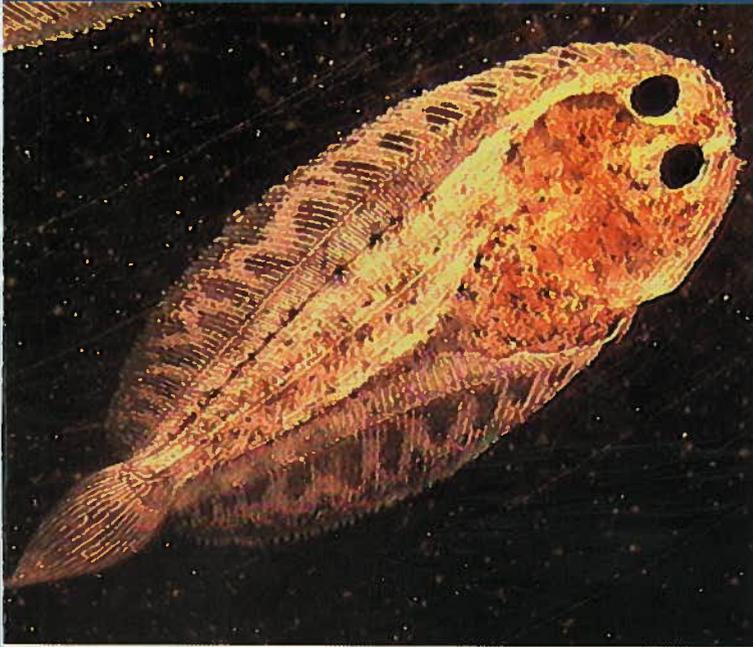


# Evaluación de dietas inertes microencapsuladas para el cultivo larvario de peces marinos (Dorada y Lenguado)



Consejería de Agricultura y Pesca



---

**EVALUACIÓN DE DIETAS INERTES  
MICROENCAPSULADAS PARA  
EL CULTIVO LARVARIO DE  
PECES MARINOS  
(DORADA Y LENGUADO)**

**EVALUACIÓN DE DIETAS INERTES MICROENCAPSULADAS PARA EL CULTIVO LARVARIO DE PECES MARINOS (DORADA Y LENGUADO)**

© *Edita:* JUNTA DE ANDALUCÍA. *Consejería de Agricultura y Pesca*

*Publica:* VICECONSEJERÍA. Servicio de Publicaciones y Divulgación.

*Colección:* PESCA Y ACUICULTURA

*Serie:* ACUICULTURA

*Autor/es:* M. Yúfera, C. Fernández-Díaz, J. P. Cañavate y E. Pascual

*Ilustraciones:* Autores

*Depósito Legal:* SE - 7 - 2001

*Fotocomposición e impresión:* J. de Haro Artes Gráficas, S.L. Parque Ind. P.I.S.A.

Mairena del Aljarafe • Sevilla

## INTRODUCCIÓN

La dorada (*Sparus aurata* L.) y el lenguado senegalés (*Solea senegalensis* Kaup) son dos especies de peces que coexisten en las costas españolas y que son muy apreciadas desde el punto de vista comercial. Su presencia es habitual en las lonjas y mercados nacionales si bien hay que aclarar que con el mismo nombre de lenguado se comercializan dos especies muy afines, el lenguado senegalés y el lenguado común (*Solea solea*). Tanto la dorada como el lenguado presentan un destacado interés para la moderna explotación acuícola que constituye la acuicultura en España, y muy especialmente en Andalucía, que ha sido pionera en el desarrollo del cultivo en criadero de estas dos especies, tanto a escala de investigación en laboratorio como de producción industrial. Considerando la región de los países mediterráneos, la dorada es la especie cuya tecnología de cultivo está más desarrollada dentro de la familia de los espáridos (orden perciformes), en este grupo hay que incluir otras especies que están aún en fase de investigación, como el pargo (*Pagrus pagrus*), besugo (*Pagellus bogaraveo*) y dentón (*Dentex dentex*) y que son también especialmente interesantes para la acuicultura en el Mediterráneo. Por otra parte, el lenguado senegalés es un pez plano perteneciente a la familia de los soleidos (orden pleuronectiformes). El representante más destacado dentro de este orden, desde el punto de vista del desarrollo de la tecnología, es el rodaballo (*Psetta maxima*) que tiene una destacada implantación industrial en el norte de España.

La producción en criaderos a escala industrial de una especie marina depende en primera instancia de la disponibilidad regular y suficiente de juveniles. La obtención de estos juveniles de peces marinos se realiza siguiendo un procedimiento que, aunque presenta ciertas diferencias entre especies, es básicamente el mismo (Tucker, 1999). A partir de grupos de reproductores convenientemente estabulados se obtienen huevos fecundados de los que eclosionan larvas que están escasamente desarrolladas. Estas larvas al nacer carecen aún de tubo digestivo y se alimentan exclusivamente de las reservas vitelinas. La boca acaba de desarrollarse algunos días después de la eclosión,

que es cuando el tubo digestivo puede comenzar sus funciones. A partir de este momento se suministran presas vivas para su alimentación. Para esto, se utilizan dos organismos zooplanctónicos de forma secuencial según van creciendo las larvas de peces: El rotífero *Brachionus* y el crustáceo *Artemia*. *Brachionus* es un organismo que mide 0,1-0,2 mm y que se alimenta de microalgas (algas constituidas de una o unas pocas células), bacterias y en general todo el material orgánico particulado que encuentran filtrando el agua en el que viven. Las técnicas para su cultivo en masa mediante microalgas y levaduras permiten obtener grandes cantidades de estos organismos. Su disponibilidad depende pues de la capacidad de los tanques para cultivarlos a ellos y a las microalgas que los alimentan. *Artemia* es un organismo que mide desde 0,3 mm en los nauplios recién nacidos hasta varios milímetros en los adultos. Los nauplios eclosionan a partir de quistes que se comercializan deshidratados y enlatados por compañías que los recogen en las zonas naturales donde se producen. Como en toda actividad extractiva, su disponibilidad y precio dependen de la producción natural y de la demanda anual. Con posterioridad a la fase con alimento vivo se introducen los piensos comerciales con los que se realiza la fase de pre-engorde hasta que los alevines adquieren el tamaño suficiente para ser traspasados a las instalaciones de engorde definitivo hasta talla comercial.

