la acuicultura marina del <i>Institut Català del Sòl</i>	55

CAPÍTULO 2.- TECNOLOGÍA Y TIPOS DE PRODUCCIÓN EN ACUICULTURA. EXACCIONES

1. Necesidades tecnológicas.....	55
1.1. Riesgos y retos tecnológicos para el futuro desarrollo.....	55
1.1.1. Riesgos comunes a los desarrollos tecnológicos de la acuicultura	55
1.1.2. Retos para los desarrollos tecnológicos comunes en la acuicultura española.....	55
1.2. Líneas de actuación para el desarrollo sostenible de la acuicultura.....	55
1.2.1. Introducción.....	55
1.2.2. Circunscripción de la acuicultura.....	55
1.2.3. Integración y compatibilización de la acuicultura con el medio ambiente	55
2. Sistemas y técnicas de producción.....	55
2.1. Tipos y sistemas.....	55
2.2. Tipos según organismos de cultivo.....	55
2.3. Tipos según las fases del ciclo biológico.....	55
2.4. Tipos de acuicultura, según la ubicación.....	55
2.5. Según el nivel de actuación del hombre.....	55
3. Exacciones aplicables a la acuicultura y conclusiones.....	55
3.1. Exacciones.....	55
3.1.1. Introducción.....	55
3.1.2. Canon de ocupación.....	55
3.1.3. Canon de vertidos.....	55
3.2. Conclusiones.....	55

CAPÍTULO 3.- EL AGUA EN LAS PISCIFACTORÍAS. PROBLEMAS TOXICOLÓGICOS

1. Introducción.....	55
2. Parámetros de calidad en el medio acuático.....	55
2.1. pH.....	55
2.2. Temperatura.....	55
2.3. Oxígeno.....	55
2.4. Alcalinidad.....	55
2.5. Dureza.....	55

3.	Principales problemas toxicológicos en la explotación intensiva de peces.....	55
3.1.	Introducción.....	55
3.2.	Problemas generados en la propia piscifactoría.....	55
3.3.	Problemas toxicológicos debidos a la deficiente calidad del agua.....	55
3.3.1.	Disminución del oxígeno disuelto.....	55
3.3.2.	Enfermedad de las burbujas.....	55
3.3.3.	Intoxicación por amoníaco.....	55
3.3.4.	Intoxicación por nitritos.....	55
3.3.5.	Intoxicación por sulfuros.....	55

CAPÍTULO 4.- INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS

1.	Introducción.....	55
2.	Tomas de agua.....	55
3.	Impulsión y depósito regulador.....	55
4.	Red de suministro de agua.....	55
5.	Red de desagüe.....	55
6.	Red de aire.....	55
7.	Red de oxígeno.....	55
8.	Filtración y esterilización del agua.....	55
9.	Sistemas de control y alarma.....	55
10.	Climatización del agua.....	55
11.	Tanques de cultivo.....	55
12.	Cámaras de conservación y frigoríficas.....	55

CAPÍTULO 5.- ALTERNATIVAS DE CULTIVO

1.	Estadísticas pesqueras de anguila en los puertos de Cataluña.....	55
2.	Motivación del cultivo de la anguila.....	55
3.	La repoblación de anguila en Cataluña.....	55
4.	Alternativas en el cultivo de la anguila/anguila.....	55
4.1.	Alternativas.....	55
4.2.	Evaluación de las alternativas.....	55
5.	Producción en cultivo extensivo o tradicional.....	55

CAPÍTULO 6.- BIOLOGÍA DE LA ANGUILA Y DE LA ANGULA

1.	Clasificación y anatomía de la anguila/anguila.....	55
2.	Especies de anguila.....	55
3.	Hábitats naturales.....	55
4.	Ciclo biológico en el medio natural.....	55
4.1.	La puesta.....	55
4.2.	La migración transatlántica de las larvas leptocefálicas.....	55
4.3.	La metamorfosis de los leptocefalos en angulas.....	55
4.4.	La migración anádroma de las angulas.....	55
4.5.	Crecimiento de las anguilas amarillas.....	55
4.6.	La metamorfosis de la anguila plateada.....	55
4.7.	La migración transatlántica de las anguilas plateadas.....	55

