

Análisis económico de alternativas de producción de Dorada en jaulas marinas en el litoral Mediterráneo español

Susana Merinero, Silvia Martínez, Ana Tomás y Miguel Jover

Grupo de Investigación en Recursos Acuícolas, Departamento de Ciencia Animal, Universidad Politécnica de Valencia (España)
e-mail: mjover@dca.upv.es

Resumen

La reducción en el precio de venta de la dorada durante los últimos años, obliga a las empresas a controlar el coste de producción para ser más competitivas, lo que es posible mediante alternativas de manejo (utilización de piensos más rentables, empleo de óptimas estrategias de alimentación, mecanización de las operaciones de alimentación y pesca, etc.) y mejoras estructurales (volumen de producción y tamaño de las jaulas, para aprovechar las denominadas economías de escala). Existen muy pocos estudios económicos que analicen la rentabilidad de las tales alternativas estructurales, por lo que el objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la producción anual y del tamaño de las jaulas en la rentabilidad de la producción de la dorada, para lo cual se consideraron 5 volúmenes de producción de dorada: 500, 1 000, 1 500, 2 000 y 2 500 tm y dos tamaños de jaulas, 25 y 50 m de diámetro. El coste total de inversión aumenta lógicamente a medida que se incrementa la producción en ambos tipos de jaulas, pero al analizar el coste unitario de inversión, se observa el efecto de la economía de escala, pasando de 3 877 €/tm para la producción de 500 tm, a 2 497 €/tm para 1 000 tm, y 2 001 €/tm para 2 500 tm en la alternativa 25, y 2 606 €/tm y 1 879 €/tm respectivamente para la alternativa 50. En el coste de producción también se observa la economía de escala, de 3,88 €/kg para 500 tm, se pasa a 3,32 €/tm y 3,24 €/kg para 2 000 y 2 500 tm respectivamente para la alternativa 25, y a 3,30 y 3,18 €/kg para la alternativa 50, lo que permitiría mantener la rentabilidad de la empresa en caso de reducción del precio de venta. La tasa de rentabilidad (TIR) obtenida fue de un 10% para la alternativa 500 tm, y de 29 y 31% respectivamente para las alternativas 25 y 50 con una producción de 2 500 tm.

Palabras clave: dorada, jaulas marinas, estudio económico, rentabilidad

Summary

Economical analysis of productive alternatives for seabream cultured in marine cages in Mediterranean spanish coastal areas

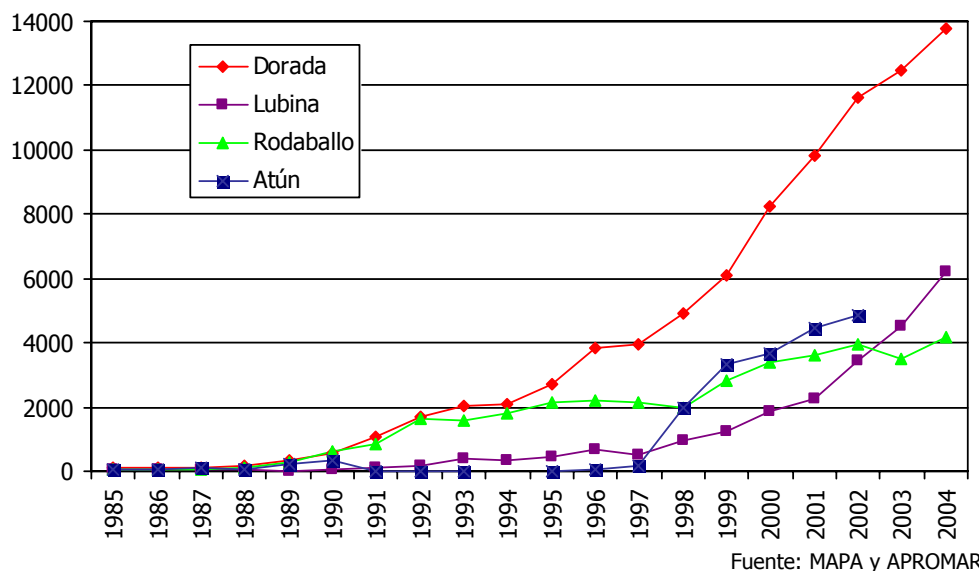
The reduction of seabream price during the last years have forced to fish farms for controlling the production cost in order to improve the profitability. The costs can be reduced with adequate management alternatives (more profitable diets, optimum feeding strategies, harvest methods, etc) or with structural improvements (production level and cage size) for taking advantage of scale economies. There are few studies about the profitability of structure alternatives, then the objective of present study was analyze the effect of yearly production and cage size in the profitability of seabream production considering five production levels, 500, 1 000, 1 500, 2 000 and 2 500 tm and two cage sizes, 25 y 50 m diameter. The investment cost increase with the production level, but the unitary cost reduce, from 3 877 €/tm for 500 tm/year, to 2 497 €/tm for 1 000 tm/y, and 2 001 €/tm for 2 500 tm/y with 25 m cages, and 2 606 €/tm or 1 879 €/tm respectively with 50 m cages. With respect to production cost, the scale economy also can be observed, 3.88 €/kg for 500 tm/y, and 3.32 €/tm or 3.24 €/kg for 2 000 and 2 500 tm/y respectively for 25 m alternative, and 3.30 or 3.18 €/kg for 50 m alternative. This low cost could maintain the profitability in the case of seabream price reduction. The profitability internal rate (TIR) improved from 10 % for 500 tm/year, to 29 and 31 % respectively for 25 and 50 m alternatives for 2500 tm/year.

Key words: seabream, marine cages, economic studies, profitability

Introducción

La producción española de dorada, que supone aproximadamente un 12% de la producción europea, ha tenido un notable incremento desde 1998 alcanzando en el año 2002, la cantidad de 12 000 tm (Figura 1). Las principales regiones productoras son Andalucía con un 35% y la Comunidad Valenciana con un 31%.

Figura 1. Evolución de la producción española de especies marinas



Aunque el engorde de la dorada se inició en los sistemas extensivos de las marismas andaluzas, éstos están limitados por la disponibilidad de grandes extensiones de terreno fácil de inundar. Por otra parte, las instalaciones intensivas en estanques de hormigón suponen una gran inversión en obra civil e instalaciones hidráulicas y un elevado gasto en bombeo de agua, además de tener problemas en algunas zonas del litoral para encontrar suelo a un coste asequible en una ubicación adecuada.

Por tanto, actualmente el engorde de la dorada y lubina se realiza en instalaciones flotantes en mar abierto, sistema que representa una inversión menor y que disminuye considerablemente los costes de producción (García-García, 2001). Durante los últimos años, se han instalado numerosas granjas de este tipo en el litoral mediterráneo, aunque la fase de reproducción y preengorde se realiza generalmente en tierra en instalaciones intensivas.

Las instalaciones marinas están básicamente construidas por jaulas flexibles debido a su relativa baja inversión, rapidez de montaje y su gran versatilidad de manejo, y aunque se han producido accidentes, si los anclajes y el diseño son adecuados pueden resistir temporales sin dificultad. Los elementos que componen una instalación de jaulas marinas son los siguientes:

- 1) Anillo de flotación de diámetro variable (12, 16, 18, 25, 50 m);
- 2) Redes cilíndricas y fondo cónico de unos 10 m de profundidad;
- 3) Entramado reticular formado por una cuadrícula de cable metálico, que se mantiene semisumergida mediante grandes boyas al que están amarradas las jaulas;
- 4) Sistema de anclaje constituido por bloques de hormigón (4 tm), anclas, estachas y cadenas, que mantienen en posición al entramado; y
- 5) Sistema de balizamiento a base de boyas, lámparas, baterías, placas solares.

