

## **Alternativas de diseño de una granja de truchas: volumen de producción y número de lotes anuales con dos perfiles de temperaturas**

Silvia Martínez, Ana Tomás, Luz Pérez, Miguel Jover

Grupo de Investigación en Recursos Acuícolas, Dpto. Ciencia Animal, Univ. Politécnica de Valencia  
Camino de Vera 14, 46022 Valencia (España)  
e-mail: mjover@dca.upv.es

### **Introducción**

---

El diseño de una instalación para la producción de truchas requiere el análisis previo de diferentes alternativas, entre las que cabe destacar la ubicación, el volumen de producción y el número de lotes en los que se organiza la producción anual.

La ubicación depende de los cauces de agua disponibles, y en su elección hay que considerar la temperatura y el caudal del agua. A mayor temperatura, dentro del rango adecuado para la trucha, el crecimiento será más rápido, aunque los tramos fluviales que tienen una temperatura más elevada suelen tener menor calidad de agua, lo que también debe ser tenido en cuenta.

En cuanto al volumen de producción depende de la posibilidad de venta rentable, pero también de la disponibilidad de caudal. Obviamente, para aprovechar economías de escala conviene un alto nivel de producción para permitir una adecuada mecanización y una buena gestión técnica.

El número de lotes en los que se organiza la producción anual depende de la disponibilidad de huevos y alevines a lo largo del año, y en principio, con menor cantidad de lotes se simplifica la gestión, pero la biomasa máxima y el caudal necesario son generalmente mayores. Asimismo, un mayor número de lotes permite una mejora de la comercialización al disponer de peces de tamaño comercial de forma continua.

El objetivo del presente trabajo es evaluar diversas alternativas posibles en el diseño de una granja de trucha arco iris, considerando diferentes temperatura del agua, volumen de producción y número de lotes anuales, y estimando el número de estanques necesario en cada supuesto, la biomasa máxima presente en la instalación y el caudal de agua necesario.

### **Material y métodos**

---

Las diferentes alternativas de producción consideradas son con 500, 1.000 y 1.500 Tm/año, distribuidas en 4 ó 6 lotes anuales y tomando dos perfiles de temperatura diferentes, un perfil con una media anual de 12,1°C (T-12) y otro con una media anual algo más fría de 9°C (T-9) (tabla 1). La suma de las temperaturas efectivas (>3°C) medias mensuales son 276°C y 184°C, respectivamente.

**Tabla 1.** Temperatura media mensual en los dos perfiles de temperatura

	T-9		T-12	
	T °C	Σ°C ef-d	T °C	Σ°C ef-d
<b>Enero</b>	5,8	86,8	8,8	179,8
<b>Febrero</b>	8,7	159,6	11,7	243,6
<b>Marzo</b>	8,6	173,6	11,6	266,6
<b>Abril</b>	9,2	186	12,2	276
<b>Mayo</b>	10,2	223,2	13,2	316,2
<b>Junio</b>	11,2	246	14,2	336
<b>Julio</b>	10,2	223,2	13,2	316,2
<b>Agosto</b>	12,2	285,2	15,2	378,2
<b>Septiembre</b>	10,3	219	13,3	309
<b>Octubre</b>	10,0	217	13,0	310
<b>Noviembre</b>	6,7	111	9,7	201
<b>Diciembre</b>	5,9	89,9	8,9	182,9
<b>Media anual</b>	<b>9,1</b>	<b>185,0</b>	<b>12,1</b>	<b>276,3</b>

La determinación de número de estanques y de los caudales se llevó a cabo siguiendo el método de Jover y col. (2003).

El crecimiento de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) se estimó siguiendo el modelo de Cho y Bureau (1998), empleando un Coeficiente Térmico de Crecimiento (CTC) de 0,00165. Debido a que las temperaturas medias mensuales son variables, las curvas de crecimiento obtenidas fueron diferentes para cada perfil térmico y para cada lote elegido, de forma que el peso comercial se alcanzaba cada tres meses en el caso de 4 lotes al año y cada dos meses en el caso de 6 lotes al año. Para el cálculo de la biomasa se consideró una supervivencia final del 90% de los peces en cada lote.