En el cultivo de alevines de dorada existe una experiencia industrial de 20 años (Pascual & Arias, 1982), el cambio de alimento vivo a alimentos preparados comerciales se realiza con gran eficiencia generalmente a partir de la 5ª semana con un periodo de transición de dos o tres semanas. Los intentos de adelantar este momento llevan a un descenso progresivo del crecimiento y la supervivencia. El caso del lenguado es diferente, la tecnología para su cultivo está aún en una fase que podríamos considerar como pre-industrial, ya que aún quedan algunas lagunas por resolver para garantizar una producción estable y suficiente de juveniles. El cambio a alimentos preparados se consigue a edades algo más tardías, aproximadamente entre 7ª y 8ª semana, y no siempre con eficiencia deseada. A pesar de la diferente situación que ilustran estas dos especies ambas comparten una problemática que por otra parte es común a todas las especies de peces marinos que se producen en criaderos, la dependencia del alimento vivo durante uno o dos meses en la fase larvaria. La obtención de rotíferos y nauplios de *Artemia* en cantidades suficientes suponen un elevado esfuerzo de producción que hay que realizar simultáneamente a la propia cría de las larvas de peces, pero además, el progresivo colapso comercial en el suministro de quistes de *Artemia* debido al fuerte incremento de la demanda y las fluctuaciones en las producciones naturales de quistes, augura una grave crisis de la producción en criaderos acuícolas. Por estas razones, la sustitución del alimento vivo durante la fase larvaria hasta alcanzar las edades en las que se pueden utilizar piensos comerciales actuales constituye uno de los objetivos de investigación fundamentales para el progreso de esta actividad industrial.

Las investigaciones sobre una partícula de alimento formulado que sea capaz de satisfacer los estrictos requisitos de larvas de peces durante los primeros estados del desarrollo se están realizando desde hace bastantes años, aunque sólo muy recientemente se han empezado a obtener algún resultado positivo (Watanabe & Kiron, 1994). La simple micronización hasta conseguir partículas más pequeñas a partir del mismo tipo de pienso utilizado con juveniles no es una opción válida por una serie de razones. Por una parte, el tamaño de partícula de cada ingrediente individual de una dieta comercial para juveniles es muy superior al requerido en una micropartícula con dieta completa para larvas. Por esto, la micronización daría lugar a partículas individuales cada una perteneciente a un ingrediente diferente, algunos de los cuales no serían apetecibles para las larvas y otros se disolverían con rapidez en el agua antes de ser ingeridos. El uso de ingredientes muy micronizados y aglutinados con los métodos habituales tampoco han dado los resultados deseados. Esto se debe a que la textura de las mallas aglutinantes son las mismas pero la relación superficie/volumen en micropartículas es mucho mayor, y el tamaño de cada ingrediente mucho menor. Consecuentemente, tras la rehidratación se produce un lavado rápido de los ingredientes y en general una desintegración de la micropartícula, por lo que no resulta accesible para ser ingerida y además la calidad del agua de cultivo de las larvas se deteriora con rapidez. El uso de otros tipos de aglutinantes más efectivos que impidan la degradación rápida han tenido como resultado partículas que no pueden ser digeridas por las larvas. Y es que las larvas de peces marinos tienen un equipo enzimático, unas necesidades nutricionales y un comportamiento alimentario diferentes de los que presentan los alevines. Así pues, una parte importante en el diseño de estas partículas consiste en encontrar el equilibrio entre la estabilidad suficiente en agua de mar y posibilidad de ser digerida cuando entra en el tubo digestivo de las larvas. Otra característica necesaria es la accesibilidad de la partícula, que además del tamaño adecuado debe mantenerse en la columna de agua el tiempo suficiente, a diferencia de los piensos para juveniles que se van inmediatamente al fondo de los tanques de cultivo.

Por lo tanto, el diseño de una partícula alimenticia para estos fines debe plantearse tanto desde una perspectiva tecnológica como biológica (Bengtson, 1993). Uno de los procesos tecnológicos más prometedores es la microencapsulación de la dieta mediante la polimerización de proteínas. Las dietas microencapsuladas han dado cierto resultado en larvas de crustáceos, pero exceptuando escasos intentos no se habían ensayado en larvas de peces dada su complejidad de fabricación y al diferente modo de alimentación. Trabajando en esta línea y en estas tecnologías, nuestro equipo ha desarrollado en los últimos años un tipo de microcápsula que supera los principales problemas planteados. De forma que en los ensayos de laboratorio, esta dieta microencapsulada ha mostrado ser perfectamente aceptada, ingerida y digerida por larvas de dorada. Además, la formulación de esta dieta permite obtener crecimientos y supervi-

vencias aceptables durante las dos primeras semanas. La posibilidad de mantener las larvas vivas exclusivamente con un alimento inerte constituye un paso esencial y punto de inflexión en esta línea de investigación, ya que cualquier respuesta biológica a cambios en la dieta o en el proceso de elaboración, puede dar pistas fiables sobre la idoneidad de dichos cambios.

Teniendo en cuenta las premisas expuestas anteriormente, en este proyecto se ha planteando una serie de actuaciones que permitan avanzar en el desarrollo de microdietas para larvas de peces y extrapolar los resultados de laboratorio a una mayor escala, y que podemos resumir en dos apartados:

En relación a la producción de juveniles de lenguado, no existía ninguna experimentación previa en la utilización de dietas inertes durante las primeras fases del desarrollo. En esta especie es pues necesario comprobar si el alimento microencapsulado permite el crecimiento y desarrollo de las larvas con la eficiencia suficiente para completar la metamorfosis. Por otra parte, es necesario comprobar el crecimiento después de la metamorfosis con dicho alimento y examinar el efecto que tiene en la adaptación a dietas comerciales. Un aspecto destacable que es necesario conocer es como y cuando ocurre la metamorfosis, que en esta especie es un proceso relativamente temprano y que tiene repercusiones importantes en la alimentación.

