



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica  
y del Medio Natural

Evaluación económica y ambiental de diferentes  
alternativas de diseño de una granja de trucha arcoíris  
(*Oncorhynchus mykiss*).

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

AUTOR/A: Piera Álvarez, Joan

Tutor/a: Martínez Llorens, Silvia

Cotutor/a: Jover Cerdá, Miguel

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agronòmica  
y del Medi Natural

Evaluación económica y ambiental de diferentes  
alternativas de diseño de una granja de trucha arcoíris  
(*Oncorhynchus mykiss*. Walbaum, 1792).

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

**Documento 1: Memoria**

AUTOR/A: Piera Álvarez, Joan

Tutor/a: Martínez Llorens, Silvia

Cotutor/a: Jover Cerdá, Miguel

CURSO ACADÉMICO: 2023-2024

## LISTADO DE ABREVIATURAS

CD	Coeficiente de Digestibilidad
$^{\circ}\text{C}_{\text{ef}}$	Temperatura efectiva
CTE	Código Técnico de Edificación
D	Diámetro
D mín	Diámetro mínimo
DN	Diámetro Nominal
D Teo	Diámetro teórico
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
IC	Índice de conversión
L	Longitud
N	Nitrógeno
$\text{NH}_3$	Amoníaco
S	Superficie
$\text{O}^2$	Oxígeno
P	Fósforo
Pdte	Pendiente
PE-X	Polietileno reticulado
Pf	Peso final
Pi	Peso inicial
q / Q	Caudal
TAD	Tasa de Alimentación Diaria
UD	Unidades de desagüe
UE	Unión Europea
V	Velocidad

## RESUMEN

Actualmente en España conviven dos especies de trucha, la común (*Salmo trutta*, de acuerdo con Linnaeus, 1758) y la especie invasora americana, la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*, de acuerdo con Walbaum, 1792). La producción y comercialización de la trucha común en España es pequeña, sin embargo, la trucha arcoíris en 2016 alcanzó valores de producción de 17.732 toneladas, situándose la tercera especie más producida en España por detrás del mejillón (unas 224.000 toneladas) y de la lubina (23.445 toneladas). Además, es la segunda especie de peces más producida a nivel europeo y también la segunda especie con mayor valor económico a nivel europeo después del salmón. En cuanto a la producción acuícola, el 70% se realiza en agua dulce, alcanzando en poco más de 10 meses el tamaño ración (300 g) desde su eclosión.

Por otra parte, el río Tuéjar+ se sitúa en la Comunidad Valenciana, perteneciendo a la cuenca hidrográfica del Júcar. Es un afluente del río Turia que desemboca en el mar Mediterráneo y nace en el término municipal de Tuéjar (600 m de altitud sobre el nivel del mar). Tiene una longitud de unos 22 km y una superficie de la cuenca de unos 430 km<sup>2</sup>. Este río se considera idóneo para la producción de truchas debido a que durante la mayor parte del año se encuentra por encima de la temperatura efectiva de la especie, necesaria para su desarrollo, así como por contar con un caudal suficiente para proveer la explotación si esta cuenta con métodos de oxigenación del agua.

En el presente proyecto se ha realizado una propuesta de diseño de piscifactoría de circuito abierto, partiendo del día 0 del mes 1, con peces de un peso medio 0,4 g y un CTC establecido por tramos de crecimiento, distribuyendo la producción en 4 lotes anuales, con un peso medio objetivo de 800 g, y alimentando con un pienso standard. Se evaluaron dos alternativas diferentes en el diseño de la granja de trucha arco iris, realizándose dos diseños diferentes; uno manteniendo las condiciones de un sistema abierto convencional y un segundo con recirculación de agua, con el objetivo de reducir la cantidad de residuos generados y el consumo de agua, disminuyendo así el posible impacto ambiental que dicha explotación pueda conllevar. De esta forma, se estimaron las cantidades de los residuos generados y el agua empleada para cada una de las alternativas, así como los métodos de depuración y eliminación de residuos de cada una de dichas alternativas.

El trabajo se complementó a su vez con un paquete de datos económicos de costes, tanto de construcción de la infraestructura como de producción y amortización futura, necesarios para realizar el balance Beneficio/Coste. El estudio también incluyó el tiempo

de amortización y una simulación de la actividad económica para los años futuros con ratio beneficio coste.

Finalmente, se calcularon las estructuras principales y esfuerzos de una cubierta destinada a resguardar los animales en la fase inicial de su desarrollo, así como de una nave complementaria a la explotación, para la cual también se dimensionaron las redes de fontanería y saneamiento.

Como conclusión, la alternativa de mantener el diseño con las condiciones propias de un sistema abierto requiere de una menor inversión inicial. Sin embargo, la opción de recircular el agua genera una menor cantidad de residuos y un menor consumo de agua, siendo la alternativa preferente en el caso de que se priorice reducir el impacto ambiental de la explotación, aunque implique una mayor inversión y riesgo económico.

#### **PALABRAS CLAVE**

Diseño zootécnico; piscifactoría de truchas; Sistema abierto en acuicultura; Rentabilidad de la producción; Estimación de residuos

## RESUM

Actualment a Espanya conviuen dues espècies de truita, la comuna (*Salmo trutta*, d'acord amb Linnaeus, 1758) i l'espècie invasora americana, la truita irisada (*Oncorhynchus mykiss*, d'acord amb Walbaum, 1792). La producció i comercialització de la truita comuna a Espanya és reduïda. En canvi, la truita irisada va assolir en 2016 valors de producció de 17.732 tones, situant-se com la tercera espècie més produïda a Espanya darrere de la clòtxina (unes 224.000 tones) i del llobarro (23.445 tones). A més, és la segona espècie de peixos més produïda a nivell europeu, i la segona espècie amb major valor econòmic a nivell europeu després del salmó. Pel que fa a la producció aqüícola, el 70% es realitza en aigua dolça, arribant en poc més de 10 mesos a la mida de ració (300 g) des de la seua eclosió.

El riu Tuéjar es situa a la Comunitat Valenciana i pertany a la conca hidrogràfica del Xúquer. És un afluent del riu Túria que desemboca en la mar Mediterrània i naix en el terme municipal de Tuéjar (600 m d'altitud sobre el nivell del mar). Té una longitud d'uns 22 km i una superfície de la conca d'uns 430 km<sup>2</sup>. Aquest riu es considera idoni per a la producció de truita perquè durant la major part de l'any es troba per damunt de la temperatura efectiva de l'espècie, necessària per al seu desenvolupament, així com per comptar amb un cabal suficient per proveir l'explotació, sempre que aquesta compte amb mètodes d'oxigenació de l'aigua.

En el present projecte s'ha realitzat una proposta de disseny de piscifactoria de circuit obert, partint del dia 0 del mes 1, amb peixos d'un pes de partida mitjà de 0,4 g i un CTC establert per trams de creixement, distribuint la producció en 4 lots anuals, amb un pes mitjà objectiu de 800 g, i alimentant amb un pinso estàndard. S'han avaluat dues alternatives diferents en el disseny de la granja de truita irisada, realitzant-se dos dissenys diferents; el primer, mantenint les condicions d'un sistema obert convencional, i el segon, amb recirculació d'aigua, amb l'objectiu de reduir tant la quantitat de residus generats com el consum d'aigua, disminuint així el possible impacte ambiental que aquesta explotació pugui provocar. D'aquesta manera, s'han estimat les quantitats dels residus generats i l'aigua emprada per a cadascuna de les alternatives, així com els mètodes de depuració i eliminació de residus de cadascuna d'aquestes alternatives.

El treball s'ha complementat amb un paquet de dades econòmiques de costos, tant de construcció de la infraestructura com de la producció i amortització futura, necessaris per

realitzar el balanç Benefici/Cost. L'estudi també inclou el temps d'amortització i una simulació de l'activitat econòmica per als anys futurs amb ràtio benefici/cost.

Finalment, s'han calculat les estructures principals i esforços d'una coberta destinada a resguardar els animals en la fase inicial del seu desenvolupament, així com d'una nau complementària a l'explotació, per a la qual també s'han dimensionat les xarxes de fontaneria i sanejament.

Com a conclusió, l'alternativa de mantindre el disseny amb les condicions pròpies d'un sistema obert requereix d'una menor inversió inicial. Així mateix, l'opció de recircular l'aigua genera una quantitat de residus i un consum d'aigua més reduïts, sent l'alternativa preferent en el cas que es prioritze reduir l'impacte ambiental de l'explotació, encara que impliqui una major inversió i risc econòmic.

**PARAULES CLAU:**

Disseny zootècnic, Piscifactoria de truites, Sistema obert en aquicultura, Rentabilitat de la producció, Estimació de residus

## SUMMARY

Currently, there are two species of trout coexisting, the common trout (*Salmo trutta*, according to Linnaeus, 1758) and the invasive American species, known as the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, according to Walbaum, 1792). The production and commercialization of common trout in Spain is small. However, rainbow trout reached production values of 17,732 tons in 2016, making it the third most produced species in Spain behind mussels (around 224,000 tons) and sea bass (23,445 tons). Moreover, it is also the second most produced fish species in Europe, as well as the second species with the highest economic value in Europe, right after salmon. As for aquaculture production, 70% is carried out in freshwater, reaching the ration size (300 g) in just over 10 months since hatching.

On the other hand, the Tuéjar River is located in the Valencian Community, belonging to the Júcar river basin. It is a tributary of the Turia River that flows into the Mediterranean Sea and originates in the municipality of Tuéjar (600 m above sea level). It has a length of about 22 km and a basin area of about 430 km<sup>2</sup>. This river is considered ideal for trout production because, for most of the year, is above the effective temperature for the species' development, as well as having sufficient flow to support the operation as long as the water oxygenation methods are used.

In this project, a proposal for an open circuit fish farm design has been made, starting from day 0 of month 1, with fish weighing an average of 0.4 g and a CTC established by growth stages, distributing production into 4 annual batches, with an average target weight of 800 g, and feeding them with standard feed. Two different alternatives were evaluated in the design of the rainbow trout farm, with one maintaining the conditions of a conventional open system and a second one with water recirculation, aiming to reduce the amount of waste generated as well as its water consumption, thus decreasing the potential environmental impact of the farm. In this way, the amounts of waste generated and water used for each of the alternatives were estimated, as well as the purification and waste elimination methods for each of these alternatives.

The work was complemented with an economic cost data package, both for the construction of the infrastructure and production and future amortization, necessary to carry out the Cost/Benefit analysis. The study also included the amortization time and a simulation of economic activity for future years with a benefit-cost ratio.

Finally, the main structures and efforts of a cover intended to protect the animals in the initial phase of their development were calculated, as well as a complementary building to the operation, for which plumbing and sanitation networks were also dimensioned.

In conclusion, the alternative of maintaining the design with the conditions of an open system requires a lower initial investment. However, the option of recycling water generates less waste and lower water consumption, being the preferred alternative if prioritizing reducing the environmental impact of the farm, even if it implies a higher investment and economic risk.

### **KEYWORDS**

Zootechnical design, Trout fish farm, Open system in aquaculture, Production profitability, Waste estimation

# Índice

1. Antecedentes .....	1
1.1. Producción acuícola.....	1
1.1.1. Producción acuícola mundial.....	1
1.1.2. Producción acuícola mundial de carácter continental.....	3
1.1.3. Producción acuícola europea.....	4
1.1.4. Producción acuícola europea de carácter continental .....	6
1.1.5. Producción acuícola española .....	6
1.1.6. Producción acuícola española de carácter continental .....	6
1.2. Trucha arcoíris .....	7
1.3. Sistemas de producción .....	8
1.4. Impacto ambiental .....	10
2. Objetivos del proyecto .....	12
3. Normativa .....	13
4. Material y métodos .....	13
4.1. Alternativas.....	14
4.2. Estimación de curvas de crecimiento.....	15
4.3. Selección de lotes y plan de producción .....	15
4.4. Alimentación.....	15
4.5. Producción de residuos .....	16
4.6. Estimación de caudales y necesidades de oxígeno .....	16
4.7. Dimensionado de otros elementos.....	17
4.8. Evaluación económica .....	18
5. Localización .....	18
6. Planificación de la explotación .....	19
6.1. Gestión de lotes .....	19
6.2. Gestión de tanques .....	20
6.3. Caudales y necesidades de oxígeno.....	21
6.4. Consumo anual de pienso .....	24
6.5. Desechos.....	25
6.6. Elementos de filtrado .....	27
6.7. Elementos adicionales.....	28
6.8. Distribución nave complementaria.....	29
7. Evaluación económica.....	31

7.1.	Presupuestos .....	31
7.2.	Costes anuales de producción.....	33
7.3.	Proyección a 25 años.....	34
8.	Conclusiones .....	36
9.	Construcción .....	39
9.1.	Cimentación .....	39
9.2.	Cerchas .....	41
9.2.1.	Celosías .....	41
9.2.2.	Pilares .....	43
9.3.	Muro hastial .....	43
9.3.1.	Pilares .....	43
9.3.2.	Dintel .....	43
9.4.	Correas.....	44
10.	Instalaciones hidráulicas.....	44
10.1.	Fontanería .....	44
10.1.1.	Agua fría .....	45
10.1.2.	Agua caliente.....	47
10.2.	Red de saneamiento.....	48
11.	Bibliografía.....	52