Se consideraron 3 fases en la producción de trucha, alevinaje de 0,4 a 3 gr, preengorde hasta 20 gr y engorde hasta 250 gr. Las densidades de peces máximas fueron de 5, 15 y 30 Kg/m<sup>3</sup>, y el volumen de los estanques de 15, 75 y 375 m<sup>3</sup>, respectivamente.

El cálculo del caudal necesario se realizó para el mes más desfavorable con máxima biomasa o con mayor temperatura, tomando el caudal mayor. Para ello se emplearon los siguientes parámetros: pH (7,5), concentración mínima de oxígeno (6 mg/l en alevines, 5,5 mg/l en preengorde y 5 mg/l en engorde) y máxima concentración de NH<sub>3</sub> en el agua (0,005 mg/l en alevinaje, 0,075 mg/l en preengorde y 0,01 mg/l en engorde). La tasa de consumo de oxígeno y la producción de amoníaco se obtuvo según Blanco (1995).

## **Resultados y discusión**

Los lotes elegidos y su duración en cada alternativa se pueden observar en las tablas 2 y 3. Evidentemente, las truchas tardan más tiempo en alcanzar el peso comercial con la temperatura T-9 (18 meses) que con la T-12 (13 meses).

**Tabla 2.** Esquema de la producción anual en 6 lotes para los dos perfiles de temperatura

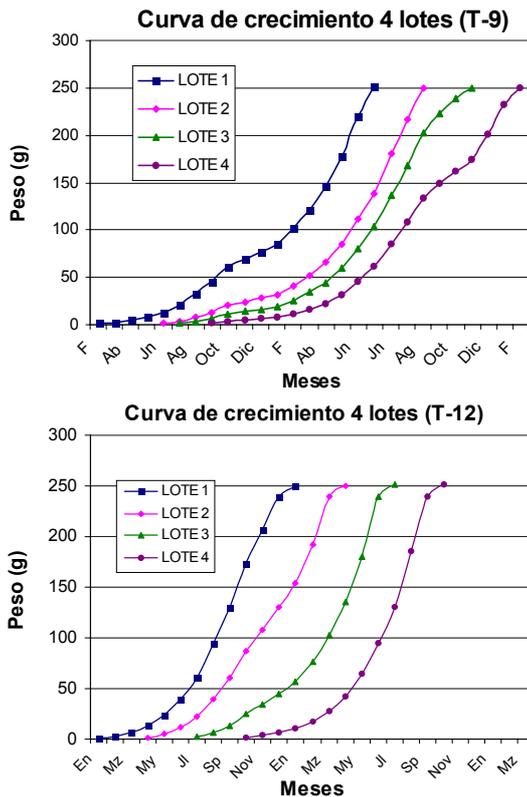
		Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6	Duración
<b>T-9</b>	Inicio	12 - mar	1 - jun	26 - jun	1 - ago	1 - sep	1 - nov	18 meses
	Fin	18 - ago	24 - oct	20 - dic	24 - feb	15 - abr	15 - jun	
<b>T-12</b>	Inicio	1 - ene	1 - mar	1 - may	1 - jul	1 - sep	1 - nov	13 meses
	Fin	10 - ene	6 - mar	7 - may	6 - jul	6 - sep	9 - nov	