Además de las jaulas flotantes, en una granja marina son necesarios una serie de barcos, equipos y maquinaria para el adecuado manejo de los peces: catamaranes de dos cascos con grúa (carga de pienso, despescas, cambio de redes, etc.), lanchas auxiliares, equipos de buceo, cañones de alimentación, bomba de trasvase de peces, clasificador y contador de peces, lavadora de redes, maquina de hielo, carretillas, sala de manipulación, cámara frigorífica, etc.

El equipo humano generalmente está formado por: director gerente, director técnico, administrativos, jefe de planta, patrones, buzos profesionales, alimentadores, marineros, almaceneros y manipuladores del pescado, y en algunos casos por personal para la comercialización.

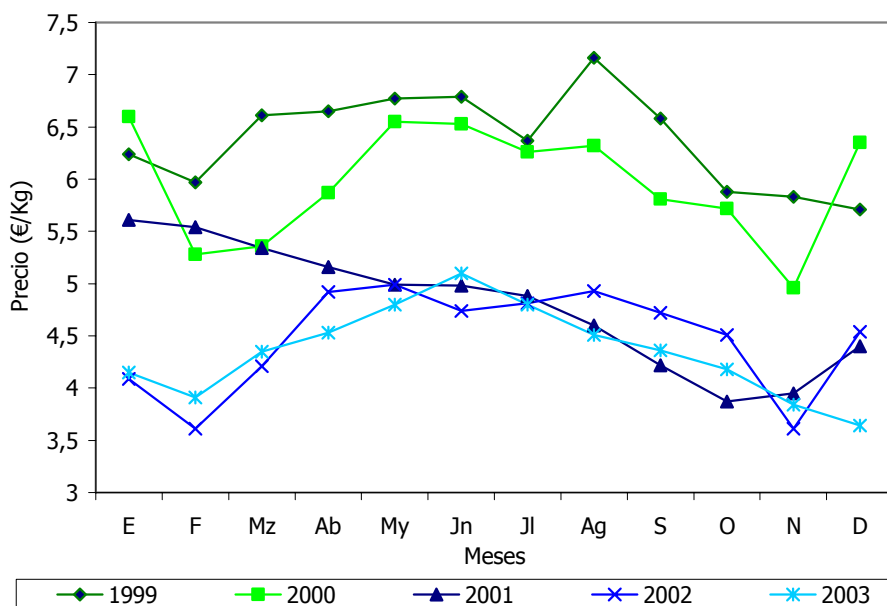
Los principales costes de producción de dos instalaciones de jaulas marinas en España y Grecia, sin considerar la amortización, se presentan en la Tabla 1 (Tiana, 2004).

Tabla 1. Costes de producción de la dorada en jaulas marinas

Concepto	España		Grecia	
	€/kg	%	€/kg	%
Alevines	0,830	21,12	0,668	20,5
Pienso	1,510	38,60	1,600	49,2
Vacunas	0,050	1,30	0,099	3,0
Personal	0,867	22,10	0,572	17,6
Generales	0,299	7,60	0,133	4,1
Subtotal	3,556	90,80	3,072	94,5
Envasado	0,360	9,20	0,180	5,5
Total	3,916	100	3,252	100

La rentabilidad de una empresa marina depende del precio de venta de la dorada (García y cols, 2001), el cual ha sufrido un descenso a lo largo de los últimos años, y además sufre grandes fluctuaciones mensuales (Figura 2).

Figura 2. Evolución de los precios de dorada durante el periodo 1999-2003



Fuente: MercaMadrid.

Esta reducción en el precio de venta obliga a las empresas a controlar el coste de producción para ser más competitivas, lo que es posible mediante alternativas de manejo o mejoras estructurales. Entre las alternativas de manejo hay que destacar en primer lugar las mejoras en la alimentación, tanto en la utilización de piensos más rentables (Moñino y cols, 2002) como en la estrategia de alimentación (Jover y cols, 2003a), pues si se considera que el alimento supone un 39-49% del coste total, cualquier mejora en este apartado puede tener un efecto muy importante, y en segundo lugar la mecanización de las operaciones, alimentación, pesca, etc.

Las medidas estructurales hacen referencia al volumen de producción y tamaño de las jaulas, para aprovechar las denominadas economías de escala (Fernández y Jover, 2001; Gasca-Leyva y cols, 2001) que permiten reducir los costes medios cuando se incrementa la producción, al mantener los costes fijos y el personal cualificado.

Existen muy pocos estudios económicos que analicen la rentabilidad de las granjas marinas en función del volumen de producción, por lo que el objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la producción anual y del tamaño de las jaulas en la rentabilidad de la producción de la dorada, para lo cual se consideraron cinco volúmenes de producción de dorada, 500, 1000, 1 500, 2 000 y 2 500 tm y dos tamaños de jaulas, 25 y 50 m de diámetro.

Material y métodos

Para cada una de las alternativas de producción se elaboró el plan de producción y el presupuesto de la instalación, y después la estructura de costes y el análisis económico financiero. En todas ellas se consideró un peso inicial de los alevines de 10 g y un peso final de 450 g.

El plan de producción se basó en el cálculo del crecimiento de los peces según el modelo de crecimiento de Cho y Boureau (1999) o modelo del Coeficiente Térmico de Crecimiento (CTC) que tiene en consideración la temperatura efectiva o temperatura mínima para el crecimiento, que es 12°C en el caso de la dorada, y cuya fórmula es la siguiente:

$$CTC = (Pf^{1/3} - Pi^{1/3}) / \sum T^a ef$$

Pf: peso final

Pi: peso inicial

$\sum T^a ef$: sumatorio de temperatura efectiva = 15 * (T^a media quincenal - 12°C)

Se consideró un valor medio del CTC de 0,00175, obtenido de resultados reales de crecimiento en granjas marinas del litoral Mediterráneo y las temperaturas efectivas se calcularon a partir de las medias obtenidas de los datos de temperaturas diarias de los años 1998, 1999 y 2000.

Partiendo de 24 lotes que corresponden a la primera y segunda quincena de todos los meses del año, se estimó el crecimiento de la dorada elaborando un cuadro resumen de pesos con el fin de escoger cuatro entre todos ellos, de forma que las ventas de cada lote se prolonguen durante tres meses, y se puedan cubrir las demandas de una forma continua a lo largo del año. Para cada uno de los cuatro lotes elegidos se elaboró un plan de producción y alimentación, que consistió en determinar una serie de parámetros como el número de peces, la biomasa, el consumo total de pienso y su coste, así como el número de jaulas necesarias para albergar las doradas en cada

quincena, hasta que alcancen los 450 g, siguiendo la metodología de Jover y cols. (2003b) y Martínez y cols. (2003).

Los datos básicos para el presupuesto de las distintas alternativas se obtuvieron de empresas especializadas, fundamentalmente Control Renovación S.A. (CORELSA), empresa nacional dedicada a la instalación de jaulas marinas y a la construcción de barcos y maquinaria. Para estimar las unidades de los factores de producción (barcos, maquinaria, etc.), el personal y su coste se contactó con diferentes empresas del sector productivo.

La información sobre piensos y alimentación se obtuvo de DIBAQ S.A., empresa nacional dedicada a la fabricación de piensos para la acuicultura. Así pues, se eligieron dos piensos, ECODIVA (47,5% PB, 24% EE) hasta que los peces alcanzaron un peso de 60 g y ECOPLUS (43% PB, 21% EE) hasta el peso final.

En cuanto a la instalación de jaulas, se utilizaron jaulas de 19 m de diámetro para el preengorde hasta un peso de 100-150 g, y a partir de este momento, es decir para el engorde, se estudiaron los dos alternativas, la que se denomina "25" en la que se emplearon jaulas de 25 m, y la alternativa "50" que consiste en la utilización de jaulas de 50 m de diámetro.