CAPÍTULO 7.- TÉCNICAS DE CULTIVO Y MANEJO

1. El cultivo de la angula/anguila.....	55
1.1. Fases de desarrollo y crecimiento en el cultivo.....	55
1.2. Calibraciones selectivas.....	55
1.3. Densidad o tasa de carga.....	55
1.4. Reproducción y sexualidad.....	55
1.5. Control del sexo.....	55
2. Alimentación.....	55
3. Nutrición proteica y medio ambiente.....	55
4. Comparación de la composición corporal y datos biométricos entre anguilas procedentes de piscifactorías y del medio natural.....	55

CAPÍTULO 8.- PATOLOGÍA DE LA ANGUILA Y TRATAMIENTOS

1. Introducción.....	55
2. Aspectos veterinarios.....	55
3. Enfermedades de las anguilas.....	55
3.1. Introducción.....	55
3.2. Enfermedades micóticas.....	55
3.3. Enfermedades bacterianas.....	55
3.4. Enfermedades causadas por otros organismos.....	55
4. Medicamentos.....	55
5. Legislación sobre el uso de medicamentos.....	55
6. Tratamientos de las enfermedades de las anguilas.....	55
6.1. Tipos de tratamientos.....	55
6.2. Límites máximos de residuos (LMR).....	55
6.3. Productos farmacológicos.....	55
6.4. Piensos medicados.....	55
7. El estrés en los peces.....	55
7.1. La adaptación ambiental: resistencia, tolerancia y estrés.....	55
7.2. Concepto de estrés. Agentes estresantes.....	55
7.3. El estrés y la piscifactoría.....	55

CAPÍTULO 9.- CONDICIONES DE LA EXPLOTACIÓN

1. Condicionantes naturales.....	555
1.1. La obtención de la angula.....	555
1.1.1. La pesca.....	555
1.1.1.1. Introducción.....	555
1.1.1.2. La pesca de la angula en el delta del Ebro.....	555
1.1.2. Artes de pesca.....	555
1.1.3. La regulación de la pesca de la angula.....	555
1.1.4. Evolución de la pesca de anguila y angula en el Delta del Ebro.....	555
1.1.5. Capturas y comercialización de la angula en el delta del Ebro.....	555
1.2. Calidad del agua.....	555
1.3. La alimentación.....	555
2. Condicionantes legales.....	555
2.1. Acuicultura.....	555
2.2. Medicamentos veterinarios y residuos.....	555
2.3. Política zoonosanitaria.....	555
2.4. Construcción.....	555
2.5. Prescripciones urbanísticas.....	555
2.6. Industria agraria.....	555

2.7.	Vertido de aguas.....	555
2.8.	Electrotecnia.....	555
3.	Condicionantes de mercado o económicos.....	555

CAPÍTULO 10.- DISEÑO DE UNA PISCIFACTORÍA DE ANGUILAS EN RÉGIMEN INTENSIVO

1.	Plan de producción.....	555
1.1.	Programa productivo.....	555
1.1.1.	Producción.....	555
1.1.2.	Ciclos productivos.....	555
1.1.3.	Programa.....	555
1.2.	Proceso productivo.....	555
1.2.1.	Descripción de un ciclo productivo.....	555
1.2.2.	Etiquetaje y transporte del producto final.....	555
1.2.3.	Limpieza y mantenimiento de los tanques.....	555
2.	Condicionantes naturales.....	555
2.1.	Temperatura.....	555
2.2.	pH.....	555
2.3.	Necesidades de oxígeno.....	555
2.3.1.	Necesidades de oxígeno de la angula/anguila.....	555
2.3.2.	Cálculo de las necesidades de oxígeno.....	555
2.3.3.	Otras consideraciones.....	555
2.3.3.1.	El problema de las burbujas.....	555
2.4.	Alimentación.....	555
2.5.	El agua en la piscifactoría.....	555
2.5.1.	Filtración de cloro.....	555
2.5.2.	Circuito cerrado del agua en la piscifactoría.....	555
3.	Descripción de las necesidades de la piscifactoría.....	555
3.1.	Edificaciones.....	555
3.2.	Instalaciones.....	555
3.2.1.	Tanques de cultivo.....	555
3.2.2.	Instalación hidráulica.....	555
3.2.3.	Instalación de gas natural.....	555
3.2.4.	Instalación eléctrica.....	555
3.2.5.	Instalación para la oxigenación del agua.....	555
3.2.6.	Sistemas de control, automatización e informática.....	555
3.3.	Maquinaria y equipo para el reciclaje.....	555
3.4.	Personal técnico y mano de obra.....	555