## Índice de Tablas:

<i>Tabla 1. Principales especies producidas mediante acuicultura en el mundo en 2021 y tasa de variación anual. Fuente: APROMAR, 2023 a partir de FAO, 2021. ....</i>	<i>3</i>
<i>Tabla 2. Principales especies producidas mediante acuicultura en la Unión Europea, por toneladas, en 2021. Fuente: APROMAR, 2023 a partir de FAO, 2021. ....</i>	<i>5</i>
<i>Tabla 3. Clasificación taxonómica de la trucha arcoíris. Fuente: Elaboración propia a partir de Camacho et al, (2000). ....</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 4. Clasificación y características de sistemas en función de la densidad de producción. Fuente: Jover et al (2002). ....</i>	<i>9</i>
<i>Tabla 5. Lotes seleccionados. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 6. Tipos de locales y dimensiones. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 7. Número de tanques de la explotación. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 8. Caudales necesarios para la explotación. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 9. Necesidades de agua para el caudal de renovación. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 10. Cantidades de alimento estimadas (kg / año). Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 11. Superficie de maya requerido para cada drumfilter. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 12. Dimensiones de cada biofiltro. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 13. Coste total y amortización anual (25 años) de la Obra Civil de la explotación. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 14. Coste total y amortización anual (12,5 años) de los Equipos de la explotación. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 15. Costes y presupuestos de las alternativas de diseño de la explotación. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 16. Costes de producción anuales de la explotación. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 17. Evolución de flujos de la explotación para opción de un circuito abierto. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 18. Evolución de flujos de la explotación para opción de recircular el agua. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 19. VAN y TIR para las diferentes alternativas de la explotación. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 20. Comparación aspectos económicos de las diferentes alternativas. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 21. Dimensiones zapatas cubierta Alevinaje. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 22. Dimensiones zapatas Nave Complementaria. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 23. Axiles, perfiles y comprobaciones celosía Cubierta Alevinaje. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 24. Axiles, perfiles y comprobaciones Celosía Nave Complementaria. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 25. Elementos de la red de agua fría y caudales requeridos. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>45</i>

<i>Tabla 26. Red de agua fría: Diámetros, caudales y velocidades. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 27. Elementos de la red de agua caliente y caudales requeridos. Fuente: Elaboración propia. .....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 28. Red de agua caliente: Diámetros, caudales y velocidades. Fuente: Elaboración propia. .</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 29. Red de pluviales: DN Canalones y bajantes. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 30. Red de pluviales: DN, longitudes y pendiente de colectores pluviales. ....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 31. Red de pluviales: Dimensiones de arquetas. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 32. Red aguas negras: DN ramales individuales.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 33. Red aguas negras: DN y pendientes colectores horizontales. Fuente: Elaboración propia. .....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 34. Red aguas negras: Dimensiones arquetas. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 35.Red mixta: Dimensiones arquetas. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	<i>51</i>

## Índice de Figuras:

Figura 1. Evolución de la producción acuática mundial (Acuicultura más pesca). Fuente: APROMAR. 2023 a partir de FAO, 2021. ....	2
Figura 2. Distribución de la acuicultura por continentes. Fuente: APROMAR. 2023 a partir de FAO, 2021.....	2
Figura 3. Evolución de la producción total de la acuicultura y pesca. UE entre 1951 y 2021 en millones de toneladas. Fuente: APROMAR, 2023 a partir de FAO, 2021. ....	4
Figura 4. Distribución de la producción de acuicultura en los Estados miembros de la Unión Europea (27) por su cantidad (toneladas) y valor (millones de euros) en 2021. Fuente: APROMAR, 2023 a partir de FAO, 2021. ....	5
Figura 5. Producción de acuicultura global de <i>Oncorhynchus mykiss</i> (FAO Estadísticas pesqueras). Fuente: APROMAR, 2023 desde FAO, 2021. ....	8
Figura 6. Esquema material y métodos empleados. Fuente: Elaboración propia.....	14
Figura 7. Simulaciones curvas de crecimiento (g) lotes mensuales. Fuente: Elaboración propia....	20
Figura 8. Necesidades de oxígeno mensuales de la explotación. ....	23
Figura 9. Necesidades de oxígeno de la explotación en recirculación de agua. Fuente: Elaboración propia. ....	24
Figura 10. Cantidad de residuos de nitrógeno generados en la explotación, expresada en kg producidos al año. Fuente: Elaboración propia. ....	25
Figura 11. Cantidad de residuos de fósforo generados en la explotación, expresada en kg producidos al año. Fuente: Elaboración propia. ....	26
Figura 12. Residuos sólidos (kg) liberados al medio. Fuente: Elaboración propia. ....	26
Figura 13. Residuos sólidos generados y liberados al cauce del río para alternativas de recirculación de agua. Fuente: Elaboración propia. ....	27
Figura 14. Distribución en planta Nave Complementaria. Fuente: Elaboración propia. ....	30
Figura 15. Evolución temporal de las ganancias de la explotación para la alternativa de establecer un circuito abierto convencional. Fuente: Elaboración propia. ....	34
Figura 16. Evolución temporal de las ganancias de la explotación para la alternativa de recircular el agua en un circuito abierto convencional. Fuente: Elaboración propia.....	35
Figura 17. Comparación necesidades mensuales de agua para el conjunto de la explotación, expresadas en m <sup>3</sup> /h. Fuente: Elaboración propia. ....	36
Figura 18. Comparación necesidades mensuales de oxígeno del conjunto de la explotación, expresadas en kg/h. Fuente: Elaboración propia. ....	37
Figura 19. Comparación evacuación mensual de residuos sólidos de la explotación, expresado en kg producidos al mes. Fuente: Elaboración propia. ....	37
Figura 20. Esquema alzado, planta y perfil de una zapata. Fuente: Elaboración propia.....	40
Figura 21. Esquema media celosía Cubierta Alevinaje. Fuente: Elaboración propia. ....	42
Figura 22. Esquema media celosía Nave Complementaria.....	42

## Resumen ejecutivo

### 1. IDENTIFICAR

#### 1.1. Planteamiento de problema y oportunidad

Las explotaciones acuícolas generan mediante sus actividades productivas una serie de impactos ambientales, entre los que destacan el vertido de residuos al medio (tanto particulados como excretados), así como de químicos y antibióticos empleados en los diversos tratamientos a los que se someten los animales.

Además, también pueden originar una serie alteraciones de los ecosistemas en los que dichas explotaciones se encuentran (ya sea por la fuga de especies producidas o por la atracción de especies salvajes), o incluso afectar al correcto desarrollo de actividades como la pesca productiva y el turismo, por ejemplo.

Debido al reto que suponen estos impactos para la acuicultura, se debe fomentar aquellas iniciativas de investigación y/o innovación que pretendan aumentar la eficiencia y productividad de los sistemas de producción, así como reducir el impacto generado por estas explotaciones.

#### 1.2. Restricciones

Respecto a las diferentes restricciones del proyecto, se parte de la premisa de que la explotación diseñada contará con una vida útil de 25 años para la explotación y de 12,5 años para la maquinaria específica (de forma que esta última se renovará transcurrido dicho período). Además, se persigue que la rentabilidad de esta supere un valor del 30 %.

En cuanto al crecimiento y desarrollo de los animales de la explotación, estos se verán afectados por la temperatura efectiva de la especie a producir, que en el caso de la trucha arcoíris se encuentra en los 3 C°. De esta forma, el crecimiento de los peces se verá afectado por la temperatura del río, ya que, al no presentar elementos de calentamiento de agua, estas deberán sobrepasar la temperatura efectiva para permitir el crecimiento de los animales. De forma similar, la explotación también se verá limitada por el caudal natural del río para satisfacer sus necesidades de caudal mensuales, pudiendo emplear solo el 80 % del caudal máximo del río.

Además, como último aspecto a tener en cuenta respecto a los animales, se establece la división de su ciclo productivo en tres etapas según el peso alcanzado (alevinaje, pre engorde y engorde). Para cada una de estas etapas se asignará un tipo de tanque distinto, además de un valor diferente para la densidad máxima de animales por local.

Finalmente, para el dimensionado de las estructuras complementarias de la explotación del proyecto, así como de las redes de fontanería y saneamiento de dichas estructuras se seguirán las indicaciones y restricciones establecidas por el Código Técnico de la Edificación (CTE), y más concretamente:

- Código Técnico de la Edificación.
- Código Técnico de Edificación HS 4: Suministro de aguas.
- Código Técnico de Edificación HS 5: Evacuación de aguas.

### **1.3. Establecimiento objetivos**

El objetivo del presente proyecto consiste en la evaluación, tanto desde el punto de vista del impacto ambiental como económico de un diseño para una granja acuícola de producción de trucha arcoíris en sistema abierto.

Se pretende establecer así una comparación, desde ambas perspectivas, de las diferentes opciones planteadas a lo largo del proyecto, permitiendo así establecer la alternativa de mayor interés para cada enfoque.

Al consistir en el diseño de las diferentes alternativas para una piscifactoría de sistema abierto, el proyecto se encuentra situado en el ámbito de las Explotaciones Agropecuarias, ya que dentro de las principales competencias a adquirir en el trabajo se encuentran: “Sistemas de producción, protección y explotación animal”, “Construcciones agropecuarias” y “Técnicas de producción animal”.

## **2. FORMULAR**

### **2.1. Generación de soluciones creativas**

Para evaluar y comparar las opciones expuestas en el proyecto, será necesario realizar el diseño zootécnico de dicha explotación, ubicada en el municipio de Calles, Valencia.

La granja tomará el agua para suministrar los tanques, en los que se encontrarán los peces, del río Tuéjar.

El objetivo productivo de la explotación será alcanzar un volumen de producción de 500 toneladas. Esta producción se divide en cuatro lotes, distribuidos de forma uniforme a lo largo del año.

Se empezará dicha producción con un peso medio de 0,4 gramos (g) y se pretende alcanzar un peso final de 800 g.

A lo largo del proyecto se establecerá la planificación de la producción, así como la distribución en planta de sus diferentes instalaciones y canales.

Además, se calcularán también las dimensiones, materiales empleados y esfuerzos de las estructuras tanto de una cubierta principal, destinada a resguardar los tanques empleados para los peces de peso más reducido, como de una nave complementaria.

Por último, se diseñarán las redes de fontanería y saneamiento únicamente de la nave complementaria, ya que la cubierta de alevinaje no requiere del uso de agua corriente.

## **2.2. Evaluación de múltiples soluciones y toma de decisiones**

En cuanto a las alternativas propuestas, se evaluarán las opciones descritas a continuación.

En primer lugar, el diseño de una granja de sistema abierto convencional, en el cual el agua captada del río solo circulará una vez por las instalaciones, y cuyo elemento principal de depuración del agua consistirá en una balsa de sedimentación.

La segunda opción consiste en recircular parte del agua, de forma que solo el 10 % del agua presente en las instalaciones se irá renovando de forma diaria. Se busca así reducir tanto el consumo de agua como la producción de residuos, empleando, además de la balsa de sedimentación, otros sistemas para la eliminación de residuos, como biofiltros y filtros de sólidos (Drumfilter).

## **3. RESOLVER**

### **3.1. Cumplimiento de objetivos**

Tras realizar el diseño de la explotación para ambas alternativas planteadas, además del cálculo de los presupuestos y los otros datos económicos, se puede establecer que la opción de un sistema abierto con recirculación de agua presenta un mayor interés desde el punto de vista ambiental. Esto se debe tanto a que requiere un menor consumo de agua

como a que libera al medio una menor cantidad de residuos que la alternativa de un sistema abierto convencional.

Sin embargo, tomando como enfoque la evaluación económica, la alternativa del sistema abierto convencional cobra una mayor importancia, debido a que el presupuesto inicial de esta requiere una menor inversión, debido en gran parte al elevado coste de los diferentes elementos de filtrado requeridos para la opción de recircular el agua. Debido a este incremento en el gasto inicial, el sistema abierto convencional presentará un coste unitario y un valor a amortizar inferior a la alternativa de recircular el agua, además de una mayor rentabilidad.

Finalmente, la selección de una opción u otra se basará en los criterios que se decidan priorizar a la hora de llevar en adelante el proyecto, ya sea reducir el impacto ambiental generado por la explotación, en cuyo caso se optará por el diseño que permite recircular el agua, o minimizar la inversión inicial realizada para establecer la explotación, escogiendo así el sistema abierto convencional.

### **3.2. Impacto global y alcance**

Tal y como se expone en el apartado anterior, la alternativa de un sistema abierto con recirculación de agua genera un menor impacto ambiental (reduciendo tanto el consumo de agua como los residuos vertidos) a cambio de una inversión inicial más elevada y de un mayor riesgo económico.

Esto permite valorar la opción de emplear este tipo de sistema para el diseño de explotaciones acuícolas, tomando en cuenta que se deberán emplear medidas para cubrir dicho incremento de la inversión, como, por ejemplo, sopesar la posibilidad de aumentar el precio de venta de la producción en búsqueda de una mayor rentabilidad.

También se deberían comparar la producción, rentabilidad e impacto de este tipo de explotación con granjas acuícolas de sistema cerrado (RAS), ya que, a pesar de también requerir una mayor inversión inicial, este tipo de explotación permitirá acortar los ciclos de producción al presentar equipos de calentamiento de agua. De esta forma se reducirían los gastos en cuanto a cantidad de tanques, consumo de pienso, caudales de agua y oxígeno requerido.

## Relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030

A continuación, se describe la alineación del Trabajo Final de Grado (TFG) con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 con los que comparte un mayor grado de relación:

- ODS 6. Agua limpia y saneamiento:

Dentro de las alternativas exploradas en el presente proyecto se dimensionan diversos elementos de filtración del agua (balsas de sedimentación, filtros de sólidos y biofiltros), con el objetivo de reducir la cantidad de residuos que son vertidos al medio, así como de reducir el consumo de agua y proteger el ecosistema en el que se encuentra ubicada la explotación (en este caso el río Tuéjar).