Se consideró que las jaulas de 19 m de diámetro ocupan un volumen de 2 835 m³, las de 25 m, 4 909 m³ y las de 50 m de diámetro, 19 635 m³ y la densidad adecuada para el crecimiento de los peces, 10 kg/m³ durante el preengorde, y 15 kg/m³ durante el engorde. Se estudiaron un total de nueve alternativas, 500, 1 000, 1 500, 2 000 y 2 500 tm en jaulas de 25 m y 1 000, 1 500, 2 000 y 2 500 tm en jaulas de 50 m.

Para realizar el presupuesto de cada alternativa, entre las partidas de la inversión se incluyeron los edificios (obra civil, instalaciones y mobiliario), las instalaciones de jaulas (jaulas, redes y sistemas de anclaje), los barcos (lanchas y catamaranes) y la maquinaria y los equipos (lavadoras de redes, máquina de hielo, cámaras frigoríficas, equipos de manipulación, equipos de buceo, cañones de alimentación, bombas centrífugas, clasificadores de peces y contadores de peces).

En las Tablas 2 y 3 se muestra el coste de la maquinaria y equipos y el coste unitario de las jaulas marinas, respectivamente.

Tabla 2. Coste unitario de los barcos, maquinaria y equipos

	Equipo	Coste unitario (€)
Barcos	Lancha-5	20 185
	Lancha L-7	39 325
	Catamarán-8	117 000
	Catamarán-16	291 000
Maquinaria y equipos	Lavadora de redes	39 325
	Máquina de hielo	17 620
	Cámara frigorífica	43 840
	Equipo de manipulación	32 140
	Equipo de buceo	1000
	Cañón de alimentación	5600
	Bomba centrífuga	22 400
	Clasificador de peces	23 440
Contador de peces	18 750	

Tabla 3. Coste unitario de la instalación de jaulas (en euros)

	Diámetro jaula (m)		
	19	25	50
Jaulas	14 667	20 825	46 775
Redes	7 737	13 125	35 050
Sistema de anclaje	16 380	31 280	125 120
Total	36 084	65 230	206 945

En el estudio económico estático se realizó un análisis de rentabilidad de la empresa, considerando los ingresos y los gastos de un año tipo, en el cual la empresa se encuentra funcionando plenamente, es decir un año de máximo rendimiento. El Beneficio bruto es igual a los ingresos menos los costes de producción. El ratio determinante de la rentabilidad viene dado por el cociente entre el beneficio y el coste total de producción (B/C), que indica los euros ganados por cada euro gastado.

El coste de producción se calculó como la suma de los costes fijos, más los variables, más las amortizaciones. En estos costes se incluyó el personal, el pienso, los alevines y los gastos generales, que incluyen seguros, alquiler de puerto y otros. Las amortizaciones se calcularon, considerando la vida útil y el valor residual (Tabla 4), con la siguiente expresión:

$$\text{Amortización} = (\text{Valor inicial} - \text{Valor residual}) / \text{Vida útil}$$

Tabla 4. Vida útil y valor residual de las partidas de inversión

Elemento de la instalación	Vida útil (años)	Valor residual (% del valor inicial de adquisición)
Obra civil	30	0
Instalaciones	30	10
Mobiliario	15	0
Jaulas	10	0
Redes	3	0
Sistema de anclaje	4 *	0
Barcos	30	10
Maquinaria y equipos	10	10

*: Los sistemas de anclaje constan de varios elementos, por lo que se supone una renovación de 1/3 de ellos cada 3 años

En los costes del personal empleado en la granja marina, se consideraron los salarios anuales que refleja la Tabla 5, incluida la Seguridad Social.

Tabla 5. Costes anuales del personal de la granja marina

Personal	Coste unitario (€)	Personal	Coste unitario (€)
Director gerente	63 000	Administrativo	17 850
Director técnico	52 500	Almaceneros	15 750
Jefe de planta	31 500	Manipuladores	14 700
Patrón de barco	26 250	Marineros	13 650
Buzos	23 100		

El precio de compra de los alevines se estimó en 0,35 € la unidad, considerando una reducción del precio de un 3% para compras superiores a los 2 millones de alevines y en un 6% para compras mayores de 4 millones.

El coste de pienso, 1,11 €/kg para el ECODIVA y 0,775 €/kg para ECOPLUS, también está sujeto a un rápel de ventas, con un descuento aplicado sobre el total de pienso comprado (Tabla 6).

Tabla 6. Rebajas sobre el coste total de pienso

Pienso total (tm)	Rebaja (€/tm)
> 1000	19
> 2000	39
> 3000	60
> 4000	81

Los ingresos por la venta de las doradas, se determinaron considerando un precio medio de venta de 4,5 €/kg.

El análisis dinámico permite evaluar el rendimiento económico del proyecto a lo largo de la vida del mismo teniendo en cuenta factores financieros que influyen de manera activa en la economía de la empresa. Para realizar el estudio se tuvieron en cuenta una serie de parámetros:

- 1. Pago de Inversión (K).** Es el número de unidades monetarias que el empresario desembolsa para poner en marcha el proyecto. En el presente estudio, este pago se consideró de una sola vez en el año inicial de la inversión, aunque en determinadas circunstancias puede fraccionarse.
- 2. Vida del proyecto (n):** Es el periodo de tiempo, medido generalmente en años, durante el cual la inversión seguirá funcionando y rindiendo. A pesar de que es un parámetro que está sometido a bastante incertidumbre es muy importante fijarlo ya que se trata de un dato empleado en el cálculo de índices que miden la viabilidad y la rentabilidad de la inversión, así pues se consideró 30 años de vida de la granja marina.
- 3. Flujo de caja (R).** A lo largo de su vida, la inversión genera una corriente de cobros atribuida a los ingresos que el funcionamiento del proyecto generará: venta de dorada, y por otra parte una corriente de signo opuesto que son los pagos. Tanto en cobros como en pagos se distinguió entre ordinarios y extraordinarios.

Los pagos ordinarios corresponden al pago de salarios al personal, de pienso, de alevines y los gastos generales, que engloban el pago de seguros, el suministro de energía, etc. Estos pagos se realizaron desde año 1 hasta el 30, considerando que el primer año son un 16% y el segundo año un 92%, puesto que hasta en tercer año no se alcanza la plena producción y el 100% de pagos.

Los cobros ordinarios, son los que se producen por la venta de dorada, obtenidos mediante el producto del precio de venta por la producción anual. Estos cobros son nulos el primer año ya que ningún lote alcanza el peso comercial, y por tanto, no se pueden vender. En el segundo año los cobros son del 50% del total al venderse sólo los dos primeros lotes. A partir del tercer año se vende toda la producción y los cobros son del 100%.

Los pagos extraordinarios son los pagos que se realizan para renovar las partes de la inversión que han finalizado su vida útil. En el presente trabajo se consideró la renovación del mobiliario, las jaulas, las redes, los anclajes, y la maquinaria (Tabla 7).

Tabla 7. Años de renovación de las partidas de inversión en el estudio económico dinámico.

Elemento de instalación	Renovaciones
Obra civil	-
Instalaciones	-
Mobiliario	Año: 16
Jaulas	Años: 11 y 21
Redes	Años: 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 y 27
Sistema de anclaje	Años: 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 y 27
Barcos	-
Maquinaria y equipos	Años: 11 y 21

Los cobros extraordinarios son los que provienen del valor residual de los elementos de la instalación que se renuevan (Tabla 4).