**Tabla 3.** Esquema de la producción anual en 4 lotes para los dos perfiles de temperatura

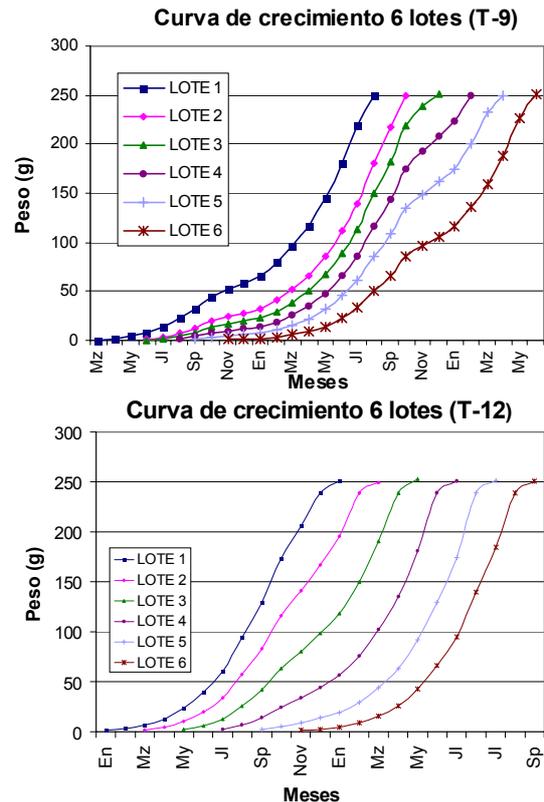
		Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Duración
<b>T-9</b>	Inicio	1 - feb	1 - jun	7 - jul	1 - sep	18 meses
	Fin	23 - jul	24 - oct	20 - ene	15 - abr	
<b>T-12</b>	Inicio	1 - ene	1 - abr	1 - jul	1 - oct	13 meses
	Fin	10 - ene	6 - abr	6 - jul	6 - oct	

En las figuras 1 y 2 se representan las curvas de crecimiento de los lotes elegidos para los dos perfiles de temperaturas considerados.

**Figura 1.** Curvas de crecimiento con el perfil frío de temperatura (T-9) y con el cálido (T-12) en 4 lotes de producción anual



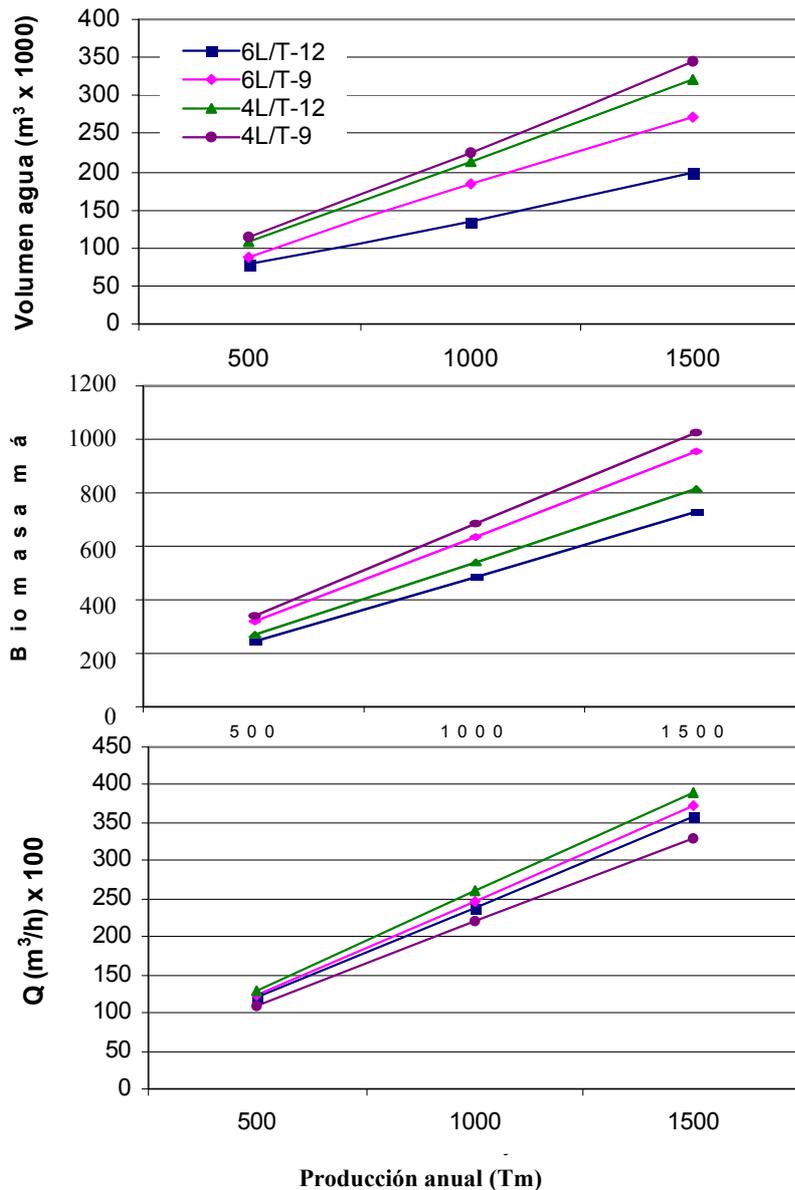
**Figura 2.** Curvas de crecimiento con el perfil frío de temperatura (T-9) y con el cálido (T-12) en 6 lotes de producción anual