- ODS 12. Producción y consumos responsables:

Tal y como se ha expuesto en el apartado anterior, al plantear diversas alternativas para la explotación diseñada en el proyecto, se ha tratado de explorar opciones para reducir la generación de desechos y garantizar el uso eficiente de los recursos naturales que emplea dicha explotación, siendo en este caso el agua del río tomada para alimentar los tanques de la granja.

- ODS 13. Acción por el clima:

En el proyecto se ha planteado una alternativa a las piscifactorías de sistema abierto convencional, buscando así reducir el impacto ambiental de este tipo de explotación como a medida frente al cambio climático, mediante una planificación, diseño y gestión que permita reducir tanto los residuos generados como el consumo de agua.

- ODS 14. Vida submarina:

A lo largo del proyecto se exponen los diversos impactos que el desarrollo de la acuicultura puede ocasionar sobre medios tanto de agua salada como de agua dulce, motivo por el cual se han planteado las alternativas del proyecto, persiguiendo así reducir el impacto de la explotación diseñada sobre estos ecosistemas.

# 1. Antecedentes

## 1.1. Producción acuícola

La acuicultura viene definida por la Real Academia Española como “Técnica del cultivo o producción de especies acuáticas vegetales y animales, respectivamente, a su vez es el conjunto de técnicas y conocimientos relativos a la producción de especies acuáticas”.

Además, esta también comprende el análisis y estudio de diversos sistemas de producción con el objetivo de optimizar su rendimiento para la obtención de productos para consumo. También cabe destacar otras finalidades de las actividades acuícolas como lo son la recuperación de especies y la acuicultura de repoblación, la producción de especies para la pesca deportiva y la acuariofilia.

### 1.1.1. Producción acuícola mundial

La demanda de productos de origen acuícola se ha incrementado durante los últimos años debido a un constante crecimiento demográfico, así como a una creciente demanda social de productos más saludables y con un alto valor nutritivo. Se logra el cumplimiento de dicha demanda mediante la suma de la producción de actividades acuícolas y productos de origen pesquero.

Desde la década de los 80 la producción acuícola ha ido cobrando una mayor importancia en el suministro de pescado para la satisfacción de la demanda de la población, mientras que el volumen de productos obtenidos a partir de capturas ha mantenido cierta estabilidad.

Según los datos más recientes proporcionados por la FAO (correspondientes al año 2021), el conjunto de la acuicultura y la pesca generaron una producción acuática mundial de 218,4 millones de toneladas, logrando así un incremento del 2,0 % respecto a la producción del año anterior. Las actividades acuícolas generaron más de la mitad de dicha producción, alcanzando los 126 millones de toneladas (un 57,7 %).

Tomando en cuenta los valores productivos de los últimos 30 años, la producción acuática conjunta ha aumentado a un ritmo medio anual del 2,5 %, superando así el ritmo crecimiento de la población mundial, que se encuentra en un 1,0 % según los datos del año 2020 del Banco Mundial (APROMAR, informe acuicultura, 2023).

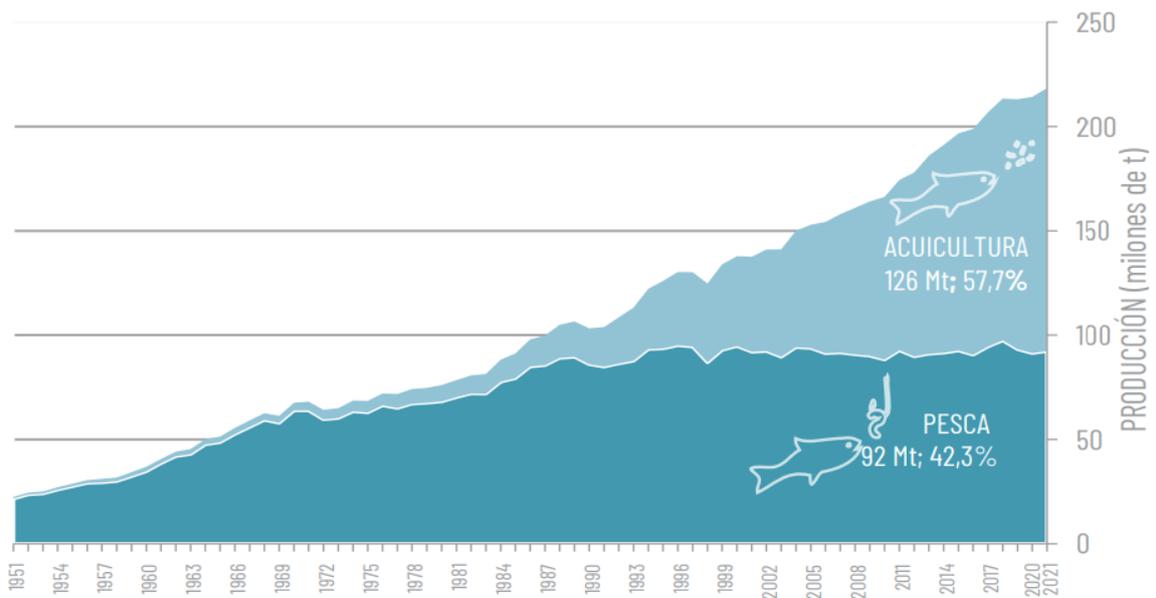


Figura 1. Evolución de la producción acuática mundial (Acuicultura más pesca). Fuente: APROMAR. 2023 a partir de FAO, 2021.

En la Figura 2 se muestran los distintos porcentajes de la producción mundial por continentes, siendo Asia el continente con un mayor valor de producción (91,5 %), seguido por América (3,6 %), Europa (2,9 %), África (1,9 %) y en último lugar Oceanía (0,2 %).

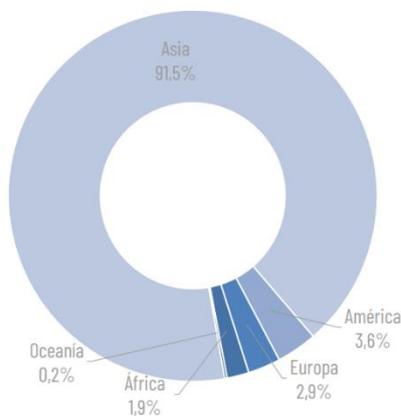


Figura 2. Distribución de la acuicultura por continentes. Fuente: APROMAR. 2023 a partir de FAO, 2021.

La acuicultura se realiza en todos los países, aunque no en la misma medida, logrando solamente aquellos que invierten de forma estratégica, progresos de carácter notorio. De esta forma los 10 países con una mayor producción acuícola incrementaron su producción en el año 2021 en un 2,8 % respecto al año anterior, generando 113,6 millones de toneladas, es decir, un 90,1 % de la producción global acuícola. De este listado China destaca como principal productor, generando 72,8 millones de toneladas en el año 2021, el equivalente a un 57,7 % de la producción mundial (FAO, 2017).

En cuanto las especies más producidas, destacan el alga laminaria japonesa, el alga *Eucheuma* y el ostión japonés como las tres especies con una mayor producción mundial generada (FAO, 2021).

Tabla 1. Principales especies producidas mediante acuicultura en el mundo en 2021 y tasa de variación anual. Fuente: APROMAR, 2023 a partir de FAO, 2021.

Especie	Nombre científico	Toneladas	% Var. anual
Laminaria japonesa	( <i>Saccharina japonica</i> )	13.087.512	5,0%
Alga Eucheuma	( <i>Eucheuma</i> y <i>Kappaphycus</i> )	7.081.071	-12,9%
Ostión japonés	( <i>Crassostrea gigas</i> )	6.476.076	6,9%
Langostino blanco	( <i>Litopenaeus vannamei</i> )	6.324.579	9,0%
Carpa china	( <i>Ctenopharyngodon idella</i> )	5.982.995	3,3%
Carpa plateada	( <i>Gracilaria</i> sp.)	5.800.676	12,0%
Tilapia del Nilo	( <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> )	4.977.165	1,6%
Almeja japonesa	( <i>Oreochromis niloticus</i> )	4.827.581	5,6%
Carpa común	( <i>Ruditapes philippinarum</i> )	4.343.390	1,8%
Alga Gracilaria	( <i>Cyprinus carpio</i> )	4.181.487	0,5%
TOTAL 10 PRAES. ESPECIES		63.082.532	2,9%
RESTO DE ESPECIES		62.952.765	2,6%
TOTAL ACUICULTURA MUNDIAL		126.035.297	2,7%
Trucha arco iris	( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	952.691	-0,9%
Dorada	( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	319.215	12,6%
Lubina	( <i>Sparus aurata</i> )	299.810	7,9%
Mejillones europeos	( <i>Mytilus galloprovincialis</i> y <i>edulis</i> )	251.178	8,4%
Rodaballo	( <i>Psetta maxima</i> )	69.668	-7,7%

### 1.1.2. Producción acuícola mundial de carácter continental

La producción acuícola continental incluye el conjunto de actividades de cría de organismos acuáticos en agua dulce, las cuales han ido cobrando cada vez más relevancia en la producción mundial. Esta se divide en la producción en aguas marinas, con 55,3 % de la producción general, y en aguas dulces con un 44,7 % (FAO, 2021).

Dentro de la acuicultura continental prevalece la cría de peces como la principal producción de este grupo, a pesar de que en los últimos años se ha producido un descenso de estas especies debido al incremento progresivo de la cría de otras especies.

De las especies señaladas en la Tabla 1, un total de 4 de ellas son principalmente producidas en medios de agua dulce (siendo estas la carpa común, la carpa china, la carpa plateada y la tilapia del Nilo).

### 1.1.3. Producción acuícola europea

Dentro de la Unión Europea, la acuicultura cobra un papel importante no solo para la obtención de productos acuáticos, sino también para impulsar el desarrollo socioeconómico de zonas costeras y fluviales, así como para garantizar la preservación de la cultura pesquera y marítima.

En el año 2021 se produjeron en la UE un total de 1.142.500 toneladas con origen en actividades acuícolas, suponiendo este valor un incremento del 3,6 % respecto del año anterior. A pesar de este incremento, el conjunto de la producción acuática, conformada por la pesca y la acuicultura, descendió un 4,5 % comparando con el año 2020, manteniendo un descenso de la producción por cuarto año consecutivo, con un promedio de 5,4 % de descenso de la producción anual (FAO, 2021). A continuación, se puede observar la evolución en dicha producción en la Tabla 3.

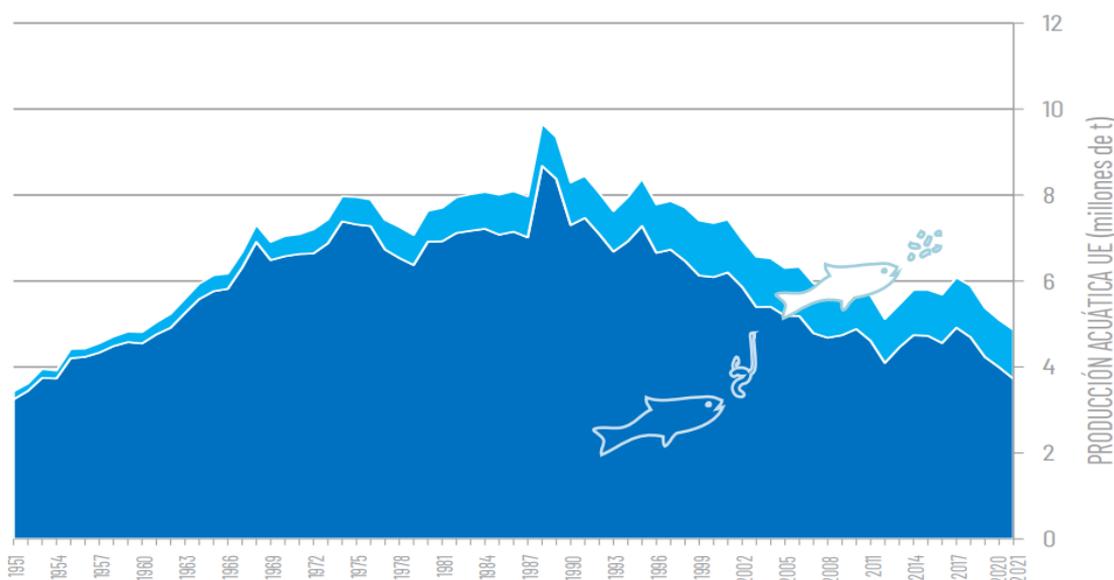


Figura 3. Evolución de la producción total de la acuicultura y pesca. UE entre 1951 y 2021 en millones de toneladas. Fuente: APROMAR, 2023 a partir de FAO, 2021.

De entre los diferentes países que conforman la Unión Europea, destacan en cuanto a volúmenes de producción Francia con 198.886 toneladas, Italia con 145.862 toneladas y España, siendo el país con un volumen de producción más relevante dentro de la UE, de 271.060 toneladas. Sin embargo, tomando como referencia el valor generado, el principal país productor se trata de Francia con un valor alcanzado de 711,8 millones de euros, mientras que España pasa a cuarta posición con un valor de 554,1 millones de euros.