Una vez obtenido los cobros y pagos ordinarios y extraordinarios, considerando que C_j y P_j son respectivamente los cobros totales y los pagos totales en el año "j", el flujo de caja R_j para ese mismo año queda definido por la siguiente expresión:

$$R_j = C_j - P_j$$

4. Tasa de actualización o descuento (i). Es aquella que posibilita la homogenización de los parámetros de la inversión al referirlos todos a la misma unidad de tiempo, ya que cada flujo de caja se obtiene en un año diferente. Este hecho requiere que se establezca una relación de equivalencia, usualmente hasta el momento inicial de la inversión, mediante la actualización de los flujos a ese momento inicial de la siguiente forma: $R_j / (1 + i)^j$.

En un primer momento i puede ser considerado como la tasa del coste de oportunidad del inversor, medida ésta como la rentabilidad de una inversión alternativa sin riesgo alguno a tipos usuales de interés del mercado. En el presente estudio se consideró un interés del 4%, ya que las tasas de interés con fines de cálculo se fijan actualmente en torno al 5%, e incluso en los países occidentales éstas se encuentran por debajo del 3%.

5. Índices de rentabilidad.

5.1. Valor Actual neto (VAN): es el sumatorio de los valores actualizados de los flujos de caja durante toda la vida del proyecto, menos la inversión inicial. Este valor actualizado es la anteriormente definida tasa de actualización o descuento.

$$VAN = R_1/(1+i) + R_2/(1+i)^2 + R_3/(1+i)^3 + \dots + R_n/(1+i)^n - K_0$$

$VAN < 0 \rightarrow$ Inversión desaconsejable.

$VAN > 0 \rightarrow$ Inversión aconsejable.

El concepto del VAN indica la ganancia neta generada por el proyecto, por eso para valores negativos del VAN, el proyecto resultaría inviable desde el

punto de vista financiero, y al contrario, cuando el VAN es positivo, la inversión sería rentable.

- 5.2. *Tasa interna de rendimiento (TIR)*: La tasa interna de rendimiento financiero, denominada también tasa interna de retorno, se define como la tasa de descuento a la que el valor presente neto de todos los flujos de efectivo de los períodos proyectados es igual a cero. Se utiliza para establecer la tasa de rendimiento esperada de un proyecto.

$$K = \sum_{j=1}^n \frac{R_j}{(1 + TIR)^j}$$

La tasa interna de rendimiento permite dar una nueva definición al concepto de viabilidad financiera de un proyecto de inversión. Si la tasa resultante es mayor que los intereses (*i*) pagados por el dinero invertido el proyecto es conveniente, en el caso contrario no conviene:

$TIR > i \rightarrow$ Inversión rentable

$TIR < i \rightarrow$ Inversión no rentable

- 5.3. *Plazo de recuperación*: es el número de años que transcurren desde el inicio del proyecto hasta que la suma de los cobros actualizados es exactamente igual a la suma de los pagos actualizados. Es decir, el plazo de recuperación indica el momento de la vida de la inversión en el que el VAN de la misma se hace cero, a partir de dicho momento si los cobros superan a los pagos, conforme transcurran los años se irán generando incrementos positivos del VAN.

Este parámetro a diferencia del VAN y de la TIR, no proporciona información acerca de la rentabilidad absoluta o relativa de la inversión, ni proporciona ningún criterio para definir la viabilidad de la misma, simplemente indica el año a partir de cual el inversor irá obteniendo rendimientos positivos. A igualdad de otras circunstancias, la inversión es más interesante cuanto menor sea su plazo de recuperación.

6. *Análisis de sensibilidad*. Dada la inestabilidad del precio de la dorada, el análisis de sensibilidad permitió analizar como variaba el ratio B/C ante las fluctuaciones del precio. Partiendo de un precio igual a 4,5 €/Kg se consideró que aumentó hasta 5 y 5,5 €/Kg, y disminuyó hasta 4 y 3,5 €/Kg.

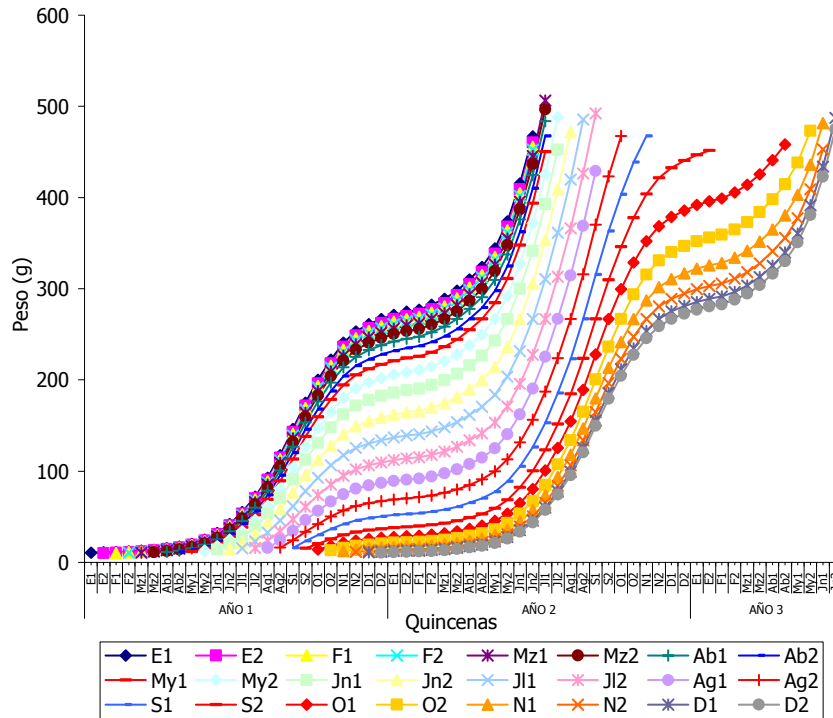
Resultados y discusión

Crecimiento y Elección de Lotes

Para la selección de los cuatro lotes anuales previstos, se consideraron las curvas de crecimiento de 24 lotes, que iniciaron su periodo de engorde los días 1 y 15 de cada mes (Figura 3).

Se puede observar como los lotes de septiembre a marzo muestran un crecimiento inicial lento debido a las bajas temperaturas, mientras que los lotes que empiezan del mes de abril al de agosto tienen un rápido crecimiento inicial, lo que les permite llegar al peso comercial con sólo un invierno.

Figura 3. Curvas de crecimiento de los 24 lotes

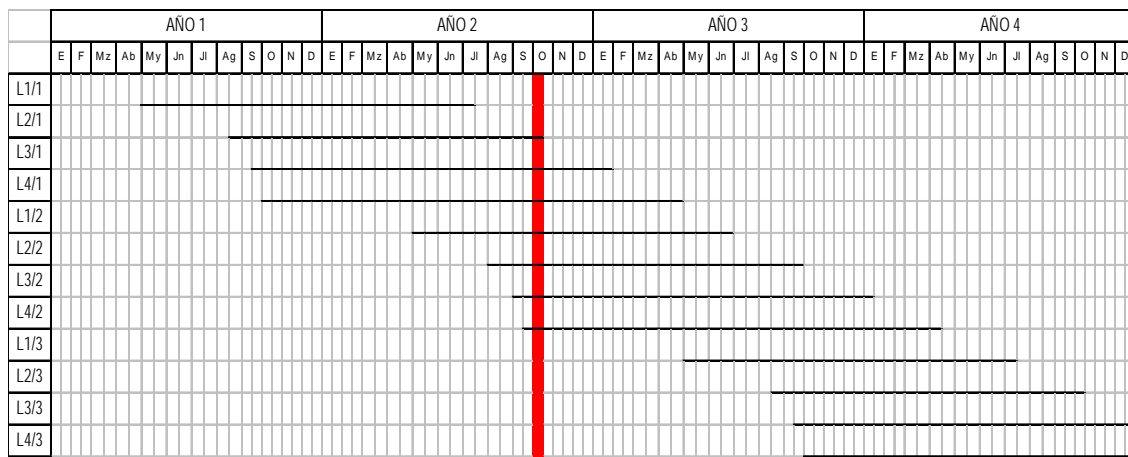


En la Tabla 8 se muestra la fecha de inicio, fin y la duración del periodo de engorde de los cuatro lotes seleccionados y que corresponden a la introducción de los alevines la primera quincena de mayo, la segunda quincena de agosto, la segunda quincena de septiembre y la primera quincena de octubre.