CAPÍTULO 11.- OBJETO, CONDICIONANTES Y NECESIDADES DEL PROYECTO

1.	Objetivo.....	555
2.	Motivación.....	555
2.1.	Piscifactoría.....	555
2.2.	Especie.....	555
3.	Condicionantes naturales.....	555
4.	Condicionantes de mercado.....	555
5.	Condicionantes del promotor.....	555
6.	Elección de las alternativas.....	555
6.1.	Macroalternativas.....	555
6.2.	Microalternativas.....	555
7.	Proceso productivo.....	555
7.1.	Introducción.....	555
7.2.	Preengorde.....	555

7.3.	Engorde – Fase 1.....	555
7.4.	Engorde – Fase 2.....	555
8.	Producción.....	555
9.	Necesidades del proyecto.....	555
9.1.	Invernadero.....	555
9.2.	Balsa de sedimentación.....	555
9.3.	Edificio de oficinas y servicios.....	555
9.4.	Urbanización.....	555
10.	Presupuesto/Inversión.....	555

CAPÍTULO 12.- INGENIERÍA DEL PROYECTO

1.	Introducción.....	555
2.	Invernadero.....	555
2.1.	Orientación.....	555
2.2.	Cimientos.....	555
2.3.	Estructura.....	555
2.4.	Cubierta.....	555
3.	Edificio de oficinas y servicios.....	555
4.	Balsa de sedimentación.....	555
5.	Tanque de reserva.....	555
6.	Urbanización.....	555

CAPÍTULO 13.- CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

1.	Invernadero.....	555
1.1.	Cimientos.....	555
1.1.1.	Cimentación perimetral.....	555
1.1.2.	Cimentación de los pilares interiores.....	555
2.	Balsa de sedimentación.....	555
2.1.	Consideraciones previas.....	555
2.2.	Cálculos de la armadura para armar con barras de acero.....	555
2.2.1.	Acciones.....	555
2.2.2.	Momentos y secciones.....	555
2.2.3.	Armadura de la losa del fondo.....	555
3.	Tanque de reserva.....	555
3.1.	Consideraciones previas.....	555
3.2.	Cálculo para armar con barras de acero.....	555
3.2.1.	Acciones.....	555
3.2.2.	Momentos y secciones.....	555
3.2.3.	Armadura de la losa del fondo.....	555
4.	Edificio de oficinas y servicios.....	555
4.1.	Forjado de piso, techo de planta baja (tipo I).....	555
4.2.	Forjado de piso, techo de planta baja (tipo II).....	555
4.3.	Zanja perimetral de cimentación.....	555
4.4.	Abrazadera perimetral del edificio para oficinas y servicios.....	555

CAPÍTULO 14.- INSTALACIONES AUXILIARES Y/O COMPLEMENTARIAS

1.	Instalación hidráulica.....	555
1.1.	Introducción.....	555
1.2.	Consideraciones previas.....	555
1.3.	Instalación de las tuberías de distribución del agua a los tanques	