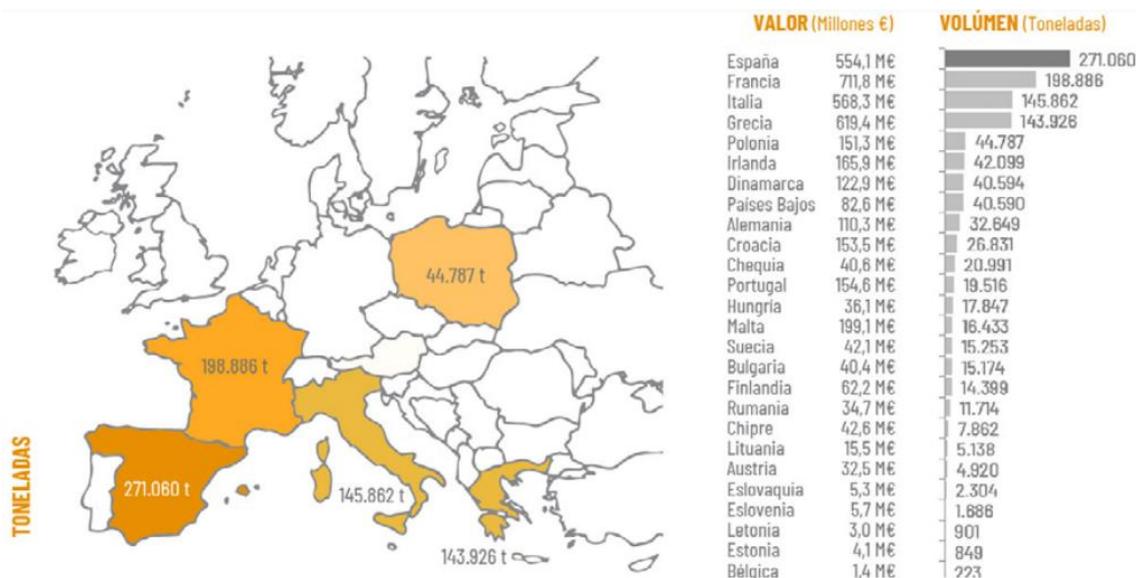


Figura 4. Distribución de la producción de acuicultura en los Estados miembros de la Unión Europea (27) por su cantidad (toneladas) y valor (millones de euros) en 2021. Fuente: APROMAR, 2023 a partir de FAO, 2021.

Dentro de las diferentes especies producidas en la UE destacan como las principales pescados y moluscos, siendo más reducidas las producciones de crustáceos y algas. En la Tabla 2 se muestra las producciones de las principales especies producidas en el año 2021 (FAO, 2021).

Tabla 2. Principales especies producidas mediante acuicultura en la Unión Europea, por toneladas, en 2021. Fuente: APROMAR, 2023 a partir de FAO, 2021.

Especie	Nombre científico	Toneladas
Mejillones	( <i>Mytilus spp</i> )	423.379
Trucha arco iris	( <i>Onchorynchus mykiss</i> )	193.266
Dorada	( <i>Sparus aurata</i> )	103.130
Ostión japonés	( <i>Crassostrea gigas</i> )	98.826
Lubina	( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	96.647
Carpa común	( <i>Cyprinus carpio</i> )	68.036
Atún rojo del Atlántico	( <i>Thunnus thynnus</i> )	26.320
Almeja japonesa	( <i>Ruditapes philippinarum</i> )	25.232
Salmón del Atlántico	( <i>Salmo salar</i> )	14.512
Corvina	( <i>Argyrosomus regius</i> )	8.844
<b>TOTAL 10 PRALES. ESPECIES</b>		<b>1.058.192</b>
<b>RESTO DE ESPECIES</b>		<b>84.589</b>
<b>TOTAL ACUICULTURA UE</b>		<b>1.142.500</b>

Dentro de las producciones de peces, en Europa a diferencia de Asia, se producen mayoritariamente especies carnívoras, como la trucha o la dorada. Estas especies, alcanzan en el mercado valores mayores que el de las especies omnívoras, como por ejemplo las carpas. Sin embargo, también requieren una mayor optimización de la

producción y de la planificación y gestión de las instalaciones, para obtener un mayor beneficio, puesto que son más exigentes desde el punto de vista de la calidad del agua, las necesidades nutritivas y son más sensibles al manejo.

#### **1.1.4. Producción acuícola europea de carácter continental**

A diferencia de la acuicultura a escala mundial, la proporción de acuicultura continental en la UE se desarrolla en una menor proporción, de un 26,2 % en el año 2021, mientras que la producción en aguas marinas ocupa un 73,8 % de la producción total (FAO, 2021).

De entre las especies mostradas en la Tabla 2, solamente dos se producen en medios de aguas dulce: la trucha arcoíris y la carpa común.

#### **1.1.5. Producción acuícola española**

A pesar de que a mediados del siglo XX España destacaba por la producción de recursos acuáticos debido principalmente a la pesca extractiva, a partir de la década de los años 70 se produjo una disminución de las actividades extractivas.

Por otro lado, la acuicultura en España se ha visto incrementada, convirtiéndose en el mayor productor de la UE en cuanto a volumen de producción. A pesar de esto, no se ha logrado compensar la caída de las actividades extractivas, de forma que hoy en día se requieren importaciones para poder satisfacer la demanda de este sector.

#### **1.1.6. Producción acuícola española de carácter continental**

La acuicultura de agua dulce en España basa su producción en gran parte en el cultivo de la trucha arcoíris. También se producen otras especies, aunque a menor escala, localizándose geográficamente según las características ambientales y los hábitos de consumo específicos de diferentes zonas. Entre estas especies se encuentran: Esturión del Adriático (*Acipenser naccarii*), Esturión Siberiano (*Acipenser baerii baerii*), los cuales se pueden producir en las mismas instalaciones que la trucha, y la Tenca (*Tinca tinca*).

## 1.2. Trucha arcoíris

La trucha arcoíris, de nombre científico *Oncorhynchus mykiss*, es un pez eurihalino que pertenece a la familia de los salmónidos, con una gran capacidad de ocupar diferentes hábitats, siendo capaz de soportar amplias variaciones de temperatura, de entre 0 y 27 °C. Sin embargo, tanto el desove como el crecimiento de la especie se encuentra en un rango más estrecho, de entre 9 y 14 °C, siendo que su temperatura óptima para la producción se encuentra por debajo de los 21 °C (FAO, 2009).

A continuación, en la Tabla 3 se muestra la clasificación taxonómica de la especie de acuerdo con Camacho et al. (2000).

Tabla 3. Clasificación taxonómica de la trucha arcoíris. Fuente: Elaboración propia a partir de Camacho et al, (2000).

Reino	Animal
Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Superclase	Pisces
Clase	Osteichthyes
Subclase	Actinopterygii
Orden	Salmoniformes
Familia	Salmonidae
Género	<i>Oncorhynchus</i>
Especie	<i>mykiss</i>

En cuanto a la producción para consumo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), esta ha experimentado un incremento exponencial desde el año 1950, siendo este aumento más destacado en los países de la Unión Europea y más recientemente de Chile (siendo este último el país productor más grande).

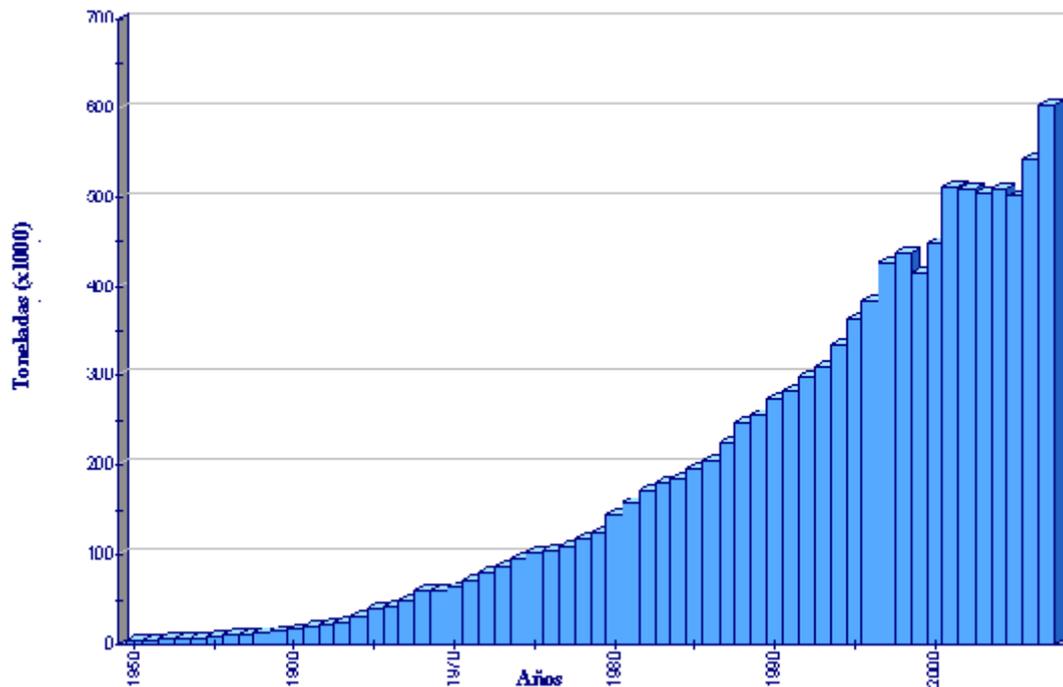


Figura 5. Producción de acuicultura global de *Oncorhynchus mykiss* (FAO Estadísticas pesqueras). Fuente: APROMAR, 2023 desde FAO, 2021.

El incremento de la producción de trucha arcoíris viene ligado a un aumento en la producción de acuicultura continental con el fin de cumplir con la demanda de los mercados nacionales.

En España, el valor de la producción de trucha arcoíris en el año 2022 se estima un valor de 16328 toneladas, produciéndose un incremento de la producción del 4,1% respecto al año anterior (APROMAR, 2023).

La tendencia de producción en los últimos años está cambiando hacia el aumento del tamaño de venta de la trucha arcoíris.

### 1.3. Sistemas de producción

Se distinguen diferentes tipos de sistemas de producción, de entre los cuales se selecciona el que mejor se adapte a las necesidades y requerimientos de los organismos a producir.

Los diferentes sistemas se pueden clasificar en función de:

- La densidad de producción:

Tabla 4. Clasificación y características de sistemas en función de la densidad de producción. Fuente: Jover et al (2002).

Sistema	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Renovación de agua (n <sup>o</sup> /día)	Alimentación
Extensivo	0,05	0	Natural
Semi extensivo	0,1 - 0,5	0,1	Complemento
Semi intensivo	1 - 2	<1	Pienso
Intensivo	15 - 50	24	Pienso
Super intensivo	>150	72	Pienso

De entre estos sistemas destacan principalmente los sistemas extensivos, semi intensivos e intensivos como a los principales sistemas de producción. Los sistemas extensivos consisten en aquellos con una carga máxima inferior al resto de sistemas, así como con un coste más reducido debido a que se abastecen los lotes a partir del medio que se encuentran. Debido a la baja inversión que este tipo de sistema las labores de manejo son más sencillas, pero presentan un menor rendimiento y una mayor susceptibilidad a los cambios climatológicos y características del entorno, ya que los parámetros del agua no se controlan. Además, este requiere mayores volúmenes de agua.

Los sistemas semi intensivos, en cambio, permiten mayores densidades máximas de animales, obteniendo así un mayor rendimiento debido al uso de complementos alimenticios y la presencia de operarios.

Finalmente, los sistemas intensivos toman por objetivo lograr una mayor productividad y, por tanto, un mayor rendimiento económico, produciendo especies con un mayor interés comercial y realizando mayores inversiones. Dichas inversiones incluyen mayores densidades y renovaciones de agua, así como alimentación artificial y el uso de equipos de oxigenación, entre otros elementos y técnicas para acondicionar el agua.

- La renovación de agua:

Por lo que respecta a la renovación de agua en sistemas acuícolas se distinguen dos sistemas:

- Sistemas abiertos: El agua pasa por estos sistemas una sola vez, proporcionando oxígeno y eliminando los residuos excretados por los organismos.

- **Sistemas cerrados:** Sistemas que con el objetivo de reducir el consumo de agua reutiliza el agua que pasa por primera vez las instalaciones.

De entre los diferentes sistemas el más comúnmente empleado para la trucha arcoíris es el intensivo, debido al interés de obtener un mayor rendimiento económico y de lograr abastecer la demanda.

Generalmente se emplean tanques de hormigón con un flujo de agua en sistema abierto, el cual proporcionará aguas limpias y bien oxigenadas, aunque también se pueden emplear sistemas con tanques de fibra de vidrio con forma circular, jaulas flotantes o canales de corriente continuo.

Por lo que respecta a la captación de agua, el método de cría más comúnmente empleado tiende a captar el agua de río para el engorde de adultos. En el caso de que sea posible también se empleará agua de manantial, la cual presenta una mayor seguridad, pero debido a su escasez se tiende a emplear solo en instalaciones de incubación y/o alevinaje.

Finalmente, cabe destacar que en el caso de que se quiera realizar una piscifactoría abierta, es recomendable establecer ésta en un terreno con un desnivel considerable, el cual permita la distribución de agua con mayor facilidad, aprovechando así la gravedad para llenar los tanques y oxigenar el agua.

#### **1.4. Impacto ambiental**

El sector acuícola genera en sus actividades productivas una serie de impactos ambientales, de entre los cuales se pueden destacar los siguientes aspectos:

- **Alimentación, heces y excreciones:**

La presencia de los residuos particulados como heces, restos de piensos sobrante o bien disueltos como los procedentes de la excreción nitrogenada o de P, pueden ocasionar un incremento en el nivel de nutrientes del entorno.