Tabla 8. Resumen de fecha de inicio del lote, peso final alcanzado y duración del engorde de los 24 lotes

Lotes	Inicio	Fin	Peso final (g)	Duración (meses)
L11	My1	J2	488	14,5
L16	Ag2	O1	468	14
L18	S2	E2	451	16,5
L19	O1	Ab2	450	19

Figura 4. Esquema del plan de producción básico en cuatro lotes



El plan de producción previsto se esquematiza en la Figura 4, donde se observa que la máxima coincidencia en lotes es de 7, 4 del primer año y 3 del segundo. La biomasa máxima presente en la instalación se produce en la primera quincena de octubre siendo de 387 tm, 773 tm, 1 160 tm, 1 547 tm y 1 933 tm para las cinco alternativas de producción 500, 1 000, 1 500, 2 000 y 2 500 tm, respectivamente, siendo el número de alevines necesario de 1 306 464, 2 612 928, 3 919 392, 5 225 856, y 6 532 320, considerando una supervivencia final del 85%.

El número de jaulas necesario para cada alternativa (Tabla 9) se ha determinado superponiendo las necesidades de cada uno de los lotes de acuerdo al plan de producción.

Tabla 9. Resumen del número de jaulas totales

Alternativas	Jaulas		
	19 m	25 m	50 m
500/25	3	7	
1 000/25	6	11	
1 000/50	6		4
1 500/25	9	18	
1 500/50	9		4
2 000/25	12	22	
2 000/50	12		8
2 500/25	16	30	
2 500/50	16		8

En la Tabla 10 quedan reflejadas las unidades de los distintos tipos de barcos, maquinaria y equipos que integran las partidas de la inversión, para cada volumen de producción y alternativa objeto del presente estudio.

Tabla 10. Necesidades de barcos, maquinaria y equipos

Alternativas	Barcos				Maquinaria y equipos								
	Lancha-5	Lancha L-7	Catamarán-8	Catamarán-16	Lavadora de redes	Maquina de hielo	Cámara frigorífica	Equipo de manipulación	Equipos de buceo	Cañón de alimentación	Bomba centrífuga	Clasificador de peces	Contador de peces
500/25	1	1	0	1	1	1	1	1	4	1	2	2	4
1 000/25	2	1	1	1	1	1	1	1	7	2	2	2	4
1 000/50	2	1	1	1	1	1	1	1	6	2	2	2	4
1 500/25	2	2	0	2	1	1	1	1	9	2	2	2	4
1 500/50	2	2	0	2	1	1	1	1	7	2	2	2	4
2 000/25	1	3	0	3	1	2	2	2	11	3	2	2	4
2 000/50	1	3	0	3	1	2	2	2	9	3	2	2	4
2 500/25	2	3	1	3	1	2	2	2	13	4	2	2	4
2 500/50	2	3	1	3	1	2	2	2	11	4	2	2	4

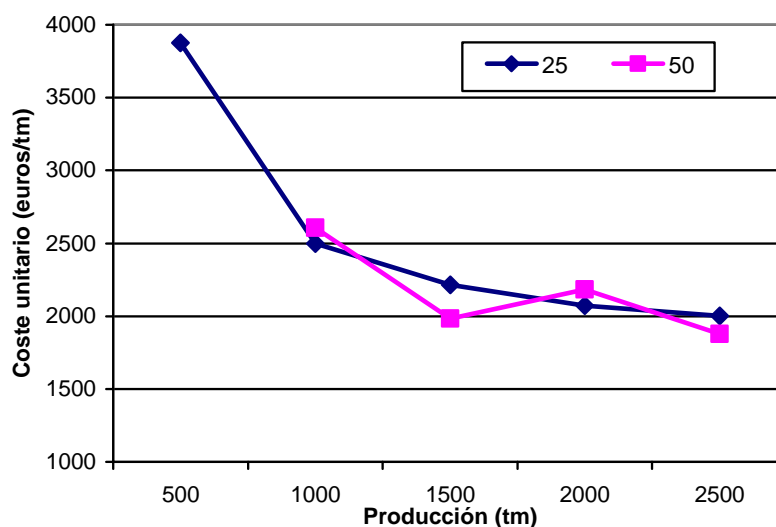
Presupuesto de las Instalaciones

En la Tabla 11 se muestra el resumen los costes totales de la inversión desglosados en las cuatro principales partidas de que consta, así como el coste unitario por tm para cada producción y alternativa de jaulas considerada, que queda posteriormente representado en la Figura 5.

Tabla 11. Coste total de inversión y coste unitario de inversión

Alternativas	Inversión (€)					Coste unitario (€/tm)
	Edificios e instalaciones	Instalación de jaulas	Barcos	Maquinaria y equipos	Total	
500/25	706 012	572 962	350 205	309 205	1 938 689	3 877
1 000/25	741 313	950 234	487 695	317 805	2 497 047	2 497
1 000/50	741 313	1 060 484	487 695	316 805	2 606 296	2 606
1 500/25	776 613	1 523 196	701 020	319 805	3 320 634	2 214
1 500/50	776 613	1 176 836	701 020	317 805	2 972 274	1 982
2 000/25	811 914	1 900 468	1 011 160	421 005	4 144 547	2 072
2 000/50	811 914	2 120 968	1 011 160	419 005	4 363 047	2 182
2 500/25	847 214	2 577 444	1 148 345	428 605	5 001 608	2 001
2 500/50	847 214	2 276 104	1 148 345	426 605	4 698 268	1 879

Figura 5. Coste unitario de inversión para las diferentes alternativas

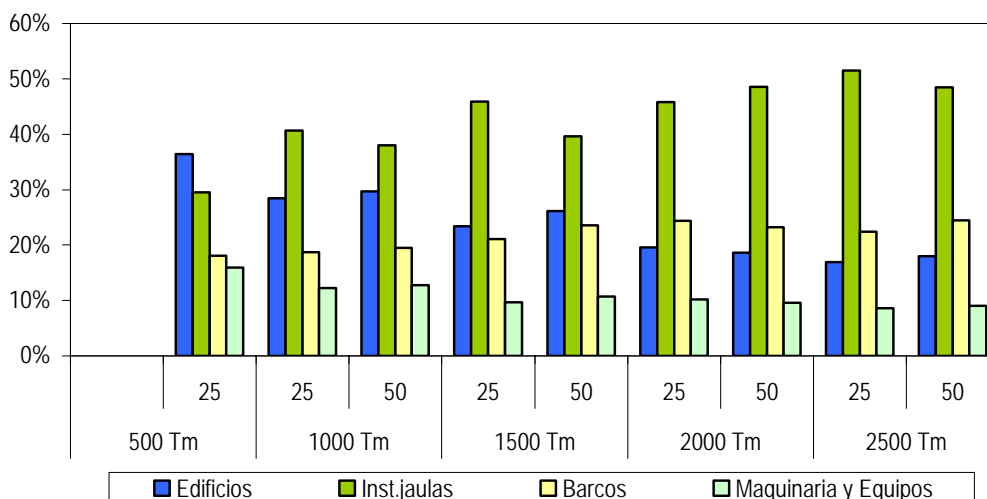


Si se analizan estos resultados se comprueba que el coste total de inversión aumenta a medida que se incrementa la producción en ambos tipos de jaulas, lo que es lógico ya que se necesita un mayor número de jaulas, más barcos y más maquinaria y equipos para poner en funcionamiento la granja marina. Al analizar el coste unitario de inversión, se observa el efecto de la economía de escala, sobre todo cuando se pasa de 500 a 1 000 tm, siendo menor la reducción al pasar de 2 000 a 2 500 tm, lo que hace pensar en descensos más moderados del coste unitario de inversión para producciones mayores de 2 500 tm.