En cuanto a la producción de juveniles de dorada, el estado de desarrollo y adaptación de los sistemas de cultivo a microdietas inertes está mucho más avanzado. Así, a escala de laboratorio se ha conseguido cultivar larvas alimentándolas con dietas microencapsuladas desde la semana de vida hasta casi el mes. En este caso es necesario adecuar el sistema de cultivo de las larvas en grandes volúmenes a este tipo de alimento, incidiendo en el régimen y dosificación de alimento y en el mantenimiento de la higiene del medio, comprobando si el alimento microencapsulado permite el crecimiento y desarrollo de larvas hasta la transición a piensos comerciales, con eficiencias similares a las que obtenidas con las técnicas al uso con dietas vivas.

## Elaboración de dietas microencapsuladas

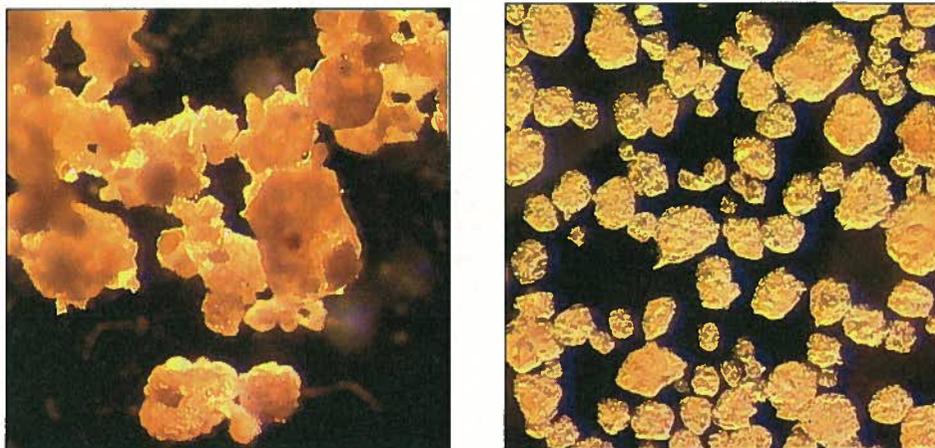
El alimento microencapsulado se ha elaborado mediante la polimerización de las proteínas que están presentes en la dieta siguiendo el procedimiento explicado en detalle por Yúfera et al., (1999). La composición de esta dieta se muestra en la Tabla 1. La elaboración de estas microcápsulas se basa en

Ingrediente	gramos
Caseína	50
Harina de pulpo	10
Hidrolizado de Krill	12
Dextrina	6
Emulsión lipídica	12
Lecitina	3
Vitamina complex	4
Vitamina C	3

Tabla 1. Ingredientes en la dieta en los diferentes experimentos (expresado en g por 100 g de dieta utilizada para la microencapsulación).

una emulsión de la disolución acuosa de los ingredientes de la dieta en un solvente orgánico hasta conseguir microgotas del tamaño deseado. Posteriormente, estas microgotas se estabilizan mediante un reactivo polimerizante que une entre sí las moléculas de proteínas que están presentes en los ingredientes de la dieta. Esta polimerización ocurre sólo en la parte exterior de las microgotas, formando de esta manera una cubierta de proteína que encierra y protege todo lo que hubiera disuelto en su interior, es decir, los ingredientes de la dieta. Una vez completada la elaboración las partículas se liofilizan y se pueden almacenar en seco hasta su uso. Por lo tanto, se puede suministrar mediante alimentadores automáticos como cualquier pienso para peces. Cuando se rehidratan al ponerlas en agua de mar, estas partículas presentan un aspecto uni-

forme, redondeado y se mantienen accesibles en la columna de agua durante horas. El aspecto que presentan estas partículas se muestra en la figura 1. Además de sus características físicas y químicas que determinan sus propiedades de estabilidad esta micropartícula permite encapsular tanto dietas generalistas como ingredientes específicos que se consideren necesarios desde el punto de vista de la nutrición larvaria.



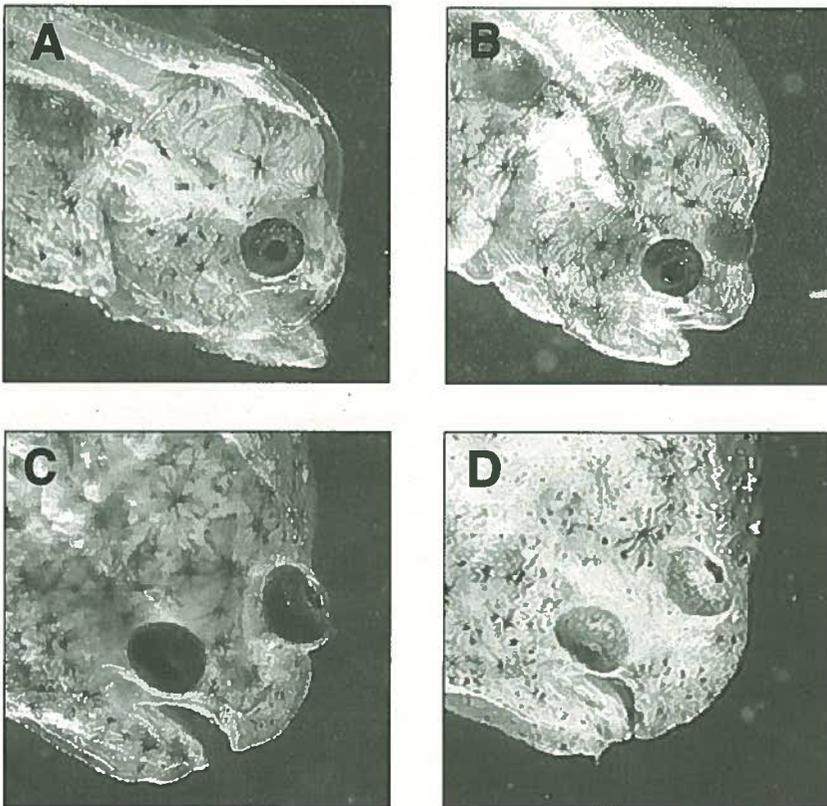
**Figura 1. Microcápsulas con una dieta formulada para larvas de peces elaboradas mediante polimerización de las proteínas integrantes de la dieta. Izquierda: cápsulas dehidratadas. Derecha: Cápsulas rehidratadas.**