de cultivo.....	555
1.3.1. Dimensionado de las tuberías de distribución de agua a los tanques de cultivo.....	555
1.3.2. Cálculo de las pérdidas de carga.....	555
1.3.3. Aislamiento térmico de las tuberías.....	555
1.4. Cálculo de las bombas hidráulicas.....	555
1.4.1. Cálculo de la potencia necesaria.....	555
1.4.2. Datos técnicos de las bombas hidráulicas.....	555
1.4.3. Elementos de la instalación de las bombas hidráulicas.....	555
1.5. Dimensionado de las conducciones del agua para el reciclaje.....	555
1.6. Instalación de las conducciones de desagüe hacia la balsa de sedimentación.....	555
1.6.1. Dimensionado de las conducciones de desagüe hacia la balsa de sedimentación.....	555
1.6.2. Cálculo de las pérdidas de carga de las conducciones de desagüe hacia la balsa de sedimentación.....	555
1.7. Conducción de abastecimiento de agua de reposición.....	555
1.8. Conducción de abastecimiento de agua al invernadero destinada a la limpieza.....	555
2. Instalación eléctrica.....	555
2.1. Introducción.....	555
2.2. Cálculo de las necesidades de iluminación artificial.....	555
2.2.1. Introducción.....	555
2.2.2. Invernadero.....	555
2.2.3. Edificio de oficinas y servicios.....	555
2.3. Descripción de las líneas de alumbrado.....	555
2.3.1. Introducción.....	555
2.3.2. Invernadero.....	555
2.3.3. Edificio de oficinas y servicios.....	555
2.3.4. Alumbrado exterior.....	555
2.4. Cuadro de la potencia absorbida por la instalación de alumbrado.....	555
2.5. Dimensionado de las líneas de alumbrado.....	555
2.6. Líneas principales de alumbrado.....	555
2.6.1. Invernadero.....	555
2.6.2. Edificio de oficinas y servicios.....	555
2.6.3. Alumbrado exterior.....	555
2.7. Descripción de las líneas de fuerza.....	555
2.7.1. Introducción.....	555
2.7.2. Invernadero.....	555
2.8. Potencia absorbida para la instalación de la fuerza.....	555
2.9. Dimensionado de las líneas de fuerza.....	555
2.10. Línea principal de fuerza.....	555
2.11. Potencia a contratar.....	555
3. Instalación del gas natural.....	555
4. Protección contra incendios.....	555

CAPÍTULO 15.- ELEMENTOS PARA LA RECIRCULACIÓN DEL AGUA

1. Filtro mecánico.....	555
1.1. Características.....	555
1.2. Datos técnicos y especificaciones.....	555
2. Filtro biológico.....	555
2.1. Datos técnicos.....	555
2.2. Características.....	555

3.	Calentamiento del agua de cultivo.....	555
3.1.	Necesidades.....	555
3.2.	La caldera.....	555
3.2.1.	Construcción.....	555
3.2.2.	Funcionamiento.....	555
3.2.3.	Características.....	555
3.2.4.	Dimensiones.....	555
3.3.	Acumulador de calor.....	555
3.4.	Intercambiador de calor.....	555
3.5.	Características del combustible.....	555
4.	Oxigenación del agua de cultivo.....	555
4.1.	Utilización del oxígeno puro.....	555
4.2.	Sistema de oxigenación del agua de cultivo.....	555
4.3.	Circuito para la oxigenación del agua de cultivo.....	555
4.4.	Tanques de cultivo.....	555

CAPÍTULO 16.- PRESUPUESTO DE LA INVERSIÓN

1.	Presupuestos parciales.....	555
1.1.	Invernadero.....	555
1.2.	Edificio de oficinas y servicios.....	555
1.3.	Urbanización.....	555
1.4.	Protección contra incendios.....	555
2.	Resumen del presupuesto de la inversión.....	555
2.1.	Presupuestos generales.....	555
2.1.1.	Invernadero.....	555
2.1.2.	Edificio de oficinas y servicios.....	555
2.1.3.	Urbanización.....	555
2.1.4.	Protección contra incendios.....	555
2.2.	Resumen de presupuestos generales.....	555
2.2.1.	Invernadero.....	555
2.2.2.	Edificio de oficinas y servicios.....	555
2.2.3.	Urbanización.....	555
2.2.4.	Protección contra incendios.....	555
2.3.	Resumen general de presupuestos.....	555
2.4.	Presupuesto general total.....	555

CAPÍTULO 17.- ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO DE LA INVERSIÓN

1.	Estudio de los capitales.....	555
1.1.	Introducción.....	555
1.2.	Estudio de los capitales activos.....	555
2.	Reposiciones.....	555
3.	Estudio económico.....	555
3.1.	Costes fijos.....	555
3.1.1.	Amortizaciones y costes financieros.....	555
3.1.2.	Otros.....	555
3.2.	Costes variables.....	555
3.3.	Ingresos.....	555
3.4.	Resultados.....	555
4.	Análisis de la inversión.....	555
4.1.	Pagos.....	555
4.2.	Pagos fijos.....	555
4.3.	Pagos ordinarios.....	555

4.4.	Pagos extraordinarios.....	555
4.5.	Cobros.....	555
4.5.1.	Cobros ordinarios.....	555
4.5.2.	Cobros extraordinarios.....	555
4.6.	Flujos de caja (<i>Cash-flow</i>).....	555
5.	Análisis de sensibilidad de la inversión.....	555

ANEJO I.- PLANOS.....	555
ANEJO II.- REPORTAJE FOTOGRÀFICO.....	555
ANEJO III.- GASTRONOMÍA DE LA ANGULA Y DE LA ANGUILA.....	555

BIBLIOGRAFÍA Y FONDOS DOCUMENTALES.....