La alternativa 50 presenta un coste unitario de inversión ligeramente superior a la alternativa 25 para las producciones de 1 000 y 2 000 tm, pero para 1 500 y 2 500 tm, dicho coste unitario es inferior. Este hecho es debido al incremento del número de jaulas de 50 m al pasar de 1 500 tm (4 jaulas) a 2 000 tm (8 jaulas).

En la Figura 6 se muestran los porcentajes de los costes de inversión de cada una de las partidas con respecto al coste total, en todas las producciones y alternativas en jaulas objeto del estudio. Se puede comprobar que a medida que sube la producción, los edificios van representando un menor porcentaje sobre la inversión total en las dos alternativas, al contrario que ocurre con la instalación de jaulas.

Figura 6. Porcentajes de representación de las partidas que componen la inversión con respecto a la inversión total



Necesidades de Personal

En Tabla 12 queda reflejado el número de los distintos profesionales que componen el personal, tanto en tierra como en mar, de la granja marina para las distintas alternativas y volúmenes de producción considerados en el estudio. Así, el número de operarios aumenta de forma lineal al incremento de producción. Se observa así mismo que para la alternativa 50 se necesita menos personal, ya que el número de jaulas en esta alternativa es menor, por lo que los desplazamientos y el tiempo empleado en el manejo y alimentación de los peces serán menores.

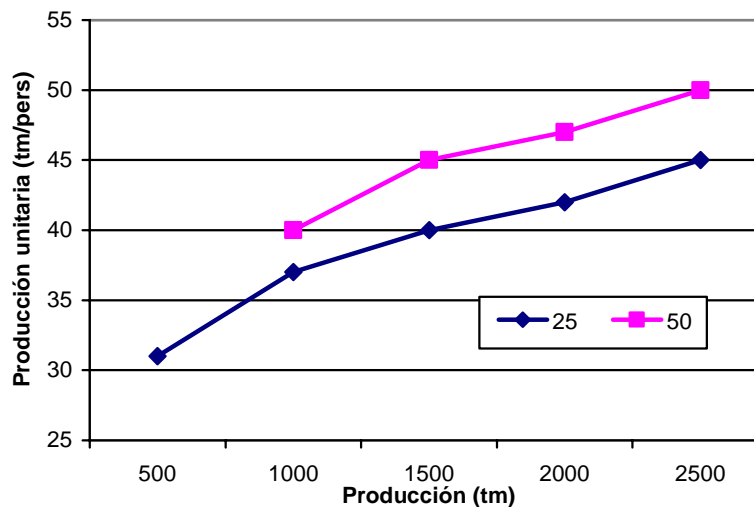
Tabla 12. Necesidades de personal de la granja marina

Alternativas	Personal									Total
	Director Gerente	Técnico facultativo	Administrativo	Almaceneros	Manipuladores	Jefe de planta	Buzos	Patrón de barco	Marineros	
500/25	1	1	1	1	2	1	4	2	3	16
1000/25	1	1	1	1	4	1	7	3	8	27
1000/50							6		7	25
1500/25	1	1	2	1	6	1	9	4	12	37
1500/50							7		10	33
2000/25	1	1	2	1	8	2	11	6	16	47
2000/50							9		14	43
2500/25	1	1	2	1	10	2	13	6	20	56
2500/50							10		17	50

En la Figura 7 se representa la producción unitaria por persona, para todas las alternativas. Al pasar de 500 a 1000 tm aumenta considerablemente, pero a partir de 1500 tm este parámetro se incrementa linealmente en ambas alternativas.

Si se comparan las alternativas 25 y 50, se observa como la producción unitaria por persona es mayor para la alternativa de jaulas de 50 m, como consecuencia de la mayor eficiencia en algunas operaciones de manejo, sobre todo la alimentación diaria. No obstante, otras operaciones como desdobles y despescas son más complicadas y podrían necesitar más personal o tecnología, hecho que no se ha tenido en cuenta en el presente trabajo debido a la escasez de datos ya que la utilización de estas jaulas es muy reciente y limitada a pocas empresas, por lo que debería ser estudiado en posteriores estudios.

Figura 7. Producción unitaria por persona en las alternativas 25 y 50



Análisis de Rentabilidad. Estudio Estático

Los costes de producción de cada una de las alternativas, considerando cada una de las partidas se presentan en la Tabla 13, junto con el beneficio, ratio beneficio/coste y el coste unitario de producción (Figura 8).

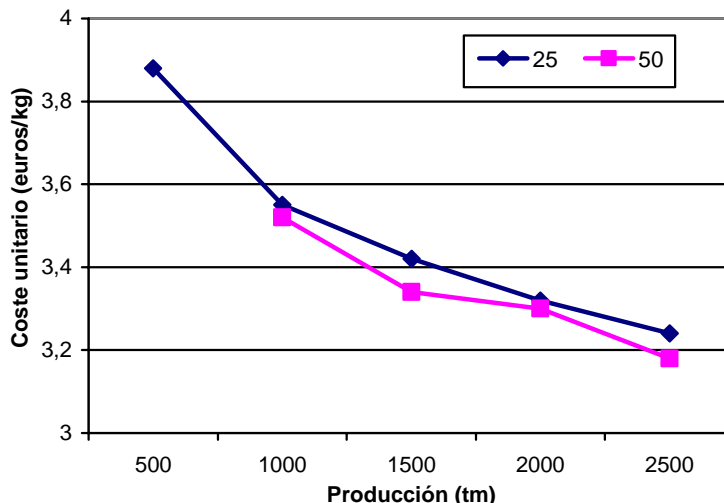
Tabla 13. Estudio económico estático de las alternativas de producción

Alternativas	Costes (€)						Beneficio (€)	Coste unitario (€/Kg)	B/C
	Personal	Alevines	Pienso	Generales	Amortiz.	Total			
500/25	395 850	443 545	699 467	250 000	148 808	1 937 670	312 330	3,88	0,16
1 000/25	589 050	887 089	1 366 975	500 000	207 784	3 550 897	949 101	3,55	0,27
1 000/50	552 300	887 089	1 366 975	500 000	217 571	3 523 935	976 065	3,52	0,28
1 500/25	763 350	1 330 634	1 996 613	750 000	302 542	5 143 139	1 606 862	3,42	0,31
1 500/50	689 850	1 330 634	1 996 613	750 000	244 619	5 011 716	1 738 284	3,34	0,35
2 000/25	951 300	1 719 307	2 592 442	1 000 000	386 077	6 649 126	2 350 874	3,32	0,35
2 000/50	877 800	1 719 307	2 592 442	1 000 000	409 474	6 599 023	2 400 977	3,30	0,36
2 500/25	1 107 750	2 149 133	3 114 643	1 250 000	488 996	8 110 522	3 139 478	3,24	0,39
2 500/50	997 500	2 149 133	3 114 643	1 250 000	439 103	7 950 379	3 299 621	3,18	0,42

Se observa claramente la economía de escala, pues el coste unitario se reduce apreciablemente a medida que aumenta el volumen de producción, sobre todo al

pasar de 500 a 1 000 tm. Si se comparan las dos alternativas de jaulas, 25 y 50, para las producciones de 1 500 y 2 500 tm el coste unitario de producción esta ligeramente por debajo en la alternativa de 50, mientras que para 1 000 y 2 000 tm los costes están muy próximos.