## **Estudio de la metamorfosis en el lenguado**

La metamorfosis en peces planos se caracteriza por una drástica transformación anatómica y fisiológica, puesto que las larvas al nacer, como ocurre en la generalidad de especies de peces, presentan una simetría bilateral según un plano vertical y permanecen flotando o nadando en la columna de agua. Los cambios de la metamorfosis implican una rotación de 90° en la posición de natación y la migración de un ojo hasta reunir ambos ojos en un único lado ocular. Estos cambio anatómicos visibles exteriormente vienen acompañados evidentemente de una reorganización interna, però además de notables cambios fisiológicos ya que esta transformación está asociada al cambio de vida pelágica a vida bentónica, es decir, los animales que viven nadando y alimentándose entre dos aguas se hacen sedentarios y viven en el fondo. Este cambio de hábitat y costumbres significa también cambios en hábitos alimentarios lo que tiene una clara repercusión en diseño de una dieta en esta etapa. El comienzo de esta transformación suele ocurrir a partir de la segunda semana de vida, pero se encuentra una relativa variabilidad, tanto dentro de los indivi-

duos de una misma población, como entre poblaciones criadas en diferentes tanques o instalaciones de cultivo. Esta misma variabilidad se observa en el tiempo que tardan en realizar estos cambios. A continuación se utilizará el nombre de larva para definir los individuos desde la eclosión del huevo hasta que sufre la transformación y se sitúan en los fondos, mientras que el nombre de postlarva se utilizará para los individuos desde que han sufrido la transformación anatómica hasta que desarrollan completamente el tubo digestivo, completan la escamación y adquieren el aspecto típico de los juveniles.

Hasta que punto es el tamaño de la larva o su edad la que determina el inicio de la metamorfosis es una cuestión de especial interés en este tipo de peces (Chamber & Leggett, 1987). Este es un aspecto de relevancia en poblaciones de laboratorio puesto que el crecimiento, y por lo tanto la talla, de las larvas depende mucho de las condiciones de cultivo. Así pues, para obtener un



**Figura 2.** Diversos estadios durante el proceso de metamorfosis en el lenguado (*Solea senegalensis*). A) Larva pelágica con simetría bilateral antes del comienzo de la metamorfosis. B) Pérdida de la simetría, pero aún con natación según el plano vertical. C) Cambio a natación según un plano horizontal. D) Post-larva bentónica con la transformación completada.

mejor conocimiento de este proceso, se ha examinado la edad y talla larvaria en los diferentes estadios de la transformación según la base de la posición del ojo durante la migración en diferentes condiciones de alimentación. Igualmente se ha establecido la duración del proceso. Para ilustrar mejor los cambios anatómicos que ocurren durante esta transformación en la figura 2 se pueden observar algunos estadios de la metamorfosis del lenguado.

Se han ensayado 4 regímenes alimentarios apartir del día 5 con objeto de obtener diferentes crecimientos larvarios: (A) Elevada densidad de presa: 4 nauplios ml<sup>-1</sup> de Artemia; (B) Densidad de presa habitual: 2 nauplios ml<sup>-1</sup> de Artemia; (C) Dieta mixta viva (Artemia) e inerte (microcápsulas): 2 nauplios ml<sup>-1</sup> y 3 mg ml<sup>-1</sup> respectivamente; (D) Dieta inerte (microcápsulas): 3.7 mg ml<sup>-1</sup>. En todos los casos los cultivos se realizaron en tanques de 300 litros con flujo continuo de agua a 20 °C de temperatura, y durante los tres primeros días se alimentaron con rotíferos.

Los diferentes regímenes alimenticios ofrecidos en este estudio dan lugar a diferentes tasas de crecimiento durante la fase larvaria. La evolución que muestra el incremento en peso de estas larvas se puede ver en la figura 3. La tasa de crecimiento mas elevada durante la fase larvaria (desde el inicio de la alimentación hasta el comienzo de la migración del ojo) se obtuvo con el régimen A, y la tasa mas baja con el régimen D, mientras que los regímenes B

y C mostraron tasas intermedias (Tabla 2). Posteriormente, las tasas de crecimiento descendieron significativamente y fueron similares en los tratamientos con presencia de presas vivas (regímenes A, B y C), oscilando entre 14% y 16% diario. Las larvas alimentadas con dieta inerte (D) mostraron un crecimiento prácticamente nulo en esta fase (2,6 % diario). La

