

PRODUCCIÓN DE TILAPIAS EN INVERNADERO TECNOLOGÍA Y POTENCIAL APLICACIÓN EN EL SURESTE ESPAÑOL

Guadalupe López Díaz
Fundación Tecnova

RESUMEN

La producción bajo invernadero en áreas mediterráneas se encuentra centrada en la producción hortofrutícolas tradicionales. La rentabilidad de esta horticultura tradicional del área mediterránea se está viendo comprometida en los últimos años por factores como el incremento de costes de producción, la liberalización de los mercados, la entrada en producción de terceros países con menores costes estructurales,.... Como alternativa a la producción hortícola bajo plástico se ha realizado una valoración técnica y económica de diversificación de la actividad bajo las estructuras de producción: acuicultura de tilapia.

SUMMARY

Greenhouse production in Mediterranean area is focus in traditional horticultural crops. This activity has decreased its profitability and has been questioned in last years because several factors as the increasing production costs, free market agreements, new countries producing with lower structural costs,....As an alternative to the horticultural crops under greenhouse, an economical and technical evaluation has been performed in order to promote the diversification of greenhouse farmers in this structures: Tilapia Aquaculture.

1. Introducción

La agricultura en invernadero en áreas mediterráneas, y especialmente en el sureste español con el caso de la provincia de Almería, ha representado tradicionalmente uno de los motores económicos y de empleo de la región.

En los últimos años se ha vivido una paulatina reducción de la superficie cultivada produciéndose el abandono de algunas explotaciones. Aún a pesar de que el sector primario es uno de los sectores económicos más estables, la crisis económica actual ha dejado su huella en la producción hortofrutícola de alto rendimiento: incremento de los costes de producción, pérdida de la rentabilidad del agricultor, coyuntura de políticas de exportación en la Unión Europea de productos procedentes de terceros países, crisis de seguridad alimentaria como el reciente caso del *E.coli* en la campaña 2010/2011,...

En este marco de trabajo es necesario la búsqueda de nuevos escenarios que permitan relanzar la economía regional y generar nuevos puestos de trabajo. Para ello, debemos analizar cuáles son las fortalezas y oportunidades que se presentan alrededor del sistema productivo bajo invernadero en el sureste español. De un lado tenemos unas condiciones climáticas favorables y unas estructuras productivas, de otro lado encontramos un incremento en la demanda de productos procedentes de la acuicultura.

Con este punto de partida a lo largo de este capítulo analizaremos la viabilidad técnica y económica de una nueva actividad en los invernaderos del sureste español: la acuicultura.

Los datos presentados en este capítulo proceden de los resultados del proyecto de I+D+i, *Nuevas Alternativas en Acuicultura: Cultivo intensivo de tilapia bajo invernadero*, financiado por la Consejería de Innovación Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía, y con la colaboración del Centro Tecnológico de la Acuicultura de Andalucía y las empresas constructoras de invernaderos: Invernaderos Ferrer, Construcción de invernaderos Agro-Inver, Novedades Agrícolas, Tecnoponiente Invernaderos y Frada Invernaderos.

2. Situación de la acuicultura

La producción global de acuicultura ha crecido de manera espectacular desde menos de 0,6 millones de toneladas en 1950 (y un valor de menos de 400.000 euros), a los mencionados 73 millones de toneladas en 2009 (con un valor global aproximado de 88.120 millones de euros). Este hecho ha sido motivado tanto por el aumento de la población en el mundo como por el incremento en el consumo per cápita de pescado que en el año 2009 se situó en 17 kg según la FAO (*APROMAR, 2011*).

La acuicultura se perfila según la FAO como una actividad económica que contribuye de manera efectiva a la utilización eficaz de los recursos naturales, a la seguridad alimentaria y al desarrollo económico, con un limitado y controlable impacto sobre el medio ambiente. Asimismo, representa una importante fuente de alimentos ricos en proteínas, aceites, vitaminas y minerales para una población creciente y con problemas de malnutrición.

En relación a la producción, China es la principal productora de productos de acuicultura, con 45,3 millones de toneladas de producción en 2009, situándose España en la 19ª posición con 266.000 toneladas, de las cuales 43.888 corresponden a pescados marinos de crianza con especies como la dorada, lubina, rodaballo, corvina, lenguado o anguila. Estas especies, de elevada representación en la acuicultura española, ocupan sin embargo puestos por encima del 65 de las principales especies producidas mediante acuicultura en el mundo, ocupando los primeros puestos de esta clasificación especies como la laminaria japonesa, diferentes especies de carpas, y la especie objeto de este estudio, la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), que se sitúa en el séptimo puesto en volumen de producción con 2.542.960 toneladas.