Figura 8. Evolución del coste unitario de producción



El beneficio total aumenta con el volumen de producción, siendo ligeramente más alto para la alternativa de jaulas de 50 m. Al analizar el ratio beneficio coste se observa un rápido incremento al pasar de 500 a 1 000 tm, pero a partir de dicha producción, el ratio B/C aumenta de forma lineal para las jaulas de 25 m, y con ciertas oscilaciones para las jaulas de 50 m, de forma que sigue aumentando hasta 1 500 tm, para estancarse en las 2 000 tm y volver a experimentar una importante subida en la producción de 2 500 tm.

Tabla 14. Porcentajes de representación de los elementos que componen los costes de producción con respecto al coste total

Alternativas	Costes (%)					Total
	Personal	Alevines	Pienso	Generales	Amortiz.	
500/25	20,43	22,89	36,10	12,90	7,68	100
1 000/25	16,59	24,98	38,50	14,08	5,85	100
1 000/50	15,67	25,17	38,79	14,19	6,17	100
1 500/25	14,84	25,87	38,82	14,58	5,88	100
1 500/50	13,76	26,55	39,84	14,96	4,88	100
2 000/25	14,31	25,86	38,99	15,04	5,81	100
2 000/50	13,30	26,05	39,29	15,15	6,21	100
2 500/25	13,66	26,50	38,40	15,41	6,03	100
2 500/50	12,55	27,03	39,18	15,72	5,52	100

En la Tabla 14 se muestran los porcentajes de cada uno de los costes de producción respecto al total. Se puede comprobar como el coste de pienso es en todas las alternativas el que tiene mayor peso sobre el coste total, siguiéndole en importancia el coste de los alevines, el personal, los gastos generales y las amortizaciones. Para pequeñas producciones (500 tm) el coste de personal es similar al de adquisición de alevines, pero a medida que aumenta el volumen de producción, la economía de

escala hace que el porcentaje del coste de personal se reduzca, llegando a estar por debajo de los gastos generales.

Estudio Dinámico

En la Tabla 15 se presentan los valores de VAN, TIR y plazo de recuperación obtenidos en el estudio dinámico para todas las alternativas consideradas.

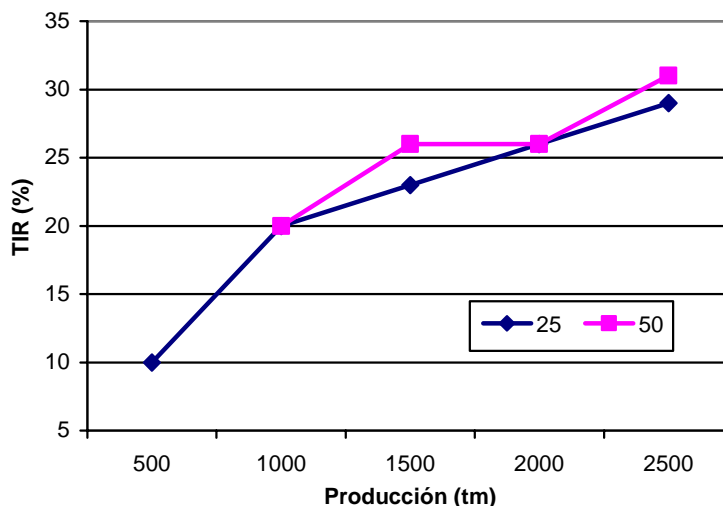
Tabla 15. Resumen del estudio económico de las alternativas

Alternativas	VAN (€)	TIR (%)	Plazo de recuperación (años)
500/25	2 754 199	10	13
1 000/25	11 503 756	20	7
1 000/50	12 083 849	20	7
1 500/25	20 467 303	23	6
1 500/50	22 876 093	26	5
2 000/25	31 051 703	26	5
2 000/50	31 845 768	26	5
2 500/25	42 010 312	29	5
2 500/50	44 888 257	31	5

Como se puede apreciar, el valor actual neto (VAN) es en las dos alternativas mayor que cero por lo que en un primer momento la inversión es recomendable, aunque es necesario analizar otros parámetros para evaluar la inversión. Si se comparan las alternativas 25 y 50, el VAN es siempre mayor en la de 50, cuya explicación se debe a la existencia de mayores flujos de caja, al ser los costes de producción en dicha alternativa menores.

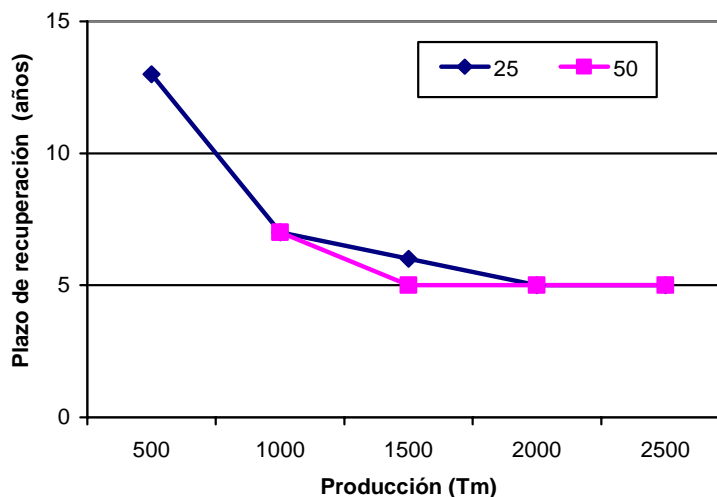
En la Figura 9 se representa la evolución de la Tasa Interna de Rendimiento para las diferentes alternativas. Para la producción de 500 tm, la TIR de la única alternativa estudiada es muy baja, en torno al 10%, mientras que para el resto de producciones se sitúa por encima del 20%. Para la producción de 1 000 tm no hay diferencia entre las alternativas 25 y 50, y lo mismo ocurre con la producción de 2 000 tm. Sin embargo para las producciones de 1 500 tm y de 2 500 tm la situación es diferente, y la alternativa de 50 tiene una mayor TIR respecto a la de 25.

Figura 9. Evolución de la TIR en las diferentes alternativas



Respecto al plazo de recuperación de la inversión (Figura 10), resulta evidente que a medida que aumenta la producción se tarda menos tiempo en recuperar la inversión inicial. Se aprecia una gran reducción del número de años cuando se incrementa la producción de 500 tm a 1 000 tm, pasando de 13 a 7 años, pero a partir de este punto las reducciones son más progresivas y tienden a cierta estabilización, en particular en la alternativa 50 se tarda el mismo tiempo en recuperar la inversión con producciones de 1 500, 2 000 y 2 500 tm.