También afectan a las poblaciones de plantas, provocando la disminución o incluso la desaparición de comunidades de plantas perennes, favoreciendo su sustitución por especies de crecimiento rápido. Esto puede llevar como consecuencia a la reducción de la flora y fauna asociadas.

Además, el N y P disueltos también pueden originar una mayor proliferación de los microorganismos fotosintéticos, los cuales provocarían un incremento en la concentración de oxígeno. Este aumento de concentración, sin embargo, llevaría a

un descenso drástico de oxígeno nocturno o una vez mueren estos organismos y se depositan en el fondo, provocando así la mortalidad de diversos organismos del medio y condiciones de hipoxia en los peces.

Como último punto a destacar de este aspecto, también se debería tener en cuenta el impacto que podría generar un emplazamiento erróneo de la piscifactoría, de modo que el medio en el que esta se encontrase no sería capaz de asimilar los residuos.

- Fuga de especies producidas:

Estas fugas llevan a la introducción de especies alóctonas, las cuales pueden suponer una amenaza para las especies nativas, ya sea por la competición por alimento y/o el nicho ecológico que ocupan, o por la introducción de enfermedades al medio que se puede ocasionar. También pueden reproducirse con las especies salvajes, perdiendo así la especiación. Esto en el caso de la trucha arcoíris se evita produciendo animales triploides, que no tienen capacidad reproductiva. En otras especies como la producción de salmón, la combinación de ejemplares procedentes de la acuicultura con los salvajes es un tema que está produciendo mucho interés en la comunidad científica por la pérdida de genes específicos de una población.

- Atracción de especies salvajes:

La presencia piscifactorías puede atraer y concentrar especies salvajes que se encuentren en la zona.

- Químicos y/o antibióticos:

Es común el uso de químicos para combatir brotes de enfermedades, los cuales afectan a especies salvajes. Además, el uso de antibióticos es capaz de afectar a dichas especies, favoreciendo condiciones anaeróbicas en el medio y pudiendo crear bacterias resistentes.

- Otros:

La presencia de piscifactorías puede alterar el correcto desarrollo de otras actividades, como la pesca deportiva o el turismo, por ejemplo.

Por otro lado, la presencia de piscifactorías podría ocasionar un impacto visual con el que ciertos colectivos o fracciones de la población no estarían de acuerdo.

Debido al reto que suponen estos impactos para la acuicultura, se debe fomentar aquellas iniciativas de investigación y/o innovación que pretendan aumentar la eficiencia y productividad de los sistemas de producción, así como reducir el impacto generado por estas explotaciones. Dichas iniciativas tratarán de ampliar los conocimientos de las especies a producir, optimizar la formulación de piensos y las materias primas empleadas para estos y en ampliar el mercado, mediante la inclusión de nuevas especies a producir.

## **2. Objetivos del proyecto**

El objetivo del presente proyecto consiste en la evaluación, tanto desde el punto de vista del impacto ambiental como económico de un diseño para una granja acuícola de producción de trucha arcoíris en sistema abierto. Con la finalidad de poder realizar las estimaciones pertinentes, se calcularán los residuos generados por la actividad de la granja, así como el consumo de agua y un presupuesto de dicha granja. Este presupuesto irá acompañado de una proyección a 25 años de la actividad económica de la explotación, el cual permita conocer el plazo de recuperación de la inversión que supondría el proyecto, así como el VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno), estimando así la rentabilidad de este.

En cuanto a las alternativas propuestas, se evaluarán las siguientes opciones. En primer lugar, el diseño de una granja de sistema abierto convencional, cuyo elemento de depuración del agua consistirá en una balsa de sedimentación. La otra opción consiste en recircular el agua, buscando así reducir el consumo de agua y la producción de residuos, empleando otros sistemas de eliminación de residuos, como biofiltros y filtros sólidos (Drumfilter).

Para evaluar y comparar ambas opciones, será necesario realizar el diseño zootécnico de dicha explotación, ubicada en el municipio de Calles, Valencia. La granja tomará el agua para suministrar los tanques, en los que se encontrarán los peces, del río Tuéjar.

El objetivo productivo de la explotación será alcanzar un volumen de producción de 500 toneladas. Esta producción se divide en cuatro lotes, distribuidos de forma uniforme a lo largo del año.

Se empezará dicha producción con un peso medio de 0,4 gramos (g) y se pretende alcanzar un peso final de 800 g.

A lo largo del proyecto se establecerá la planificación de la producción, así como la distribución en planta de sus diferentes instalaciones y canales.

Además, se calcularán también las dimensiones, materiales empleados y esfuerzos de las estructuras tanto de una cubierta principal (destinada a resguardar los tanques empleados para los peces de peso más reducido) como de una nave complementaria (la cual tendrá una función polivalente, albergando las oficinas, almacenes y vestuarios, entre otras instalaciones importantes).

Por último, se diseñarán las redes de fontanería y saneamiento únicamente de la nave complementaria, ya que la cubierta de alevinaje no requiere del uso de agua corriente (más allá del uso de los canales).

### **3. Normativa**

A continuación, se exponen las diferentes normativas y apartados del Código Técnico de la Edificación (CTE), empleados para el correcto cálculo tanto de las infraestructuras de la nave y la cubierta, como para las redes de fontanería y saneamiento de la propia nave:

- Código Técnico de la Edificación.
- Código Técnico de Edificación HS 4: Suministro de aguas.
- Código Técnico de Edificación HS 5: Evacuación de aguas.

Así mismo, con tal de respetar la ley de prevención de riesgos laborales, el proyecto deberá respetar lo dispuesto en el Real Decreto RD 1627/1997 de 24 de octubre: “Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción”, garantizando así la seguridad y salud de los trabajadores durante el proceso de obra.

### **4. Material y métodos**

La metodología empleada para la planificación de la granja parte de la planificación inicial de la producción, así como el calendario de ventas, para acto seguido realizar el diseño de los diferentes apartados de esta, entre los que se incluyen gastos de alimentación, producción de residuos y consumo de agua, entre otros. Esta metodología también se encuentra esquematizada en la Figura 6.

El procedimiento empleado para el cálculo y estimación de estos apartados se exponen en mayor detalle en el “Documento I: Anejos a la Memoria”, en el Anejo I: Diseño y planificación de la explotación.

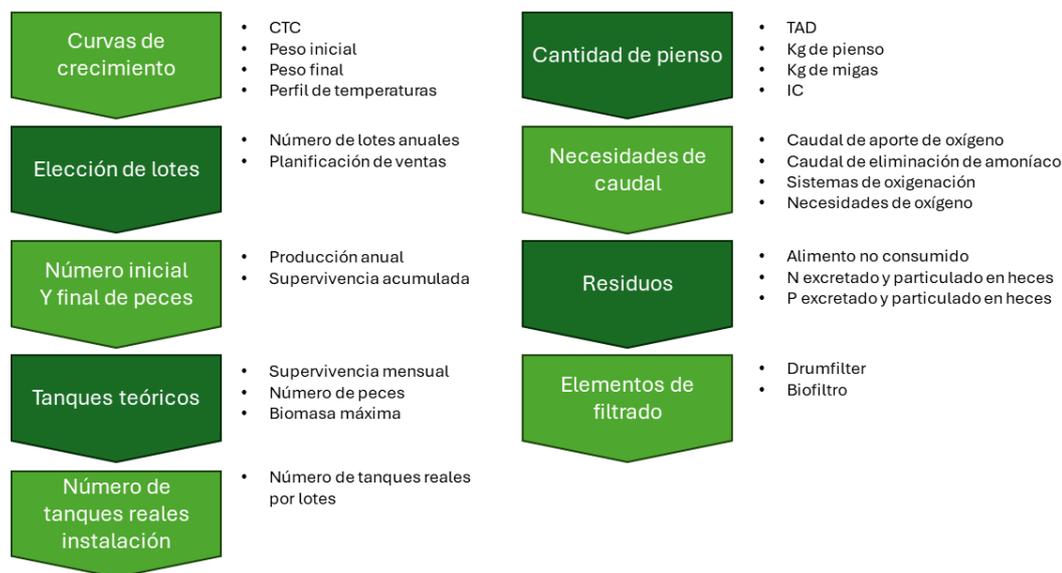


Figura 6. Esquema material y métodos empleados. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1. Alternativas

Tomando como objetivo minimizar el impacto ambiental de la explotación, así como de buscar la mayor rentabilidad posible, se han analizado dos alternativas diferentes para la explotación.

En el caso de la primera opción, se opta por un diseño de sistema abierto típico, en el cual el agua captada atravesará una única vez la explotación, para luego ser depurada en una balsa de sedimentación y devuelta al cauce del río.

La segunda posibilidad estudiada consiste en recircular el agua, reduciendo así el impacto ambiental mediante una reducción del consumo de agua y de los residuos liberados al medio, haciéndola pasar por una serie de elementos de filtrado (filtros de sólidos y biofiltros) para depurarla antes de que vuelva a pasar por los tanques en los que se encuentren los animales. De esta forma, el consumo de agua consistirá principalmente en el caudal de renovación, como entrada de agua nueva al sistema.

## **4.2. Estimación de curvas de crecimiento**

El primer paso en el proceso de planificación de la granja consiste en la estimación de diferentes curvas de crecimiento, de forma que se pueda predecir el crecimiento de los peces según la fecha de su entrada en producción. Se toman como fechas el primer día de cada mes.

La estimación del crecimiento se obtendrá a partir del modelo del Coeficiente Térmico de Crecimiento (CTC). Para poder emplearlo será necesario conocer la temperatura efectiva, la cual es diferente para cada especie, así como las temperaturas medias que presente el agua del río a lo largo del año.

## **4.3. Selección de lotes y plan de producción**

Una vez obtenidas las curvas de crecimiento, se seleccionará a partir de ellas cuatro fechas que permitan sacar la producción en cuatro lotes anuales equidistantes, con un peso medio de salida de 800 g.

Una vez se seleccionen los lotes, se deberá calcular el número de peces inicial necesario para llegar al objetivo productivo de la explotación, así como la cantidad restante que quede cada mes a lo largo del ciclo productivo. Dichas cantidades se podrán obtener a partir de las mortalidades relativas y final acumulada, partiendo del número final de peces necesario para llegar a la producción objetivo.

Tras determinar el número de peces por lote para cada mes se estimará el número de tanques mensuales necesario para los diferentes lotes y fases de desarrollo, partiendo de la densidad máxima de animales para cada tipo de tanque. Finalmente, se determinará el número máximo de tanques de la explotación mediante la sobreposición de las necesidades de cada lote.

## **4.4. Alimentación**

Para estimar la cantidad de alimento empleado en la explotación a lo largo de un año productivo, será necesario conocer la biomasa presente en la explotación, además de la Tasa de Alimentación Diaria (TAD), la cual depende de la biomasa del sistema.

Se partirá del número de peces presente en la granja al final de cada mes, así como del peso medio de estos para así obtener la biomasa mensual de cada uno de los lotes.

En cuanto a la TAD, esta consiste en la cantidad de pienso a emplear por cada 100 kg de biomasa y día, esta es específica de cada temperatura y peso medio, y se puede estimar a partir de los datos proporcionados por la casa comercial del pienso seleccionado.

#### **4.5. Producción de residuos**

Los residuos de la explotación vendrán determinados por valores específicos del pienso empleado (Como el porcentaje de proteína bruta, la proporción de nitrógeno de este...), así como por la cantidad de pienso empleado durante cada mes.

De esta forma, se determinarán los restos generados en ambas alternativas tanto para la excreción de nitrógeno como la de fósforo.

#### **4.6. Estimación de caudales y necesidades de oxígeno**

La estimación del caudal de agua necesario para la granja variará dependiendo de la alternativa empleada.

Para la primera alternativa, de un sistema abierto convencional, se calculará las necesidades de caudal necesario tanto para renovar el oxígeno consumido por los animales como para eliminar el amoníaco excretado por estos, estableciendo como a caudal de la explotación el más restrictivo de entre ambas opciones. En el caso de que las necesidades de caudal para renovar el oxígeno consumido fuesen demasiado elevadas, se podría optar por el uso de elementos de oxigenación, permitiendo así reducir el consumo de agua.

En cuanto a la segunda opción, con recirculación de agua, esta se basará en el caudal requerido para la eliminación de requerido, cubriendo las necesidades de oxígeno mediante sistemas de oxigenación. Parte de dicho caudal se reemplazará diariamente, mediante un caudal de renovación, el cual renovará un 10 % del volumen del agua de la piscifactoría diariamente. Este se calculará a partir de volumen de agua existente en el sistema en cada mes.

Respecto a las necesidades de oxígeno a cubrir por los diferentes sistemas, se tomará las diferencias de caudal entre el caudal de oxigenación y el caudal de eliminación de amoníaco, para luego multiplicarlas por la concentración de oxígeno disponible en el agua.

Esta última se puede obtener por la diferencia de la solubilidad del oxígeno para cada mes y la concentración mínima de oxígeno requerida por la especie.

Las necesidades a cubrir se deberán calcular para cada mes dentro de un año en el que la explotación se encuentre en plena producción.

#### **4.7. Dimensionado de otros elementos**

La explotación contará con una serie de elementos y equipamientos dependiendo de la alternativa tomada, los cuales se deberán dimensionar según la características y necesidades de dicha explotación.

Para el sistema abierto convencional se deberá diseñar una balsa de sedimentación, por la cual pasará el agua antes de ser devuelta al cauce del río, reduciendo así la cantidad de residuos vertidos al medio. Dicha balsa tendrá por superficie equivalente al 10 % de la superficie total del conjunto de los tanques de la explotación.