Las curvas de crecimiento de las truchas con la temperatura T-12 son bastante similares, mientras que con la temperatura T-9, debido a que algunos lotes crecen durante dos inviernos, las curvas son algo diferentes.

En la figura 3 se representa el volumen de agua y el caudal necesario en la instalación así como la biomasa máxima en cada una de las alternativas de producción. Se observa un claro efecto lineal del volumen de producción en todos los parámetros considerados.

**Figura 3.** Representación del volumen de agua y el caudal necesario en la instalación, así como de la biomasa máxima en cada una de las alternativas de producción



En las tablas 4 y 5 se resumen los resultados del estudio de alternativas. El número de estanques de engorde se incrementa en todas las alternativas de 4 lotes respecto a 6, para todos los volúmenes de producción y las dos temperaturas consideradas. En cambio, el número de estanques de alevinaje y preengorde no sigue esta tendencia debido a la corta duración de las fases.

**Tabla 4.** Parámetros de diseño para las diferentes alternativas con el perfil de temperaturas T-12

	500 Tm		1.000 Tm		1.500 Tm	
	6 lotes	4 lotes	6 lotes	4 lotes	6 lotes	4 lotes
Tanques Engorde	20	26	42	51	63	77
Tanques Preengorde	10	8	21	16	31	24
Tanques Alevinaje	20	21	29	43	43	64
Máxima Biomasa (Tm)	243	271	486	542	729	814
Q (m³/h) sin oxigenación	11.962	13.004	23.923	26.009	35.885	39.013
Q (m³/h) con oxigenación	3.744	3.539	7.487	7.077	11.231	10.616
Kg O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	42	48	84	95	126	143

**Tabla 5.** Parámetros de diseño para las diferentes alternativas con el perfil de temperaturas T-9

	<b>500 Tm</b>		<b>1.000 Tm</b>		<b>1.500 Tm</b>	
	<b>6 lotes</b>	<b>4 lotes</b>	<b>6 lotes</b>	<b>4 lotes</b>	<b>6 lotes</b>	<b>4 lotes</b>
Tanques Engorde	27	30	54	60	83	90
Tanques Preengorde	15	17	29	35	43	53
Tanques Alevinaje	15	15	31	31	45	46
Máxima Biomasa (Tm)	318	342	636	683	954	1025
Q (m <sup>3</sup> /h) sin oxigenación	12.395	11.008	24.789	22.017	37.184	33.025
Q (m <sup>3</sup> /h) con oxigenación	3.049	2.345	6.097	4.690	9.146	7.035
Kg O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	46	43	93	87	100	130

La biomasa máxima estimada en cada alternativa es mayor para la organización en 4 lotes y para cada nivel de producción. Asimismo, las alternativas con un perfil menor de temperaturas (T=9°C) ocasionan una mayor biomasa máxima en comparación con sus homólogos de temperatura mayor (T=12°C) debido a que al tener un ciclo más largo coinciden un mayor número de lotes en la instalación de años consecutivos.

Los caudales máximos se obtienen en el mes de agosto para las alternativas de 6 lotes y en el mes de octubre para 4 lotes. En el perfil de temperaturas T-12, los caudales de las alternativas de 4 lotes son ligeramente mayores que los de 6 lotes, pero en el perfil de temperaturas T-9 ocurre lo contrario, lo cual podría ser debido a que el menor consumo de oxígeno a baja temperatura, no es compensado por el aumento de biomasa a bajas temperaturas.