En la actualidad la búsqueda de nuevas especies y producciones se centra en especies de cultivo con alimentaciones de bajo nivel de proteína animal, los cuales mejoran la calidad de los efluentes en los cultivos y propician una producción sostenible con el medioambiente. En este sentido, el cultivo de la Tilapia en España bajo condiciones controladas se presenta como una alternativa de estudio interesante, ya que tiene unas cualidades y aptitudes muy favorables para el éxito como su facilidad de cultivo, ya que se adapta fácilmente a una amplia gama de ambientes, cuenta con una alta tasa de reproducción, elevada resistencia a enfermedades, alta supervivencia y es capaz de desarrollarse adecuadamente en un amplio rango de calidades físico-químicas del agua. Además se trata de un producto de gran calidad (de carne blanca, sólida, de buen sabor y muy nutritiva) para el consumidor.

3. La acuicultura en invernadero, antecedentes y especies susceptibles de adaptación

El cultivo de especies acuícolas bajo invernadero a nivel internacional se centra en América (Norte y Sur). La mayor implantación de estructuras invernadas se presenta en el cultivo de camarón en el que se utilizan estructuras sencillas para proteger las balsas de cultivo (Figura 1). Asimismo son conocidas experiencias de acuaponía, es decir, cultivo combinado de peces y un sistema de riego hidropónico para el cultivo de hortalizas, habitualmente lechuga y tilapia, por ser una especie de elevada resistencia.

Figura 1. Vista general de invernaderos para el cultivo de camarón en las instalaciones del Cenaim, en Guayaquil (Ecuador)



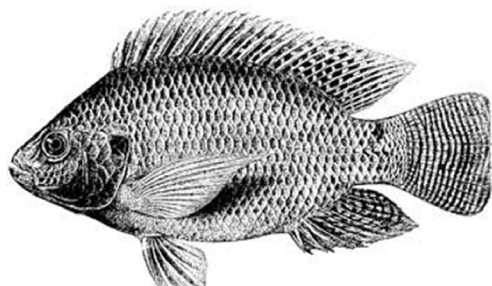
En el caso de España, el uso de invernaderos se encuentra limitado a algunas aplicaciones muy concretas, como es el caso de fases de cría de larvas o alevines de especies de dorada y lubina. En los últimos años se han desarrollado experiencias de investigación para el cultivo de diferentes especies acuícolas bajo invernadero por parte de algunas casas comerciales y organismos de investigación como el Aula del Mar de Málaga, la Universidad Politécnica de Madrid y el Centro Tecnológico Fundación Tecnova.

En cuanto a especies susceptibles de cultivo bajo invernadero la tilapia (*Oreochromis nilotica*) se ha convertido en la apuesta más segura, debido a su excelente capacidad de adaptación a diferentes medios y a su gran aceptación en los mercados (actualmente es la 7ª especie en importancia en producción acuícola). Otras especies con potencial de cultivo bajo invernadero en condiciones mediterráneas son la Carpa (*Ciprinus carpio*), la Tenca (*Tinca tinca*) o la Anguila (*Anguilla anguilla*).

4. Zootecnia del cultivo: tilapia del Nilo (*Oreochromis nilotica*)

Las tilapias son peces originarios de África que habitan en muchos países tropicales del mundo. Son peces de aguas cálidas pero toleran un amplio rango de temperatura del agua; son bastante resistentes a enfermedades, consumen una gran variedad de alimentos y toleran aguas con bajas concentraciones de oxígeno. La mayoría de especies de tilapia son tolerantes al agua salobre, algunas incluso resisten al agua de mar. Todos estos caracteres hacen de las tilapias animales idóneos para su explotación mediante sistemas de cultivo intensivos.