Para la opción de recircular el agua también se deberá dimensionar una serie de elementos de filtrado del agua, para asegurar las condiciones óptimas para los animales.

Se empleará un filtro de sólido (drumfilter) para cada una de las fases de desarrollo de los peces (Alevinaje, Pre-engorde y Engorde), los cuales consistirán la primera barrera que atravesará el agua antes de ser devuelta al sistema, manteniendo una calidad del agua óptima de 25 mg de sólidos en suspensión, mediante el uso de mallas lo suficientemente finas para impedir el paso de residuos sólidos. Estos filtros se dimensionarán a partir del caudal máximo que pase por cada uno de ellos, así como de la carga hidráulica a soportar (La cual dependerá del tipo de maya empleado y de su grosor).

Además, se dimensionarán biofiltros para cada una de las etapas de crecimiento, los cuales consisten en filtros biológicos que convertirán el amoníaco excretado en nitrato, el cual presenta una menor toxicidad para los peces.

La capacidad de eliminación de estos dependerá de la temperatura. A partir de esta y del nitrógeno amoniacal total del mes más desfavorable se podrá estimar área del material filtrante del biofiltro. A partir de esta se podrá calcular las otras dimensiones de los biofiltros, como el volumen total, la cantidad a emplear, el diámetro y la altura de estos.

En cuanto a la balsa de sedimentación de esta alternativa, el dimensionado de esta se basará en el caudal de sedimentación, así como de la velocidad asignada de sedimentación.

#### **4.8. Evaluación económica**

Para comparar la rentabilidad económica de ambas alternativas, se realizará un presupuesto inicial para cada una de ellas, en el cual se incluirán los costes de construcción y establecimiento de la explotación. Además, también se estimarán los costes generados a lo largo de un año productivo.

De esta forma se podrá realizar un balance coste/beneficio, así como una proyección a 25 años que permita estimar el tiempo que se tardará en amortizar la inversión para cada una de las alternativas.

### **5. Localización**

La ubicación de la explotación ha sido determinada teniendo en cuenta la proximidad de esta al río, así como a los núcleos urbanos de los municipios de Calles y Chelva. Previamente se ha calculado el diseño y dimensiones de los recintos destinados a albergar los animales con la finalidad de garantizar que las parcelas seleccionadas y destinadas a la explotación cuentan con la suficiente superficie.

De esta forma, se ha seleccionado el siguiente conjunto de parcelas, en las cercanías del municipio de Calles, para albergar las instalaciones de la explotación:

- Parcela 1 (Polígono 33, Parcela 85):  
Referencia catastral: 46081A033000850000LS  
Superficie: 32736 m<sup>2</sup>  
Aprovechamiento anterior del terreno: Agrario, cultivo de olivo.  
.
- Parcela 2 (Polígono 33, Parcela 75):  
Referencia catastral: 46081A033000750000LK  
Superficie: 8683 m<sup>2</sup>  
Aprovechamiento anterior del terreno: Agrario, cultivo de olivo.
- Parcela 3 (Polígono 33, Parcela 91):

Referencia catastral: 46081A033000910000LH

Superficie: 5639 m<sup>2</sup>

Aprovechamiento anterior del terreno: Agrario, cultivo de olivo.

- Parcela 4 (Polígono 33, Parcela 57):

Referencia catastral: 46081A033000570000LW

Superficie: 5542 m<sup>2</sup>

Aprovechamiento anterior del terreno: Agrario, cultivo de olivo.

- Parcela 5 (Polígono 33, Parcela 56):

Referencia catastral: 46081A033000560000LH

Superficie: 1790 m<sup>2</sup>

Aprovechamiento anterior del terreno: Agrario, labradío en regadío.

- Parcela 6 (Polígono 33, Parcela 92):

Referencia catastral: 46081A033000920000LW

Superficie: 1571 m<sup>2</sup>

Aprovechamiento anterior del terreno: Agrario, matorral.

- Parcela 7 (Polígono 33, Parcela 79):

Referencia catastral: 46081A033000590000LB

Superficie: 9475 m<sup>2</sup>

Aprovechamiento anterior del terreno: Agrario, frutales de secano.

En resumen, la superficie total disponible para las instalaciones de la explotación es de unas 6,54 hectáreas (65.436 m<sup>2</sup>).

## **6. Planificación de la explotación**

### **6.1. Gestión de lotes**

La producción anual de la explotación se dividirá entre cuatro lotes, distribuidos de forma uniforme a lo largo del año, de forma que cada uno de ellos terminará su ciclo con una producción final aproximada de 125 toneladas.

Para la selección de lotes se ha realizado en primer lugar la simulación de diferentes curvas de crecimiento, buscando así las fechas más convenientes para fijar los lotes de producción.

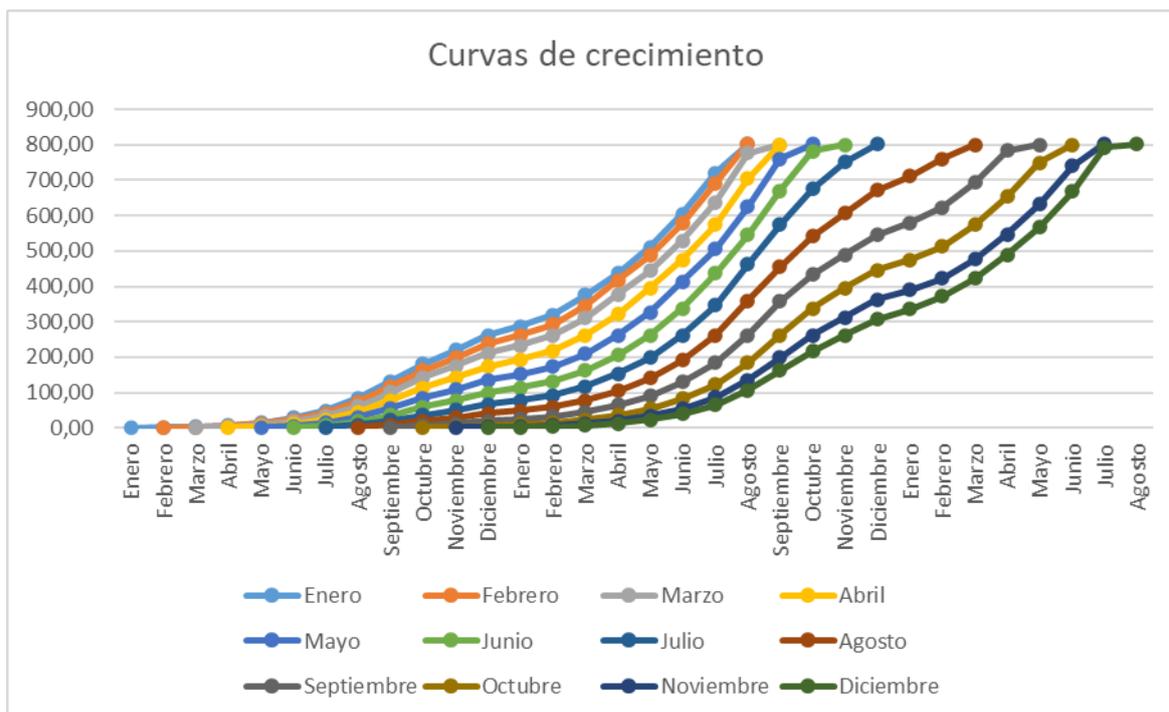


Figura 7. Simulaciones curvas de crecimiento (g) lotes mensuales. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5 se establecen los diferentes lotes establecidos, así como su duración en días y el peso medio final:

Tabla 5. Lotes seleccionados. Fuente: Elaboración propia.

Lotes elegidos	Fecha inicio	Fecha final	Nº días	Peso final (g)
Junio (L1)	01-jun	07-nov	525	800
Julio (L2)	15-jul	07-feb	572	803
Septiembre (L3)	02-sept	07-may	613	800
Diciembre (L4)	09-dic	07-ago	606	800

## 6.2. Gestión de tanques

A lo largo del crecimiento de los animales se distinguirán las siguientes fases de crecimiento según el peso alcanzado por los animales:

- Alevinaje: Desde los 0,4 a los 3 g.
- Pre-Engorde: Para pesos entre 3 y 20 g.
- Engorde: Para pesos entre 20 g al peso de sacrificio (800 g).

Según la etapa del ciclo de crecimiento en el que se encuentren los peces se empleará un tipo de tanque diferente. En la Tabla 6 se definen los diferentes tipos de estanque, así como sus dimensiones estandarizadas:

Tabla 6. Tipos de locales y dimensiones. Fuente: Elaboración propia.

Peso (g)	0,4 a 3	3 a 20	20 a 800
Tipo de tanque	Alevinaje	Pre-engorde	Engorde
Dimensiones tanque (m)	15 x 2 x 0,5	25 x 4 x 0,75	50 x 6 x 1,25
Superficie tanque (m <sup>2</sup> )	30	100	300
Volumen tanque (m <sup>3</sup> )	15	75	375
Densidad máxima (kg/m <sup>3</sup> )	5	15	25

Los animales se irán desplazando a diferentes tanques a medida que vayan creciendo de forma que siempre cumplan con la densidad máxima establecida. A parte, se tratará de reducir en la medida de lo posible el número de desplazamientos de los peces con el objetivo de reducir la manipulación directa de los animales, así como el estrés y las bajas provocados por esta última.

A continuación, se expone el máximo número de tanques de los diferentes tipos de los que la explotación deberá disponer. Estas cifras tienen su origen en el número máximo de locales obtenido mediante el solapamiento de las necesidades mensuales de locales de los diferentes lotes:

Tabla 7. Número de tanques de la explotación. Fuente: Elaboración propia.

Alevinaje	Pre-engorde	Engorde
8	8	54

### 6.3. Caudales y necesidades de oxígeno

Además de los tanques, la explotación también contará con una serie de canales que transportará por gravedad el agua del río a los tanques, así como otro grupo de canales encargados de transportar el agua proveniente de los estanques a la balsa de decantación, desde donde finalmente se devolverá al agua del río. Dichos canales deberán presentar una serie de elementos reguladores del caudal (Como compuertas), debido a que la cantidad de agua necesaria a lo largo del año irá oscilando según el peso de los animales y la temperatura, entre otros factores. En cuanto al dimensionado de estas conducciones, estas presentarán una sección cuadrada, con una anchura igual a su altura, las cuales son de 0,75 m.

En la tabla 8 se establecen los caudales mensuales requeridos por el conjunto de la explotación para la alternativa de emplear un sistema abierto, los cuales permitirán la eliminación de los residuos generados por los peces.

*Tabla 8. Caudales necesarios para la explotación. Fuente: Elaboración propia.*

Caudal máximo (m <sup>3</sup> /h)	
Mes	Con oxigenación
Enero	244
Febrero	294
Marzo	340
Abril	471
Mayo	609
Junio	518
Julio	706
Agosto	981
Septiembre	836
Octubre	751
Noviembre	541
Diciembre	375

Además, será necesario disponer de equipos y/o sistemas de oxigenación que permitan renovar el oxígeno de los tanques, de forma que se cumpla con las necesidades de oxígeno establecidas en la figura.

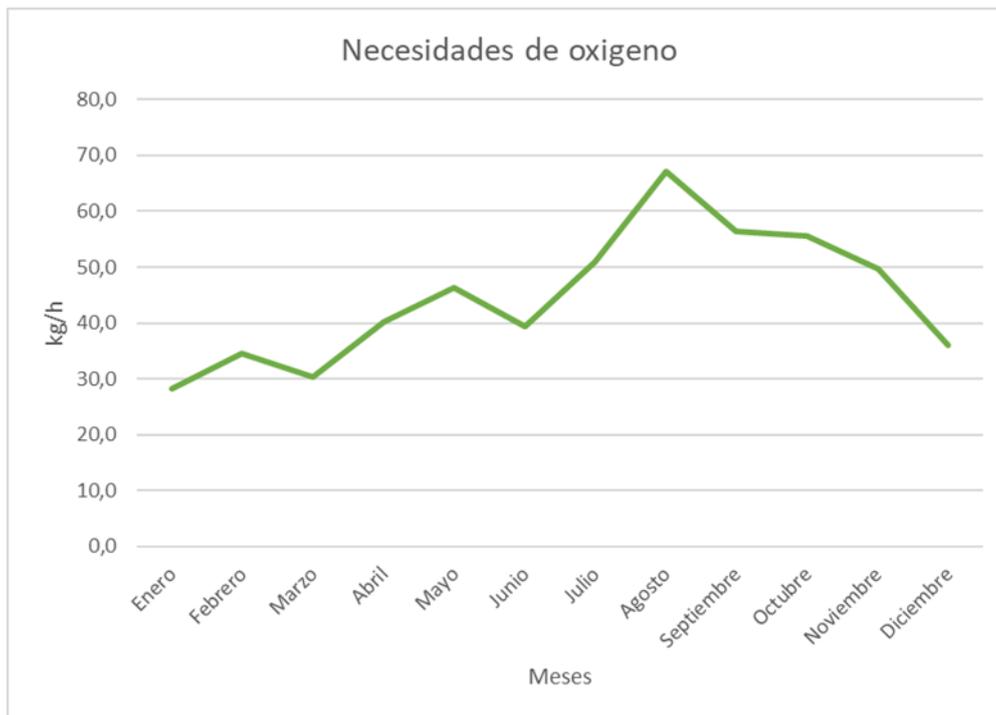


Figura 8. Necesidades de oxígeno mensuales de la explotación.