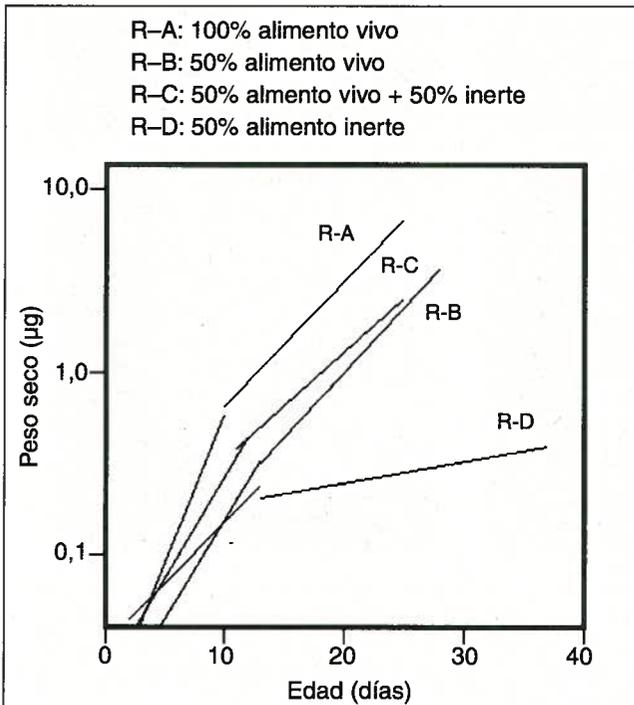


Figura 3. Curvas de crecimiento en larvas de lenguado (*Solea senegalensis*) con las diferentes dietas ensayadas.

supervivencia al final del experimento fue superior al 70% en los regímenes A, B y C. En el tratamiento D, la supervivencia fue del 30% al día 25 y del 5% al día 37.

Régimen alimentario	Antes de la metamorfosis	Después del comienzo de la metamorfosis
A	38 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>
B	25 <sup>b</sup>	16 <sup>a</sup>
C	26 <sup>b</sup>	13 <sup>a</sup>
D	16 <sup>c</sup>	3 <sup>b</sup>

**Tabla 2. Tasa de crecimiento en el lenguado (*Solea senegalensis*) antes y después del comienzo de la metamorfosis. Los valores representan el porcentaje de su propio peso que se incrementa diariamente. En cada columna, los valores con el mismo superíndice no son estadísticamente diferentes ( $p > 0.05$ ).**

Las primeras larvas que estaban iniciando la migración del ojo se observaron entre los días 8 y 12 de vida (DHA) dependiendo del régimen. Pocas horas después, el 50% de la población había iniciado la transformación en todos los casos. Las larvas alimentadas con el régimen D también comenzaron la migración ocular de forma y en tiempo similares. Sin embargo, parte de la población, el 30% aproximadamente, no mostró un patrón regular para comenzar la transformación. En la tabla 3 se muestra los tiempos calculados a los que la mitad de la población inicia y finaliza el cambio de posición del ojo. La edad al final del proceso considerando cuando el 50% y el 95% de la población están acabando la metamorfosis, fue muy parecida con los regímenes A, B y C, pero de prácticamente el doble con el régimen D.

La migración del ojo comenzó cuando las larvas alcanzan individualmente una longitud de aproximadamente 4.5 a 5.0 mm y la completan por encima de los 8.0 mm, exceptuando las larvas alimentadas con microcápsulas (régimen D) que resultaron algo más pequeñas y completaron la metamorfosis con sólo 6.5 mm. La longitud total media de la población cuando el 50% de los individuos había comenzado la migración ocular osciló entre 5.6 y 5.9 mm. Esta talla media cuando la mitad de la población (50%) alcanzó el final de la metamorfosis se había incrementado hasta 8.6 mm, pero sólo hasta 7.3 mm en el tratamiento D. Igualmente, la longitud total cuando prácticamente todos los individuos (95%) completaron la metamorfosis fue de 9.3-9.6 mm pero sólo de 7.9 mm en el tratamiento D (Tabla 3).

Es interesante destacar que las larvas alimentadas en presencia de presas vivas (ya fuera presas vivas exclusivamente o mezcla de presas vivas y alimento inerte) muestran un crecimiento y una supervivencia excelentes, mien-

tras que en las larvas alimentadas con microcápsulas exclusivamente el crecimiento y la supervivencia estuvieron por debajo de lo esperado en esta

Régimen alimentario	A	B	C	D
<b>50% iniciando</b>				
edad	9.40	12.50	11.18	15.17
longitud	5.90	5.67	5.64	5.58
<b>50% finalizando</b>				
edad	13.81	18.69	16.48	27.69
longitud	8.67	8.58	8.55	7.26
<b>95% finalizando</b>				
edad	16.37	22.38	18.56	43.91
longitud	9.57	9.34	9.36	7.90

**Tabla 3. Valores medios de longitud total (mm) y edad (días) en el lenguado (*Solea senegalensis*) al comienzo (50% de la población iniciando) y al final (50 y 95% de la población acabando) de la metamorfosis.**

especie en condiciones de laboratorio. Esto indicaría que existe una deficiencia nutricional. Una vez iniciada la metamorfosis, las tasas de crecimiento decrecieron significativamente, pero fueron aún relativamente elevadas para larvas de peces. Mas interesante es el hecho de que durante la transformación el crecimiento fue muy similar en aquellas poblaciones que crecían sin limitaciones nutricionales (tratamientos A, B y C). Por lo tanto, a diferencia de la fase pelágica durante la metamorfosis, una mayor disponibilidad de presas no significa necesariamente una mayor tasa de desarrollo.

Aunque la edad al inicio de la transformación en *S. senegalensis* puede variar en un amplio intervalo, desde el día 9 al 15, la longitud larvaria sólo varía en un estrecho margen. Este hecho se ha observado también en otros peces planos. Esto indica que la longitud larvaria es relativamente constante y menos variable que la edad al inicio de la transformación. El estado de desarrollo determinado según la posición de ojo es un buen representante de la transformación metamórfica en *Solea*. Los cambios morfológicos ocurren en paralelo con cambios de comportamiento y fisiológicos con independencia del tiempo requerido para alcanzar un determinado estadio. Esta transformación es coincidente con los cambios en las reservas corporales, aunque la edad a la que ocurre depende de las condiciones ambientales, principalmente la temperatura del agua y de la calidad y cantidad del alimento suministrado.