Se realizó un análisis de regresión lineal múltiple tomando como variable dependiente el volumen de agua, el caudal y la biomasa máxima y como variables independientes el número de lotes (4 y 6), las temperaturas medias anuales (9,1 y 12°C) y el volumen de producción (500, 1.000 y 1.500 Tm). No se obtuvo relación entre el caudal y las variables independientes, pero sí se encontró una relación lineal múltiple estadísticamente significativa entre la biomasa máxima y el número de lotes, las temperaturas medias anuales y el volumen de producción. La ecuación de esta relación lineal es la siguiente:

$$\text{Biomasa (Tm)} = 642,63 - 48,49 \times T^a(\text{°C}) + 0,59 \times \text{Producción(Tm)} - 25,89 \times \text{N}^\circ \text{ lotes}$$

En la tabla 6 se muestran los resultados de la regresión, así como el nivel de significación de cada factor que multiplican a las variables.

**Tabla 6.** Estimación de los factores de las variables, nivel de significación estadística y coeficientes de correlación lineal (r) y de determinación (R<sup>2</sup>) del modelo que relaciona la biomasa con la temperatura, el nivel de producción y el número de lotes

	<b>Estimación</b>	<b>Error estándar</b>	<b>NS</b>	<b>r</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>Constante</b>	642,63	101,02	**		
<b>K (T<sup>a</sup>)</b>	-48,49	7,45	**		
<b>K (Producción)</b>	0,59	0,03	**	0,985	97,86%
<b>K (Nº lotes)</b>	-25,89	11,17	*		
<b>Modelo</b>			**		

\* Indica un  $\alpha < 0,05$

\*\* Indica un  $\alpha < 0,01$

Como se puede observar, la biomasa máxima en la instalación será mayor a medida que aumenta el nivel de producción y disminuye conforme aumenta en número de

lotes y la temperatura media anual, siempre que se calculen dentro de los rangos escogidos para realizar la regresión.

También se encontró una relación lineal múltiple estadísticamente significativa, entre el volumen total de agua de estanques necesario en la instalación y el número de lotes y el volumen de producción. No se observó ningún efecto lineal de la temperatura media anual sobre el volumen de agua. La ecuación de esta relación lineal es la siguiente:

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = 15.661,3 + 18,77 \times \text{Producción (Tm)} - 3.085 \times \text{N}^\circ \text{ lotes}$$

En la tabla 7 se muestran los resultados de la regresión, así como el nivel de significación de cada factor que multiplican a las variables.

**Tabla 7.** Estimación de los factores de las variables, nivel de significación estadística y coeficientes de correlación lineal (r) y de determinación (R<sup>2</sup>) del modelo que relaciona el volumen de agua con el nivel de producción y el número de lotes.

	Estimación	Error estándar	NS	r	R <sup>2</sup>
<b>Constante</b>	15.661,3	4.506	**		
<b>K (Producción)</b>	18,77	1,95	**	0,922	90,56%
<b>K (Nº lotes)</b>	-3.085	796,60	**		
<b>Modelo</b>			**		

\* Indica un  $\alpha < 0,05$

\*\* Indica un  $\alpha < 0,01$

A partir de los resultados obtenidos se puede adecuar el volumen de producción al caudal de agua disponible y estimar el coste de construcción de los estanques.

Este tipo de estudio de alternativas puede ser útil para realizar anteproyectos o estudios previos aunque sería necesario ampliar el rango de temperaturas y lotes para mejorar la fiabilidad de las regresiones.

## Bibliografía

1. Blanco, M.C. (1995). La Trucha. Cría Industrial. 503 pp. Ed. Mundi-Prensa. ISBN 84-7114-504-9
2. Cho, Y. y Bureau, D. (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
3. Jover M., Martínez, S., Tomás, A. y Pérez L. (2003). Propuesta metodológica para el diseño de instalaciones piscícolas. Revista AquaTIC, 19 URL: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=168>