Figura 2. *Oreochromis nilotica*



Cl. Osteíctio
Or. Perciformes
Fam. Ciclidae
Gen. Oreochromis

Las principales especies de tilapia cultivadas son *Oreochromis aureus*, *O. mossambicus*, *O. niloticus*. Las tres se caracterizan por que las hembras incuban los huevos en el interior de su boca tras el desove y la fecundación. Los mantienen en la cavidad bucal hasta varios días después de la eclosión. Las hembras no ingieren alimento durante la incubación de los huevos. La especie más cultivada en todo el mundo es *O. niloticus*, que representa el 80 % de todas las tilapias cultivadas. Esta especie constituye una de las más resistentes, y con un mejor índice de conversión de alimento, es la que presenta mejores respuestas en cuanto a crecimiento y un excelente aprovechamiento del alimento natural y artificial, por eso su cultivo es el más extendido.

No obstante, no se suelen cultivar líneas puras de estas especies, como se ha comentado antes, lo más usual es cultivar híbridos de *O. niloticus* con *O. mossambicus* y *O. aureus*, ya que cada una de ellas proporcionan características interesantes para su cultivo. Por ejemplo la *nilótica* aporta un mayor crecimiento, *aureus* aporta una mayor resistencia a bajas temperaturas y la *mosambica* tolerancia a una mayor salinidad; además la obtención de híbridos hace que se desarrolle un cultivo compuesto casi exclusivamente por machos.

- *Características generales del medio de cultivo:*
 - *Temperatura:* se requiere que la temperatura del agua se mantenga dentro del rango que va desde los 22 °C a 33 °C, el rango óptimo para crecimiento es de 28-32 °C. aunque pueden tolerar temperaturas por encima y por debajo de este rango siendo el límite inferior de 12 °C (por debajo del cual dejarían de crecer).
 - *Salinidad:* tolera salinidades de hasta 20 ‰.

- *pH*: el rango de pH adecuado para la tilapia es de 6,5-8,5. Dependerá de la concentración en el agua de carbonatos, bicarbonatos y dióxido de carbono (CO₂)
- *Oxígeno disuelto*: toleran bajas concentraciones de oxígeno en el agua, no obstante, el contenido de este gas en el agua no debe ser inferior a 3 mg/l.
- *Amoniaco*: es un compuesto directamente excretado por los peces, aunque su presencia en determinadas concentraciones en el medio de cultivo es especialmente tóxica para ellos (bloquea el metabolismo, produce lesiones en branquias y órganos internos, altera el balance de sales, provoca inmunodepresión aumentando la vulnerabilidad a enfermedades y aumenta el riesgo de exoftalmia y ascitis). La tilapia admite valores de 0,01 mg/l (con 0,1 mg/l se producen ya efectos nocivos sobre mucosas y branquias, y a dosis de 0,5 mg/l sobreviene la muerte).
- *Nitritos*: altamente tóxicos por su papel como inhibidores del transporte de oxígeno por parte de la hemoglobina. Se recomienda mantener el nivel de estas sales de nitrógeno por debajo de 25 mg/l.
- ***Características biológicas:***
 - *Alimentación*: las larvas se alimentan de zooplancton mediante filtración. Los individuos adultos son omnívoros, se alimentan de zooplancton, fitoplancton, insectos y toleran muy bien la alimentación artificial, piensos con un bajo porcentaje en proteínas. Esto hace posible disminuir el contenido en harinas y aceites de pescado de los piensos, muy importante hoy día para conseguir que la acuicultura sea una actividad totalmente sostenible.
 - *Reproducción*: alcanzan la madurez sexual a los dos meses de vida, cuando miden unos 13 cm de longitud y han alcanzado un peso de unos 80-100 gramos; tiene una elevada capacidad reproductora. Las hembras incuban los huevos en la boca durante 48-72 horas hasta que eclosionan, manteniendo a las crías protegidas durante unos 7-12 días más. En climas con aguas constantemente calientes (rango óptimo de 25-29 °C) la reproducción se mantiene durante todo el año, desovando entre 3 y 10 veces al año, y cada hembra produce entre 1.500 y 10.000 huevos/año. La tasa de supervivencia suele ser bastante elevada.

Los parámetros óptimos de reproducción son:

- Temperatura: 24 a 29 °C.
 - Dióxido de carbono: 5 a 6 ppm.
 - Salinidad: 2-5 ppm.
 - Turbidez: 25 cm.
 - pH: 7-8 mg/l.
 - Amonio: 0,1 mg/l.
 - Nitritos: 4,6 a 5,0.
 - Alcalinidad y dureza: 80 a 100 mg de CaCO₃/l.
- *Engorde*: las hembras presentan un menor crecimiento, esto unido a la elevada fertilidad de estas especies, que provocan la sobrepoblación de los estanques, hace que sea más conveniente el cultivo de poblaciones monosexo («todo machos»). Los cultivos monosexo se consiguen cultivando especies híbridas o bien mediante reversión sexual de los alevines.