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL.....

ÍNDICE DE CUADROS.....

ÍNDICE DE FIGURAS.....

- ÍNDICE DE CUADROS -

CAPÍTULO 1

pág.

Cuadro 1.1. Producción en el estado español de diferentes especies acuícolas (toneladas), 1998.....	55
Cuadro 1.2. Evolución de la acuicultura en Cataluña en el periodo 1992 - 1999.....	55
Cuadro 1.3. Evolución de la acuicultura en Cataluña en el periodo 2000 - 2002.....	55
Cuadro 1.4. Evolución de la acuicultura de pescado en el periodo 1992 - 1999.....	55
Cuadro 1.5. Evolución de la acuicultura de pescado en el periodo 2000 - 2002.....	55
Cuadro 1.6. Evolución de la acuicultura de moluscos en el periodo 1992 - 1999.....	55
Cuadro 1.7. Evolución de la acuicultura de moluscos en el periodo 2000 - 2002.....	55
Cuadro 1.8. Producción acuícola de las Tierras del Ebro, 1997.....	55

CAPÍTULO 5

Cuadro 5.1. Estadística pesquera de anguila del año 1993.....	55
Cuadro 5.2. Estadística pesquera de anguila del año 1994.....	55
Cuadro 5.3. Estadística pesquera de anguila del año 1995.....	55
Cuadro 5.4. Estadística pesquera de anguila del año 1996.....	55
Cuadro 5.5. Estadística pesquera de anguila del año 1997.....	55
Cuadro 5.6. Estadística pesquera de anguila del año 1998.....	55
Cuadro 5.7. Estadística pesquera de anguila del año 1999.....	55
Cuadro 5.8. Estadística pesquera de anguila del año 2000.....	55
Cuadro 5.9. Producción europea de anguilas en Tm.....	55
Cuadro 5.10. Número de piscifactorías de anguila en Europa, lugares de trabajo y volúmenes de ventas (1996).....	55
Cuadro 5.11. Precios y producciones de anguila en el estado español los años 1994-99.	55
Cuadro 5.12. Repoblaciones de anguila en Cataluña efectuadas entre 1996-99.....	55

CAPÍTULO 8

Cuadro 8.1. Sustancias con límites máximos de residuos fijados.....	555
Cuadro 8.2. Sustancias sin límite máximo de residuos.....	555
Cuadro 8.3. Sustancias farmacológicamente activas para las cuales no se puede fijar límite máximo de residuos y está prohibida su comercialización para todas las especies... 555	555
Cuadro 8.4. Antibióticos antibacterianos administrables por vía parenteral.....	555
Cuadro 8.5. Sustancias administrables por vía oral.....	555
Cuadro 8.6. Sustancias administrables por inmersión.....	555
Cuadro 8.7. Desinfectantes de uso general en instalaciones.....	555
Cuadro 8.8. Esquema de intervención rápida ante una presunta infección bacteriana.....	555

CAPÍTULO 9

Cuadro 9.1. Capturas y precios de anguila en el delta del Ebro.....	555
Cuadro 9.2. Estadística pesquera de anguila en Deltebre del 1995 al 1998.....	555
Cuadro 9.3. Producción mundial de anguilas.....	555
Cuadro 9.4. Producción y consumo de anguilas en Europa.....	555

CAPÍTULO 10

Cuadro 10.1. Índice de crecimiento (Ic) de la anguila según la fase del ciclo productivo en % peso vivo/día.....	555
Cuadro 10.2. Intervalos de peso de la anguila según las fases y días del ciclo productivo...	555
Cuadro 10.3. Consumo, por cabeza y por kilogramo, de oxígeno por parte de las anguilas...	555
Cuadro 10.4. Saturación de oxígeno en función de la temperatura, para una presión total de la atmósfera saturada en vapor de agua de 1 atm de presión.....	555
Cuadro 10.5. Tabla de alimentación.....	555