## Crecimiento de postlarvas de lenguado con dietas microencapsuladas a partir de la metamorfosis:

Los ensayos de crecimiento descritos en el anterior apartado muestran la capacidad de las larvas de lenguado para capturar e ingerir alimento inerte desde edades muy tempranas. También muestran que este tipo de alimentación no es aún satisfactorio para el normal desarrollo de los primeros estadios en esta especie, ya sea debido a una carencia en la formulación de la dieta o a una ineficaz dosificación. En cualquier caso, las larvas crecieron a una tasa baja pero aceptable, y ha sido en el proceso de metamorfosis que es cuando hay una mayor demanda energética, cuando se ha parado el crecimiento y han aparecido las mortalidades. Es por esto, que en un segundo experimento se ha querido avanzar en las posibilidades para crecer las postlarvas de lenguado alimentándolas exclusivamente con alimento inerte. En este caso, para superar posibles carencias que limiten el proceso de transformación, los ensayos se han iniciado una vez que las larvas habían iniciado el proceso de migración ocular y empezaban a presentar una vida bentónica. Hasta este momento, las larvas se criaron siguiendo las técnicas usuales con alimento vivo. Estos ensayos con postlarvas de lenguado se realizaron en tanques de 40 litros con un sistema de recirculación de agua.

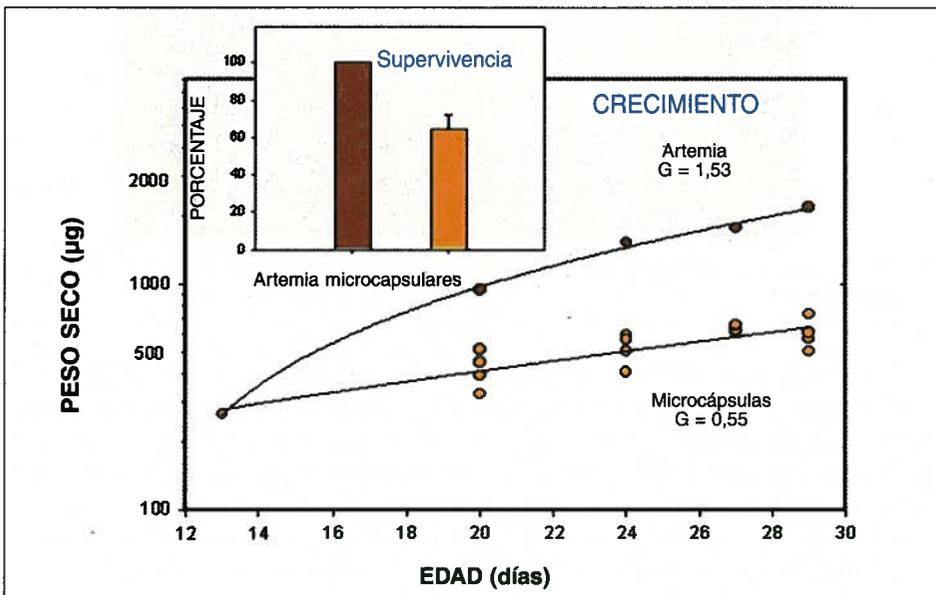
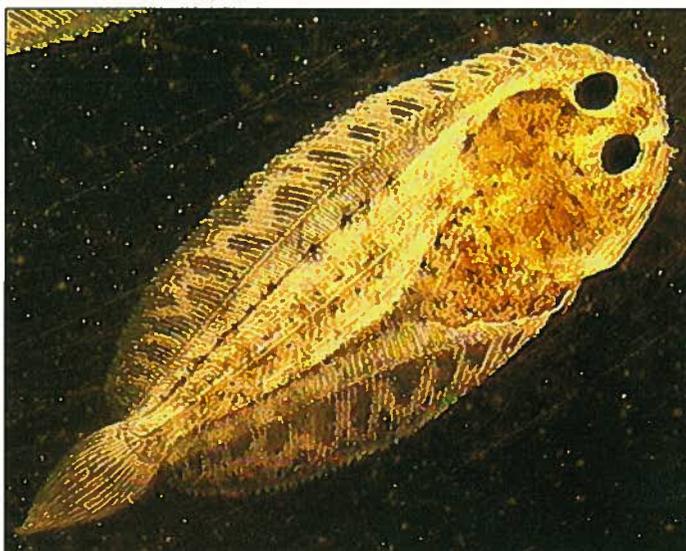


Figura 4. Curvas de crecimiento y supervivencia de lenguado (*Solea senegalensis*) durante el primer mes de vida en sistema de recirculación con alimento vivo (*Artemia*) o con cambio a alimento inerte (dieta microencapsulada) al inicio de la metamorfosis (día 13). G indica la tasa de incremento diario en peso.

Los crecimientos que se han obtenido con dieta viva y cuando se les suministra dietas microencapsuladas como único alimento a partir del día 13 se muestran en la Figura 4. La tasa de crecimiento del control alimentado con nauplios de *Artemia* fue del 15 % diario en peso, mientras que la media de las poblaciones alimentadas exclusivamente con microcápsulas fue de 5,5 %. La supervivencia con dieta inerte en esta fase fue del 60% frente a 100% que se obtiene con presas vivas. Por otra parte e independientemente de la tasa de crecimiento, el grado de desarrollo y estado de salud que alcanzan los juveniles alimentados con alimento inerte es adecuado. La Figura 5 muestra el aspecto de los juveniles de un mes de vida que han sido destetadas con alimento inerte el día 13 de vida durante el cambio a la vida bentónica.



**Figura 5.** Larva de lenguado de 30 días destetada el día 13 con dieta inerte microencapsulada.

El crecimiento y la supervivencia que se ha obtenido alimentado con dietas microencapsuladas y en este tipo de tanques fueron inferiores pero bastante aceptable lo que permite utilizar el sistema para avanzar en el desarrollo de dietas inertes para la fase larvaria y postlarvaria de esta especie. Los resultados también muestran que, aunque con las limitaciones citadas, en el lenguado se puede realizar el cambio a alimentación inerte en edades relativamente tempranas. La mejora en los sistemas de cultivo y en el conocimiento de comportamiento alimentario, son requisitos necesarios para el avance en la formulación de las dietas para el cultivo larvario y destete de esta especie.