5. Evaluación de estructuras invernadas en el área mediterránea para la cría de tilapia

Con objeto de valorar la viabilidad de implantación de acuicultura de tilapia en estructuras de invernadero en el área mediterránea como alternativa económica a la producción hortofrutícola debemos analizar el balance térmico, como limitante de la rentabilidad del cultivo.

Dentro del área mediterránea, España representa la mayor concentración de superficie de invernaderos con cincuenta y dos mil hectáreas, de las cuales aproximadamente el 52 % se sitúan en la provincia de Almería. La estructura de invernadero más interesante para su evaluación es el «invernadero tipo Almería», estructura que representa un 96,5 % de la superficie invernada de la provincia de Almería (*Baeza, 2007*).

La cría de tilapia exige unos condiciones térmicos elevados, como son el mantenimiento de la temperatura del agua en los tanques de cultivo en 26 °C, como temperatura óptima para el crecimiento.

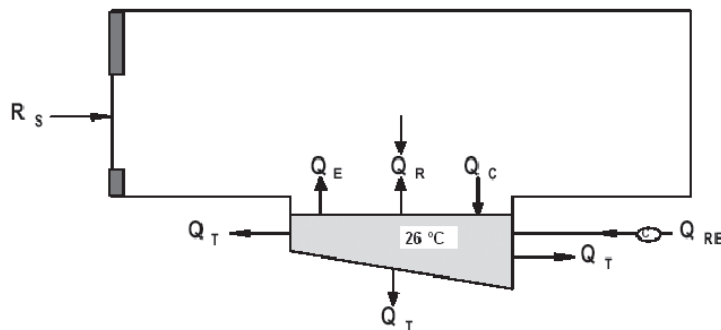
Realizando un balance térmico teórico del comportamiento de unos tanques de cultivo comerciales de tilapia situados en una estructura de invernadero a lo largo de un año climático tipo en condiciones de Almería se evalúa la viabilidad y rentabilidad del cultivo:

Las **condiciones de contorno** tenidas en cuenta en el estudio son:

- Temperatura de consigna del agua: 26 °C.
- Cultivo bajo invernadero tipo Almería (dimensiones del invernadero (32 x 32 m: 1.024 m²).
- Invernadero con plástico tricapa en cubierta y bandas, ventilaciones de malla antiinsectos.
- Estanques de cultivo: 14 tanques comerciales de las siguientes dimensiones 12 x 2 x 0,95 sobre tierra.
- Datos climáticos tomados de medias anuales de invernaderos de similares características al propuesto en la provincia de Almería.

Podemos detectar varios focos de pérdidas y ganancias de temperatura que establecen el balance térmico en los tanques de cultivo (Figura 3).

Figura 3. Balance de calor en estanques de cultivo



Q_E : Energía Térmica por evaporación de agua del vaso.

Q_R : Energía Térmica por radiación de calor por diferencias de temperatura.

Q_C : Energía Térmica por Convección entre agua y aire.

Q_T : Energía Térmica por Transmisión del agua del vaso.

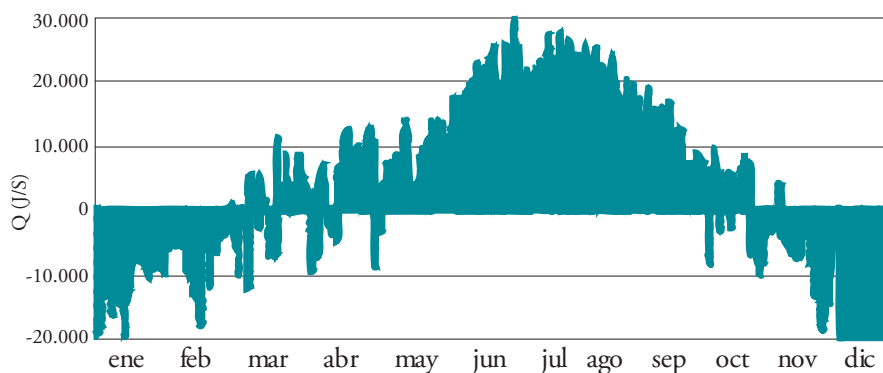
R_s : Energía Térmica por Radiación Solar (R_s).