En el caso de recircular el agua, en la Tabla 9 se expresan las necesidades del caudal de renovación del agua, consistiendo este en la entrada de agua nueva a la explotación, más concretamente de un 10 % del agua total del sistema al día.

Tabla 9. Necesidades de agua para el caudal de renovación. Fuente: Elaboración propia.

	Caudal de renovación (m <sup>3</sup> /h)
Enero	71
Febrero	71
Marzo	53
Abril	62
Mayo	74
Junio	59
Julio	60
Agosto	80
Septiembre	68
Octubre	72
Noviembre	88
Diciembre	68

Finalmente, en la Figura 9 se exponen las necesidades de oxígeno para esta alternativa.



Figura 9. Necesidades de oxígeno de la explotación en recirculación de agua. Fuente: Elaboración propia.

#### 6.4. Consumo anual de pienso

Para la estimación del pienso consumido a lo largo de un año se han empleado como referencia los piensos de la casa dibaq Diproteg (ECOTEX 30), de la cual se dispone de la tabla de alimentación que dispone el fabricante de piensos para las piscifactorías. Se distingue entre alimento en forma de migas (que se proporciona para pesos de entre 0,4 y 8 g) y pienso extrusionado (el cual se proporciona a partir de los 8 g). El consumo de pienso por parte de los animales dependerá entre otros factores de la temperatura del agua a la que se encuentren y el tamaño de estos y se puede calcular a partir de la Tasa de Alimentación Diaria (TAD %/día). Es importante conocer dicho consumo de alimento para poder calcular más en adelante los residuos generados por la explotación.

En la Tabla 10 se muestran las cantidades anuales tanto de miga como de pienso extrusionado que se empleará en para cada lote, así como para el conjunto de la explotación.

Tabla 10. Cantidades de alimento estimadas (kg / año). Fuente: Elaboración propia.

Lote	kg alimentación / lote		
	Miga	Pienso	Total lote
Junio (L1)	891	193313	194204
Julio (L2)	781	213268	214050
Septiembre (L3)	938	221609	222547
Diciembre (L4)	1111	212648	213760
Total anual	3722	840840	844562

## 6.5. Desechos

A continuación, se muestra en las Figuras 10 y 11 los desechos producidos por los animales en las instalaciones a lo largo de un año productivo en sistema abierto, expresados en kg producidos al año. Estos desechos incluyen tanto los residuos generados por el pienso ingerido por los peces y que luego es excretado, como del que no llegan a consumir.

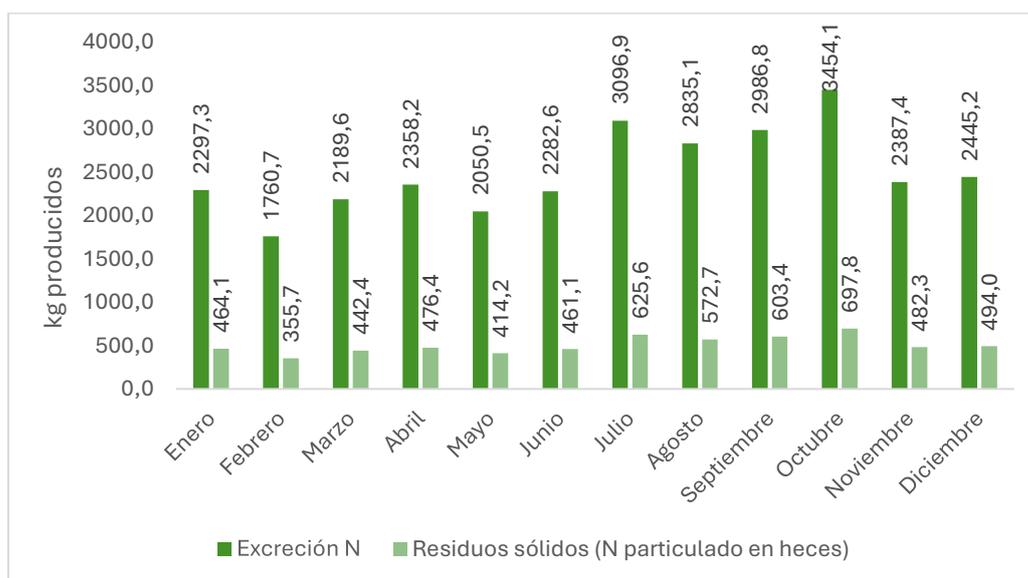


Figura 10. Cantidad de residuos de nitrógeno generados en la explotación, expresada en kg producidos al año. Fuente: Elaboración propia.

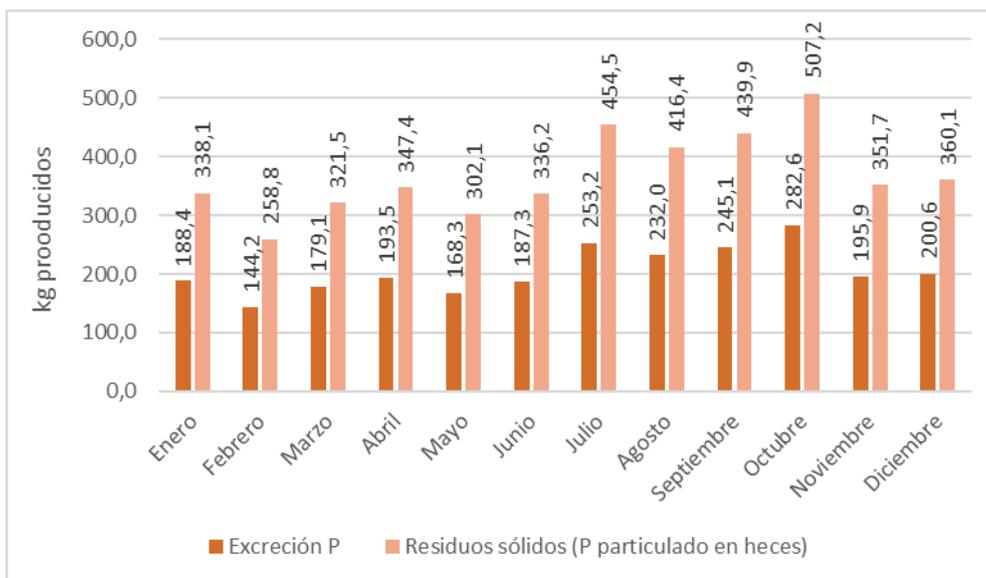


Figura 11. Cantidad de residuos de fósforo generados en la explotación, expresada en kg producidos al año. Fuente: Elaboración propia.

Además, también se expone en la Figura 12 la cantidad de residuos sólidos que saldrán de la balsa de sedimentación y que por tanto serán liberados al río. Para ello se parte de la premisa de que un 80 % de los residuos que lleguen a la balsa se quedarán retenidos en esta.

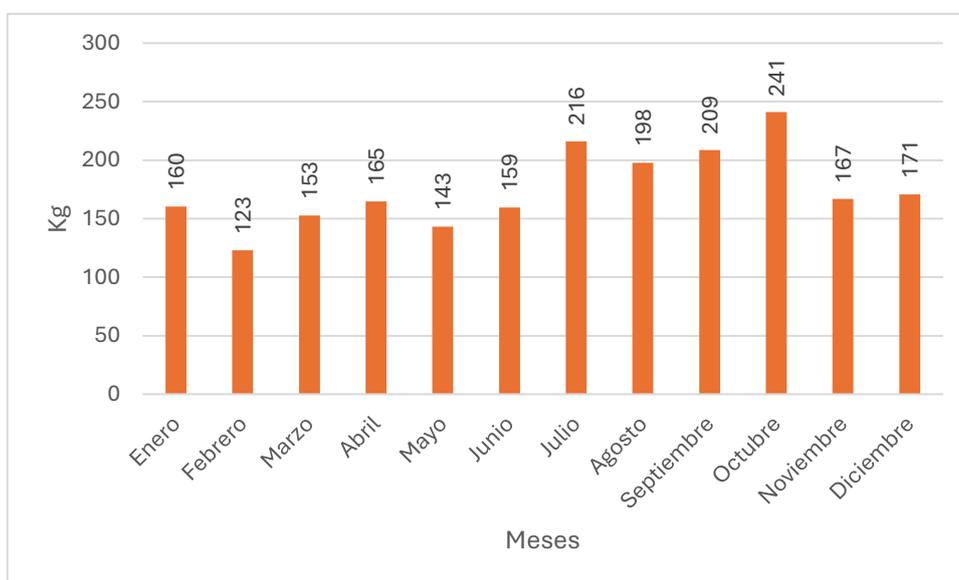


Figura 12. Residuos sólidos (kg) liberados al medio. Fuente: Elaboración propia.

Por el otro lado, en la Figura 13 se tanto la cantidad de residuos sólidos que llegarán a la balsa de sedimentación como aquellos que se liberan al medio en el caso de que se recircule el agua del sistema. Ambos expresados en kg producidos al año.

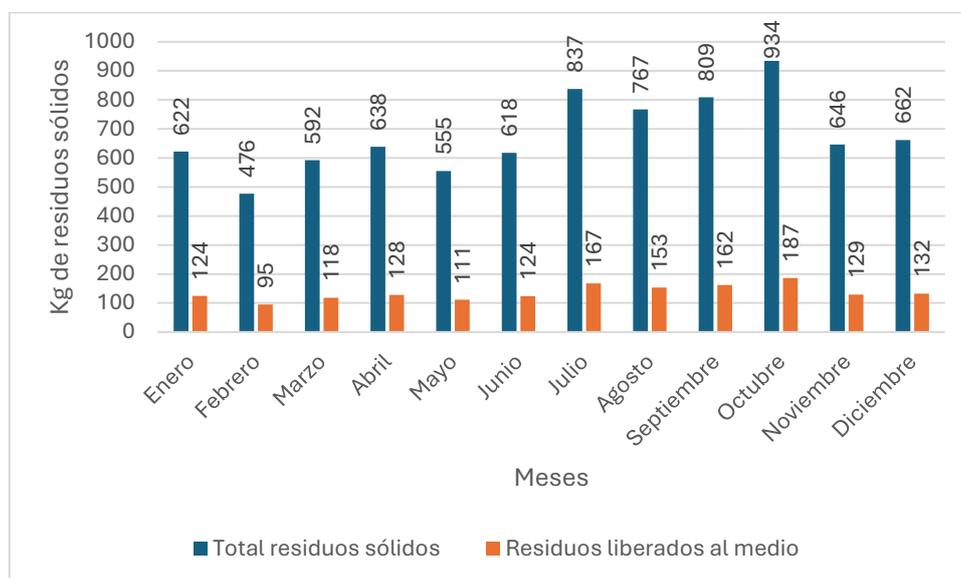


Figura 13. Residuos sólidos generados y liberados al cauce del río para alternativas de recirculación de agua.  
Fuente: Elaboración propia.

Por último, cabe destacar que, debido a la presencia de los biofiltros en esta alternativa, el amoníaco residual se verá reducido a nitratos, los cuales presentan una menor toxicidad para el medio y los animales.

## 6.6. Elementos de filtrado

A continuación, se expone el dimensionado de los diferentes elementos de filtración asignados a cada una de las fases de crecimiento de los animales, los cuales son requeridos para la alternativa de recircular el agua:

- Drumfilter:

Estos se encargarán de la filtración mecánica de la piscifactoría, tratando de impedir que los sólidos en suspensión no sobrepasen 25 mg/l, tal y como ya se ha expuesto en el apartado de material y métodos.

En la Tabla 11 se exponen las superficies de maya necesarias para los drumfilter de cada una de las etapas de crecimiento, así como el tipo de maya y el caudal máximo que las atravesará.

Tabla 11. Superficie de maya requerido para cada drumfilter. Fuente: Elaboración propia.

Etapa	Maya (micras)	Q (l/s)	Superficie de maya (m <sup>2</sup> )
Alevinaje	40	8,3	0,39
Pre engorde	40	11,1	0,52
Engorde	60	261,1	8,85

- Biofiltro:

Una vez terminada la filtración mecánica y la consecuente eliminación de sólidos suspendidos, el agua pasará por el filtro biológico, convirtiendo el amoníaco excretado por los peces en nitrato, el cual es mucho menos tóxico.

Se exponen a continuación las dimensiones de los biofiltros para cada una de las etapas de crecimiento de los peces en la Tabla 12:

Tabla 12. Dimensiones de cada biofiltro. Fuente: Elaboración propia.

Etapa	Alevinaje	Pre engorde	Engorde
V Material filtrante (m <sup>3</sup> )	15	52	1063
V Biofiltro (m <sup>3</sup> )	22	74	1518
Número de Biofiltros	1	1	3
Altura biofiltros (m)	1,84	1,24	0,75
Diámetro (m)	3,9	8,7	29

## 6.7. Elementos adicionales

Además de los elementos previamente mencionados, la granja contará con una serie de elementos brevemente expuestos a continuación.

- Balsa de sedimentación: Esta toma por objetivo reducir y eliminar la cantidad de residuos y sólidos en suspensión (Como heces o restos de pienso) vertidos al cauce del río. Para la alternativa de sistema abierto convencional esta presentará unas dimensiones de 35 x 50 m, mientras que en el caso de que se recircule el agua pasarán a ser de 8 x 2,8 m, ya que la salida de agua de la explotación se verá muy reducida.