# Cría de larvas de dorada con alimento inerte microencapsulado hasta el uso de dietas comerciales

El procedimiento usual es realizar progresivamente el cambio de Artemia a dietas comerciales entre la quinta y séptima semana de cultivo. En estudios previos se ha comprobado que las larvas de dorada son capaces de alimentarse y crecer con alimento el alimento microencapsulado desde el día 8 después de la eclosión. Por esto, el cambio a las dietas formuladas comerciales se ha realizado a partir del día 25 hasta el 35. Ya que el tamaño de las microcápsulas no se corresponde con las necesidades de tamaño de partícula requeridas a partir de esa edad.

Se han ensayado tres tipos de alimentación: A) El tratamiento control en el que las larvas se han alimentado exclusivamente con alimento vivo. B) Dieta inerte desde el día 8 con adición de una pequeña cantidad de rotíferos (una dosis diaria a una densidad de un rotífero por ml). C) Dieta inerte exclusivamente a partir del día 8. Para obtener una mejor comparación de los resultados dentro del mismo periodo de edad, se ha considerado conveniente expresar por una parte, los crecimientos obtenidos hasta el día 40 en una primera fase. Posteriormente se muestran el crecimiento completo hasta la finalización del experimento.

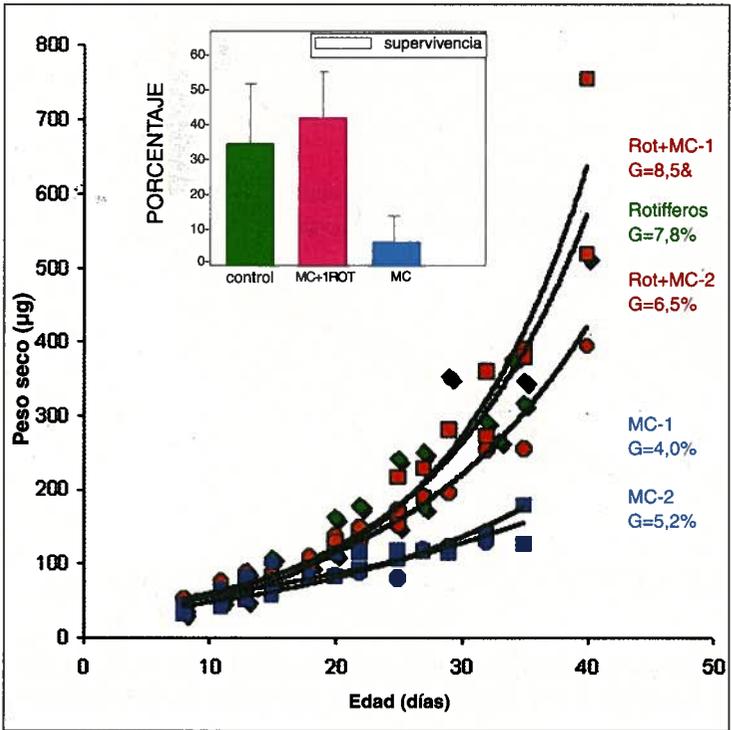


Figura 6. Crecimiento de larvas de *Sparus aurata* alimentadas con diferentes dietas. ROT: rotíferos y Artemia. MC: microcápsulas desde el día 8 hasta el día 35 desde la eclosión. MC+ROT: Microcápsulas desde el día 8 hasta el día 35 más una pequeña dosis de rotíferos (3% del peso de la larva). El pienso comercial se añadió desde el día 25. En el recuadro se muestra una estima de la supervivencia al día 35. G indica la tasa de crecimiento diario en peso.

Cuando se considera el periodo desde el día 8 hasta el día 40 desde la eclosión, se observa un buen resultado en el crecimiento de larvas alimentadas con la dieta inerte en presencia testimonial de presas vivas (los rotíferos suministrados suponen aproximadamente el 3% de la ración habitual) (Figura 6). La tasa media de crecimiento en este periodo fue de  $G = 7,5\%$  diario, comparable al  $7,8\%$  diario obtenido en el control. En ausencia de esta pequeña adición de rotíferos el crecimiento fue bueno sólo durante las dos primeras semanas del cambio a alimento microencapsulado. Posteriormente se incrementa la mortalidad y al final las larvas prácticamente desaparecen hacia el día 35. La estima de la supervivencia se muestra también en la Figura 6.

Así pues, hasta el final del experimento al segundo mes sólo hemos continuado las larvas del tratamiento B, que hasta la edad de 35 días habían recibido una pequeña dosis de rotíferos junto con el alimento inerte. En estas larvas, ya completamente adaptadas al pienso comercial y por lo tanto alimentándose exclusivamente en este tipo de alimento, el crecimiento fue muy bueno y paralelo al del control (Figura 7), manteniendo una alta tasa de crecimiento del  $7\%$  diario en peso seco. Estas larvas se mantuvieron hasta el tercer mes de vida hasta comprobar que el desarrollo y comienzo de la metamorfosis se realizaban con normalidad. El aspecto de las larvas al final de este periodo es excelente, mostrado una tasa de inflado de vejiga natatoria de prácticamente el  $100\%$ , y el inicio de la transformación a juvenil (Figura 8).