Figura 10. Evolución de los años de recuperación



Análisis de Sensibilidad

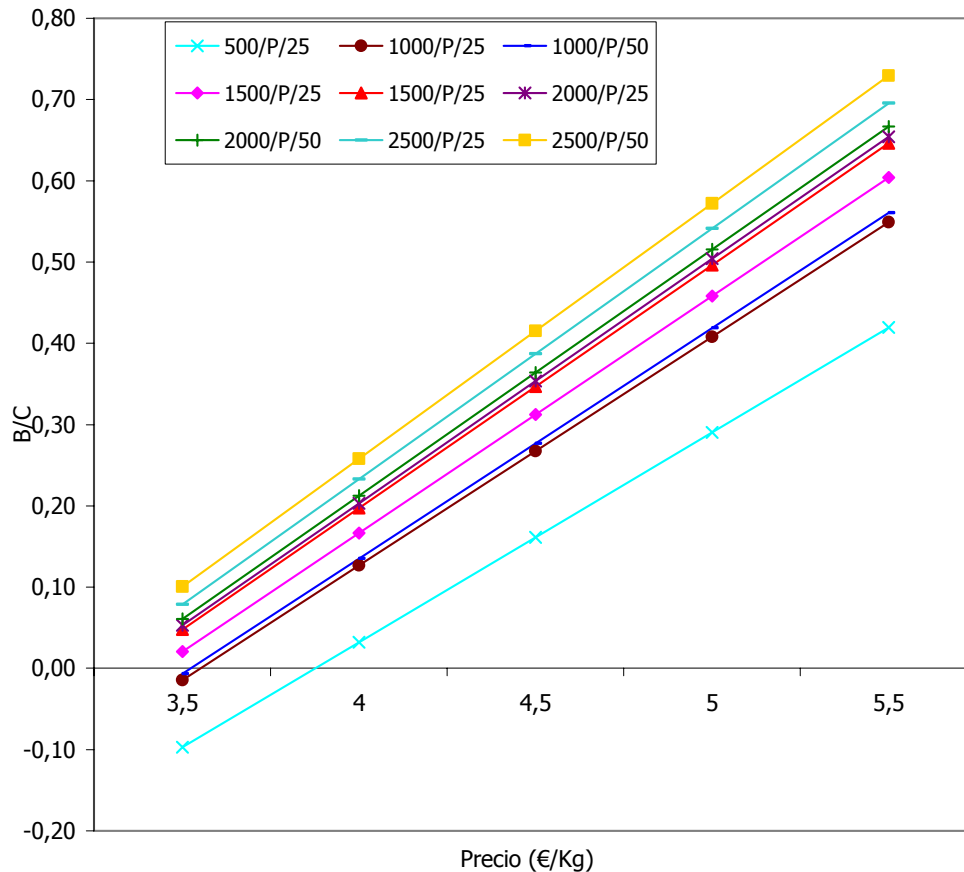
En la Figura 11 se representa el ratio beneficio coste (B/C) en función del precio de venta de la dorada. Se observa el incremento lineal del ratio B/C al aumentar el precio de venta para todas las alternativas. Si el precio de venta baja a 4 €/kg, todas las alternativas mantienen un ratio B/C positivo, aunque para 500 tm es muy bajo. Si la reducción de el precio llega a 3,5 €/kg, las alternativas de producción de 500 y 1 000 tm tienen ratios B/C negativos, y por lo tanto darían pérdidas, y las de 1 500 tm presentan valores cercanos a cero, por lo que solo las alternativas de 2 000 y 2 500 tm anuales mantendrían un aceptable nivel de rentabilidad.

Elección Final de Alternativas

Aunque todas las alternativas son rentables ($VAN > 0$) para el precio de venta considerado de 4,5 €/kg, la alternativa de 500 tm no resulta interesante debido al bajo TIR ($< 10\%$) y al elevado plazo de recuperación (> 12 años), siendo el mínimo volumen de producción recomendable de 1000 tm anuales.

Parece evidente que si se dispone suficiente capital inicial y disponibilidad de capital circulante, la opción más interesante sería incrementar el volumen de producción hasta al menos 2 000 tm, pues ello permite mantener unos beneficios positivos aunque el precio de venta baje hasta 3,5 €/kg.

Respecto al tamaño de las jaulas, aunque para algunas de las alternativas (1 500 y 2 500 tm) las jaulas de 50 m parecen más rentables, debido a la complicación de algunas operaciones de manejo como desdobles, despescas, etc., ya comentadas, sería recomendable emplear jaulas de 25 m, por lo menos hasta que la tecnología de producción facilite dichas operaciones, pues en las producciones de 1 000 y 2 000 tm, la rentabilidad es similar para ambas alternativas.

Figura 11. Sensibilidad del B/C al precio

La comparación de los resultados obtenidos con otros trabajos similares resulta difícil, pues García y cols (2001) estudiaron niveles de producción de 200, 400 y 600 tm. Asimismo, García-Leyva y cols (2001) sólo llegan a 800 tm, para la que citaron un valor de la TIR del 26%, mayor que el 20% obtenido en el presente trabajo para 1 000 tm, aunque las diferencias entre el precio de venta de dichos autores, 5,4-6,0 €/kg en 2001, y el considerado en el presente estudio, 4,5 €/kg en 2004, explicarían dichas discrepancias.

Los resultados citados por Fernández y Jover (2001) para una producción de 1 000 tm, con un ratio beneficio/coste de 39%, estarían igualmente desfasados como consecuencia del precio de venta de la dorada, pues en el presente trabajo se han obtenido valores de 27% para dicho índice.

La conclusión final sería la necesidad de realizar estudios económicos de las granjas marinas considerando la rentabilidad de diferentes alternativas de producción, tamaño de jaulas, manejo, peso de venta, etc., de forma que los empresarios y los gerentes tuvieron herramientas para el adecuado diseño y la correcta planificación de su empresas.

Bibliografía

1. Cho, Y. y D. Bureau (1999). Development of bioenergetic models and the Fish-PrFEQ software to estimate production, feeding, ration and waste output in aquaculture. *Aquatic Living Resources*, 11(4):199-210
2. Fernández, M. y M. Jover (2001). Análisis de la rentabilidad del sistema de producción de doradas en jaulas marinas: comparación entre varias alternativas de tamaño de las jaulas y volumen de producción. *Actas I*

- Congreso Nacional de Ingeniería para la Agricultura y el Medio Natural*. 501-505
3. García-García, J. (2001). *Análisis económico-financiero comparado de dos sistemas de engorde de dorada (Sparus aurata) en el litoral de la región de Murcia*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia
 4. García-García, J., A. Rouco, F. Faraco y B. García-García (2001). Influencia de la capacidad productiva y precio de venta en la evolución de la rentabilidad de las explotaciones de engorde de dorada (*Sparus aurata*) en jaulas flotantes, mediante un análisis de costes. *Actas VIII Congreso Nacional de Acuicultura*. 259-260
 5. Gasca-Leiva, E., C. León, J. Hernández y J.M. Vergara (2001). Análisis bioeconómico del cultivo de la dorada en Canarias y en el Mediterráneo. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 1:55-76
 6. Jover, M., J. Martínez, A. Tomás, A. Moñino, J.A. Gómez, S. Martínez Villaplana y cols (2003a). Análisis económico del crecimiento de la dorada en jaulas marinas con diferentes tasas de alimentación. *Actas VIII Congreso Nacional de Acuicultura*, 259-260
 7. Jover, M., S. Martínez, A. Tomás y L. Perez (2003b). Propuesta metodológica para el diseño de instalaciones piscícolas. *Revista Aquatic*, 19. Disponible en URL: <http://www.revistaaquatic.com>
 8. Martínez, S., A. Tomás, L. Perez y M. Jover (2003). Alternativas de diseño de una granja de truchas: volumen de producción y número de lotes anuales con dos perfiles de temperaturas. *Revista Aquatic*, 19. Disponible en URL: <http://www.revistaaquatic.com>
 9. Moñino, A., A. Tomás, M. Fernández, R. Lázaro, L. Pérez, F.J. Espinós y cols (2002). Estudio del crecimiento, del aprovechamiento nutritivo y de la productividad económica de la dorada alimentada con piensos comerciales de diferente contenido en proteína y lípidos. *Boletín del Instituto Español Oceanografía*, 18:117-127
 10. Tiana, A. (2004). Análisis de costes de producción de la dorada en España y Grecia. *Jornada Dibaq*. Valencia.