Q_{RE} : Renovación de agua del vaso.

El *balance térmico* teórico de los tanques comerciales de tilapia en invernadero tipo Almería muestra los siguientes resultados:

En el Gráfico 1 se presenta el modelo térmico teórico para el año 2008 de un tanque de cría de tilapia bajo condiciones de invernadero Almería.

Gráfico 1. Flujo de calor total en tanque de cría



En el Gráfico 2 se representan en porcentaje las fuentes de pérdidas de calor en los estanques de cultivo.

En el Gráfico 3 se representan las temperaturas del agua obtenidas en un año climático medio bajo un invernadero tipo Almería (sin aportes térmicos adicionales).

Gráfico 2. Peso relativo de las fuentes de pérdida de calor. En porcentaje

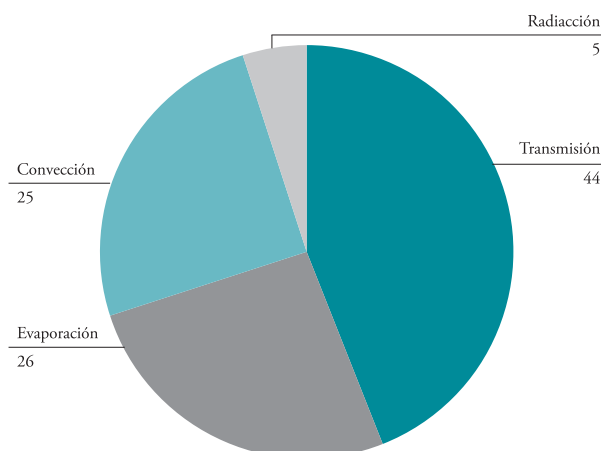
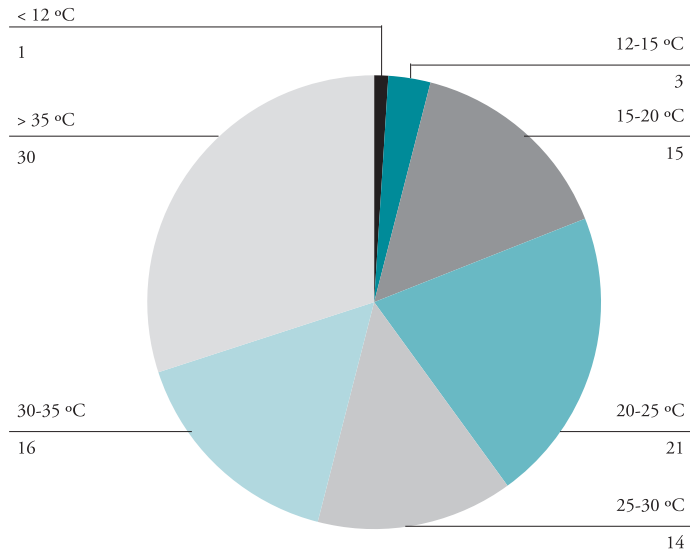


Gráfico 3. Temperatura del agua en los tanques sin aportes de calor. En porcentaje

Como conclusiones del estudio del balance térmico realizado para la cría de tilapia en invernaderos tipo Almería podemos establecer las siguientes:

- El cultivo de tilapia en invernaderos tipo Almería en el área mediterránea posee un elevado potencial, ya que las condiciones ambientales generadas en estas estructuras permiten, según los valores de simulación de balance térmico, un mantenimiento de la temperatura de los tanques de cría durante más del 60 % de los días del año. Los meses en los que se produce un balance negativo de calor (descenso de la temperatura del agua por debajo de 26 °C) son enero, febrero, noviembre y diciembre.
- Las estructuras tradicionales de invernaderos tipo Almería, pueden ser reutilizadas para la acuicultura de tilapia, realizando durante los meses más fríos un aporte térmico adicional (calefacción) para el mantenimiento del cultivo, y medidas correctoras para evitar las pérdidas de calor del agua de los tanques de cría, debidas fundamentalmente a fenómenos de transmisión y evaporación desde la lámina de agua. Como medidas correctoras se propone aislar térmicamente las paredes de los tanques de cría, y la utilización de mantas térmicas en invierno y mallas de sombreado en verano, sobre la superficie de agua para mejorar el comportamiento térmico y evitar pérdidas de agua por evaporación.