CAPÍTULO 12

Cuadro 12.1. Propiedades del film termoaislante de polietileno (PE).....	555
--	-----

CAPÍTULO 14

Cuadro 14.1. Potencia absorbida por la instalación de alumbrado.....	555
Cuadro 14.2. Dimensionado de las líneas de alumbrado.....	555
Cuadro 14.3. Cuadro de la potencia absorbida por la instalación de la fuerza.....	555
Cuadro 14.4. Factores de corrección.....	555
Cuadro 14.5. Dimensionado de las líneas de fuerza.....	555

CAPÍTULO 15

Cuadro 15.1. Porcentaje de amoníaco molecular (NH ₃) en función del pH y a diferentes temperaturas.....	555
Cuadro 15.2. Análisis fisicoquímico del agua de una piscifactoría.....	555

- ÍNDICE DE FIGURAS -

CAPÍTULO 1

	pág.
Figura 1.1 Producción mundial de acuicultura (1997).....	55
Figura 1.2. Evolución del valor de la acuicultura en Noruega, Chile, Grecia y España los años 1988, 1992 y 1997.....	55
Figura 1.3. Evolución de la producción de acuicultura en Noruega, Chile, Grecia y España durante los años 1988, 1992 y 1997.....	55
Figura 1.4. Producción en el estado español de diferentes especies (toneladas) (1998)...	55
Figura 1.5. Evolución de la acuicultura en Cataluña del año 1992 al 1999.....	55
Figura 1.6. Evolución de la acuicultura de peces en el período 1992-99.....	55
Figura 1.7. Evolución de la acuicultura de moluscos en el período 1992-99.....	55

CAPÍTULO 5

Figura 5.1. Evolución de la producción de anguilas en Europa del año 1994 al 1999.....	55
Figura 5.2. Valor en Meuros de la producción de anguilas en el estado español del año 1994 al 1999.....	55

CAPÍTULO 6

Figura 6.1. Carta de Johannes Schmidt donde se muestra la distribución de larvas leptocefálicas de <i>Anguilla anguilla</i> en el Océano Atlántico (Schmidt, 1922).....	55
Figura 6.2. Ciclo biológico de la <i>Anguilla anguilla</i> (Bellapaire y Ollivier, 1987).....	55
Figura 6.3. Larvas leptocefálicas (A – F) (Lecomte – Feniger, 1983).....	55

CAPÍTULO 9

Figura 9.1. Capturas de angulas, en kilogramos, en Deltebre del año 1995 al 1998.....	555
Figura 9.2. Importe, en miles de pesetas, de las capturas realizadas en Deltebre del año 1995 al 1998.....	555

CAPÍTULO 10

Figura 10.1. Programa de producción de dos ciclos completos de anguila.....	555
Figura 10.2. Proceso productivo de la angula/anguila.....	555
Figura 10.3. Concentraciones en el agua de oxígeno y nitrógeno, puros y del aire, a diferentes presiones, a temperatura de 28°C y salinidad nula.....	555
Figura 10.4. Solubilidad del oxígeno puro y del oxígeno del aire en función de la temperatura en agua de una salinidad de 0 g/kg.....	555

CAPÍTULO 14

Figura 14.1. Esquema de la instalación de las conducciones de abastecimiento de agua a los tanques de cultivo.....	555
Figura 14.2. Instalación de las conducciones de los tanques de cultivo a la balsa de sedimentación.....	555

CAPÍTULO 15

Figura 15.1. Esquema del filtro mecánico del agua de la piscifactoría.....	555
Figura 15.2. Vistas de la caldera.....	555

Figura 15.3. Partes y funcionamiento de la caldera.....	555
Figura 15.4. Esquema de la instalación de producción de agua caliente.....	555
Figura 15.5. Esquema de oxigenación del agua reciclada.....	555
Figura 15.6. Prototipo de velocidades del agua a media profundidad en el tanque de cultivo.....	555
Figura 15.7. Esquema de reciclaje del agua.....	555