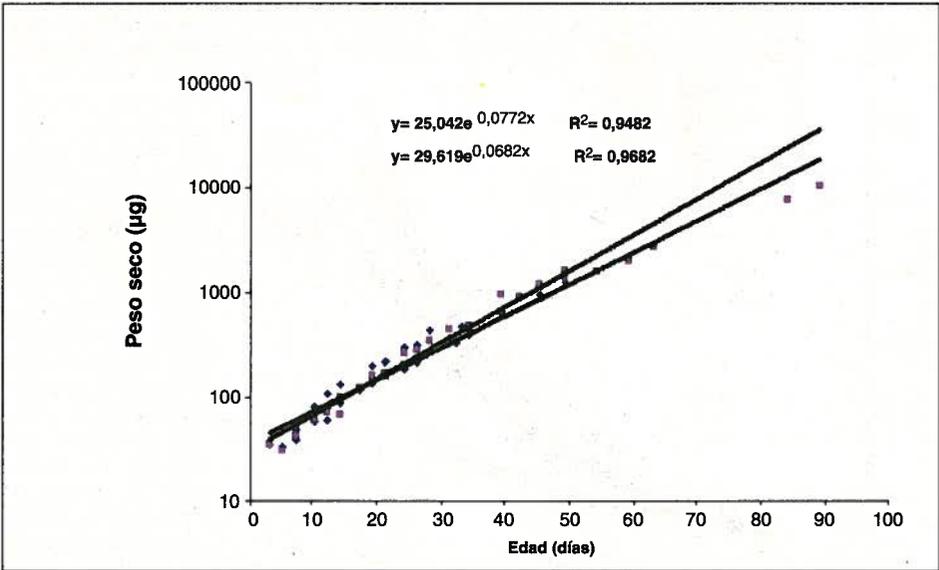
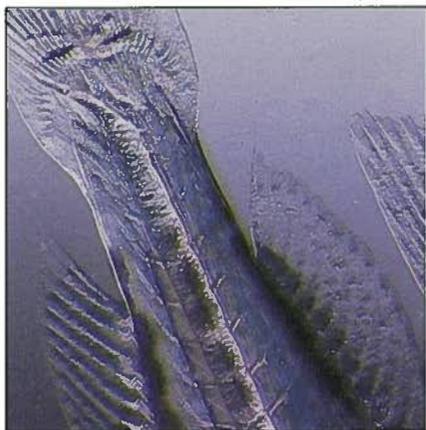


Figura 7. Crecimiento de larvas de *Sparus aurata* durante los dos primeros meses de vida alimentados con dieta Inerte desde el día 8 y una pequeña dosis de rotíferos hasta el día 30.

Las tasas de crecimiento que usualmente se obtienen en cultivo intensivo de larvas de dorada durante el primer mes de vida suelen ser del 10% diaria en peso seco. Incluso cuando el alimento inerte ha reemplazado al vivo durante la segunda semana, esta tasa de crecimiento se mantiene durante al menos 7 días (Yúfera et al. 1999), pero parece que las limitaciones nutricionales se muestran algo mas tarde, a partir de la tercera semana de vida, como se observa en estos experimentos. No obstante, el hecho más destacable de los resultados obtenidos es que por primera vez el cultivo de una población de dorada desde el inicio de la alimentación hasta su fase de juvenil se realiza con alimento artificial casi exclusivamente. Igualmente destacable es que esto se haya logrado con crecimientos y supervivencia comparables a los obtenidos



**Figura 8. Diversos aspectos de larvas destetadas alimentadas con dieta inerte desde el día 8.**

con dietas vivas. La formulación de la dieta precisa aún de complementarse con determinados factores nutricionales (aminoácidos libres, vitaminas etc.) como se deduce de los resultados en ausencia total de presa viva. Hay que tener en consideración que uno de los aspectos pendientes para la consecución de un pienso efectivo durante la fase larvaria de peces es el conocimiento adecuado de la nutrición en esta etapa. Es en este campo donde las microcápsulas se presentan como una herramienta de gran utilidad puesto que se puede modular su formulación y permiten el crecimiento larvario. Especialmente interesante resulta la evidencia de que la *Artemia* podría ser retirada completamente de la cadena de alimentación en los criaderos si la microdieta pudiera diseñarse y producirse para su uso a escala industrial. La dependencia de la producción acuícola de este organismo es crítica en cuanto que su suministro es fluctuante y los costes elevados.

## **Agradecimientos**

Esta monografía está basada en los resultados del proyecto "Evaluación a escala piloto de una dieta inerte microencapsulada para el cultivo larvario de peces marinos (dorada y lenguado) desde la primera semana de vida hasta el uso de piensos comerciales" financiada por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, mediante asignación económica correspondiente a los Planes Nacionales de Cultivos Marinos, a través de un convenio específico de colaboración suscrito entre dicha Consejería y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. El trabajo ha sido fruto de la cooperación entre Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (CSIC) y en el CICEM "El Toruño" (Junta de Andalucía).



## BIBLIOGRAFÍA

**Bengtson, D. 1993.** A comprehensive program for the evaluation of artificial diets. *Journal of the World Aquaculture Society*, 24: 199-210.

**Chambers, R.C., & Leggett, W.C. 1987.** Size and age at metamorphosis in marine fishes: an analysis of laboratory-reared winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) with a review of variation in other species. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*.

**Pascual, E. & Arias, A. 1982.** Diseño, construcción y funcionamiento de una planta piloto para la producción de alevines de dorada. *Informes Técnicos del Instituto de Investigaciones Pesqueras*, 91-92: 52 pp.

**Tucker, J.W. Jr. 1998.** *Marine fish culture*. Kluwer Academic Publishers, Boston. 750 pp.

**Watanabe & Kiron, 1994.** Prospects in larval fish dietetics. *Aquaculture* 124: 223-251.

**Yúfera, M., Pascual, E. & Fernández-Díaz, C. 1999.** A highly efficient microencapsulated food for rearing early larvae of marine fish. *Aquaculture* 177: 249-256.



AGRICULTURA



GANADERÍA



PESCA Y ACUICULTURA



POLÍTICA, ECONOMÍA Y SOCIOLOGÍA AGRARIA



FORMACIÓN AGRARIA



CONGRESOS Y JORNADAS



R.A.E.A.



JUNTA DE ANDALUCÍA

Consejería de Agricultura y Pesca