6. Investigación y futuro de la cría de tilapia en invernadero en España

Como hemos visto la cría de tilapia en invernaderos mediterráneos presenta un elevado potencial de implantación gracias a las condiciones favorables para su cultivo. Esta potencialidad ha suscitado gran interés comercial y como consecuencia la generación de investigaciones al respecto. Algunas de estas investigaciones más destacadas se presentan a continuación:

- Diseño de una estructura de invernadero específica para la cría de tilapia en condiciones mediterráneas, desarrollado por el Centro Tecnológico Fundación Tecnova. Con la información obtenida del comportamiento térmico de los tanques de cría de tilapia se ha propuesto una estructura de invernadero optimizada para el cultivo de tilapia. Esta estructura posibilita un mejor comportamiento de la temperatura del agua sin aportes térmicos adicionales y ofrece la posibilidad de integrar energías renovables como placas solares fotovoltaicas en la estructura del invernadero como medio de soporte térmico de apoyo.
- Alimentación de tilapias con residuos vegetales, desarrollado por el grupo de investigación ACUMA de la Universidad Politécnica de Valencia en el que se ha valorado el crecimiento de tilapia nilótica alimentada con restos vegetales como residuos de pepino, pulpa de naranja o restos hortícolas procedentes de la huerta valenciana.
- Proyecto Hidrotilapia (Proyecto de la UPM de Madrid en colaboración con la empresa NGS). El proyecto consiste en aprovechar los residuos que producen los peces, ricos en amoníaco, como alimento nitrogenado para el cultivo de plantas de fresón. Este circuito se establece de la siguiente forma: a los peces se les suministran alimentos concentrados en forma de pienso. La disolución nutritiva que va a las plantas, previa desinfección con ozono (O_3) (un gas que al descomponerse no deja residuos), se ajusta en cuanto a su contenido en sales minerales (macro y micronutrientes), pH y conductividad eléctrica, y se hace circular con la ayuda de una bomba hasta el lugar donde están las raíces de las plantas, que son las encargadas de absorber los nitratos y transformarlos en tallos, hojas, flores y frutos.
- Cultivo experimental del género *Oreochromis* «tilapia», como alternativa piscícola en el litoral andaluz (Proyecto del Aula del Mar de Málaga) en

el cual se han obtenido reproductores y valorado el cultivo de diferentes híbridos obtenidos (crecimiento, alimentación, posibles patologías, tiempo de crecimiento por fase, calidad de la carne...).

Referencias bibliográficas

- ABU HENA, M. D.; MOSTOFA, K.; GRAHAM, C. y MAIRB, T. (2005): «Salinity tolerance in superior genotypes of tilapia *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus* and their hybrids»; *Aquaculture* (247); pp. 189-201.
- APROMAR. (2011): *La acuicultura marina de peces en España*.
- BAEZA, E. (2007): *Optimización del diseño de los sistemas de ventilación en invernadero tipo parral*. Tesis doctoral.
- CASTILLA, N. (2009): *Sistemas productivos en horticultura protegida*. XVIII Congreso Internacional CIPA.
- CASTRO RIVERA, R.; PAZ, J. y AGUILAR, G. (2004): «Evaluación del crecimiento de alevines de tres especies de Tilapia (*Oreochromis* sp.) en aguas duras, en la región de la Cañada»; *Acuatic* (20). Oaxaca, México; pp. 38-43.
- Dadzie, S. (1981): *Species combination in tilapia culture*. Department of Zoology. University of Nairobi. Nairobi, Kenya.
- FAO (2008): *The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA)*; Departamento de Pesca, Roma.
- VON ELSNER, B.; BRIASSOULIS, D.; WAAIJENBERG, D.; MISTRIOTIS, A.; ZABELTITZ VON, C.; GRATRAUD, J.; RUSSO, G. y SUAY-CORTES, R. (2000a): «Review of structural and functional characteristics of greenhouses in European Union countries, part I»; *Design Requirements. J. Agric.*
- VON ELSNER, B.; BRIASSOULIS, D.; WAAIJENBERG, D.; MISTRIOTIS, A.; ZABELTITZ VON, C.; GRATRAUD, J.; RUSSO, G. y SUAY-CORTES R. (2000b): «Review of structural and functional characteristics of greenhouses in European Union countries, part II»; *Design Requirements. J. Agric. Engng Res.* (75); pp. 111-126.
- WICKI, G. A. (1998): «Estudio de desarrollo y producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*)»; *Revista AquaTIC* (2).