- Punto de captación de agua del río, el cual a su vez deberá presentar un azud que permita mantener el nivel del río y un ensanchamiento para reducir la cantidad de sólidos presentes (Desarenador).
- Rejillas colocadas previa a la entrada de agua a los tanques, reduciendo así la cantidad de contaminantes vertida a estos.
- Filtro rotatorio de tambor, cuyo objetivo será reducir y eliminar la cantidad de contaminantes y otros sólidos en el agua antes de distribuirla a los estanques.
- Un depósito regulador que permita conservar excesos de agua para épocas en las que el cauce del río pueda no ser suficiente.
- Una nave principal (30 m x 30 m) en la cual se alberguen los tanques de alevinaje, de forma que se mantenga a los peces que se hallan en su fase más vulnerable fuera de peligros como depredadores o condiciones climáticas adversas.
- Una nave complementaria (24 m x 24 m).
- Equipo diverso:
  - Grupo electrógeno.
  - Sistemas de control.
  - Bombas para el despesque.
  - Bombas clasificadoras.
  - Equipos de matanza, eviscerado, envasado y pesado.
  - Aireadores, siendo el método de aireación seleccionado el de hidroyectores.
  - Contador.
  - Alimentadores.
  - Balanzas.

## 6.8. Distribución nave complementaria

Por lo que respecta a la nave complementaria, esta se divide en las siguientes salas e inmediaciones:

- Vestuarios, por los que deberán pasar los empleados de la explotación antes del inicio de sus actividades, reduciendo así la posible entrada a las instalaciones de patologías y contaminantes externos. Habrá dos vestuarios diferentes, cada uno con una zona “limpia” y una zona “sucia” y que contarán con duchas, así como con inodoros.

- Servicios.
- Una sala de descanso.
- Despachos / Oficinas.
- Una sala de maquinaria donde albergar equipos estáticos como pueda ser el grupo control.
- Cámaras frigoríficas con su recepción en frío para almacenar la producción hasta su salida de la explotación.
- Un almacén para maquinaria, así como piensos y otros elementos.

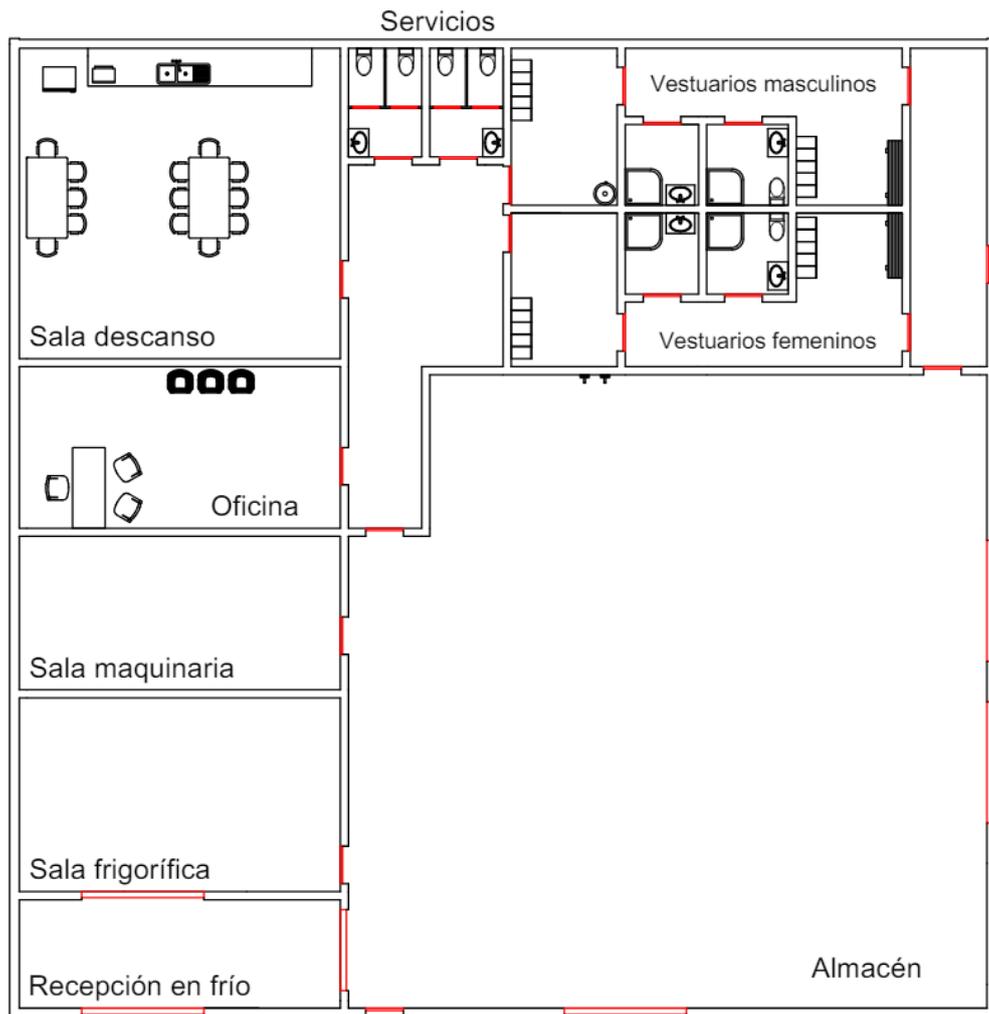


Figura 14. Distribución en planta Nave Complementaria. Fuente: Elaboración propia.

## 7. Evaluación económica

Se exponen en los siguientes apartados los datos económicos de los costes estimados para la explotación, tanto los de la inversión inicial que comprende el presupuesto como los costes generados dentro de un año productivo, así como la amortización de estos y una simulación de la actividad económica para los años futuros.

A partir de estos se ha estudiado la rentabilidad de cada una de las alternativas propuestas en el presente proyecto, además del período requerido para la recuperación de la inversión inicial y los valores del VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno). De esta forma se evalúa cual de ambas alternativas presentará un mayor interés desde el punto de vista económico.

### 7.1. Presupuestos

A partir de los diferentes costes requeridos para la construcción de la infraestructura de la explotación y de la compra de los equipos necesarios para la puesta en marcha de esta, junto con características de diseño de ambas alternativas para el diseño de la explotación se obtienen los siguientes presupuestos:

- Presupuesto 1, para una piscifactoría de ciclo abierto convencional:  
**3.625.209,32 €**
- Presupuesto 2, para una piscifactoría de ciclo abierto con recirculación de agua:  
**3.897.894,70 €**

Además, se presentan ambos presupuestos descompuestos en sus diferentes componentes en las Tablas 13, 14 y 15.

Tabla 13. Coste total y amortización anual (25 años) de la Obra Civil de la explotación. Fuente: Elaboración propia.

	Alternativa 1 (Circuito abierto)	Alternativa 2 (Recirculación de agua)
Compra de terreno	327.180,00 €	327.180,00 €
Coste cerramientos	12.496,00 €	12.496,00 €
Toma de agua y canal	100.000,00 €	100.000,00 €
Estanques de hormigón	1.965.445,00 €	1.965.445,00 €
Urbanización	35.940,00 €	35.940,00 €
Edificio estanques alevinaje	54.000,00 €	54.000,00 €
Canales	31.959,00 €	31.959,00 €
Estanques de tierra impermeabilizado	26.250,00 €	336,00 €
Edificio complementario	288.000,00 €	288.000,00 €
Total obra civil	2.841.270,00 €	2.815.356,00 €
Amortización anual	113.650,80 €	112.614,24 €

Tabla 14. Coste total y amortización anual (12,5 años) de los Equipos de la explotación. Fuente: Elaboración propia.

	Alternativa 1 (Circuito abierto)	Alternativa 2 (Recirculación de agua)
Alimentadores automáticos	27.280,00 €	27.280,00 €
Aireadores (Hidroeyectores)	126.000,00 €	126.000,00 €
Bomba de peces	30.000,00 €	30.000,00 €
Clasificador	30.000,00 €	30.000,00 €
Contador	30.000,00 €	30.000,00 €
Cámara frigorífica	50.000,00 €	50.000,00 €
Estación eléctrica	12.000,00 €	12.000,00 €
Drumfilter	- €	104.920,00 €
Biofiltros	- €	157.675,00 €
Total Equipos	305.280,00 €	567.875,00 €
Amortización anual	24.422,40 €	45.430,00 €

Tabla 15. Costes y presupuestos de las alternativas de diseño de la explotación. Fuente: Elaboración propia.

	Alternativa 1 (Circuito abierto)	Alternativa 2 (Recirculación de agua)
Costes Obra Civil	2.841.270,00 €	2.815.356,00 €
Costes Equipos	305.280,00 €	567.875,00 €
Otros costes	478.659,32 €	514.663,70 €
Presupuesto total	3.625.209,32 €	3.897.894,70 €
Amortización anual	138.073,20 €	158.044,24 €

El procedimiento empleado para la asignación de los costes de ambos presupuestos vendrá desglosado en el Documento I: Anejos a la Memoria, en el apartado correspondiente.

## 7.2. Costes anuales de producción

Se exponen en la Tabla 16 los costes anuales generados a lo largo de un año productivo en la explotación para cada una de las alternativas propuestas:

Tabla 16. Costes de producción anuales de la explotación. Fuente: Elaboración propia.

	Alternativa 1 (Circuito abierto)	Alternativa 2 (Recirculación de agua)
Amortización	138.073,20 €	158.044,24 €
Personal	255.000,00 €	255.000,00 €
Compra de alevines	164.473,60 €	164.473,60 €
Alimentación	1.182.760,28 €	1.182.760,28 €
Energía	48.000,00 €	62.636,16 €
Oxígeno	13.917,44 €	18.510,19 €
Seguro	5.610,22 €	5.610,22 €
Otros	344.626,78 €	347.762,77 €
<b>TOTAL</b>	<b>2.152.461,51 €</b>	<b>2.194.797,46 €</b>

Partiendo del valor de los costes anuales de cada alternativa, así como de la producción anual de 500 toneladas, se establecerá el coste unitario de producción para cada una de las alternativas. Dicho coste será de 4,30 € por kg producido para la alternativa del sistema abierto convencional, mientras que alcanzará un valor de 4,39 € por kg producido en el caso de que se pretenda recircular el agua.

Se establece así un precio de venta del producto de la piscifactoría de 5,80 €/kg para ambas alternativas, buscando sobrepasar una rentabilidad del 30 %. Al aplicar dicho precio de venta se obtiene un ratio de beneficio / coste del 34,73 % de rentabilidad para la alternativa de sistema abierto convencional y de un 32,13 % para un sistema abierto con recirculación de agua.

### 7.3. Proyección a 25 años

A continuación, se exponen en las Tablas 17 y 18, así como en las Figuras 15 y 16, la evolución de los gastos e ingresos de la explotación a lo largo de un periodo de 25 años.

Tabla 17. Evolución de flujos de la explotación para opción de un circuito abierto. Fuente: Elaboración propia.

Año	Pagos ext	Pagos ord	Cobros ord	Cobros ext	Flujo Caja	Flujo Act	Flujo Acum
0	- 3.625.209,32 €	- €	- €		- 3.625.209,32 €	- 3.625.209,32 €	- 3.625.209,32 €
1	- €	- 607.960,96 €	- €		- 607.960,96 €	- 562.926,81 €	- 4.188.136,13 €
2	- €	- 1.488.433,18 €	725.000,00 €	1.450.083,73 €	686.650,55 €	588.692,17 €	- 3.599.443,96 €
3	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	817.836,51 €	- 2.781.607,45 €
4	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	757.256,03 €	- 2.024.351,42 €
5	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	701.162,99 €	- 1.323.188,43 €
6	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	649.224,99 €	- 673.963,44 €
7	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	601.134,25 €	- 72.829,18 €
8	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	556.605,79 €	483.776,60 €
9	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	515.375,73 €	999.152,33 €
10	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	477.199,75 €	1.476.352,08 €
11	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	441.851,62 €	1.918.203,70 €
12	- 305.280,00 €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		724.958,47 €	287.890,98 €	2.206.094,68 €
13	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	378.816,55 €	2.584.911,23 €
14	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €	122.112,00 €	1.152.350,47 €	392.330,44 €	2.977.241,67 €
15	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	324.774,13 €	3.302.015,80 €
16	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	300.716,79 €	3.602.732,59 €
17	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	278.441,47 €	3.881.174,06 €
18	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	257.816,18 €	4.138.990,24 €
19	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	238.718,68 €	4.377.708,92 €
20	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	221.035,82 €	4.598.744,74 €
21	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	204.662,79 €	4.803.407,53 €
22	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	189.502,59 €	4.992.910,11 €
23	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	175.465,36 €	5.168.375,47 €
24	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	162.467,92 €	5.330.843,40 €
25	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	150.433,26 €	5.481.276,66 €



Figura 15. Evolución temporal de las ganancias de la explotación para la alternativa de establecer un circuito abierto convencional. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Evolución de flujos de la explotación para opción de recircular el agua. Fuente: Elaboración propia.

Año	Pagos ext	Pagos ord	Cobros ord	Cobros ext	Flujo Caja	Flujo Act	Flujo Acum
0	- 3.897.894,70 €	- €	- €	- €	- 3.897.894,70 €	- 3.897.894,70 €	- 3.897.894,70 €
1	- €	- 627.189,87 €	- €	- €	- 627.189,87 €	580.731,36 €	- 4.478.626,06 €
2	- €	- 1.507.662,09 €	725.000,00 €	1.559.157,88 €	776.495,79 €	665.719,98 €	- 3.812.906,08 €
3	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	802.571,98 €	- 3.010.334,10 €
4	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	743.122,20 €	- 2.267.211,89 €
5	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	688.076,11 €	- 1.579.135,78 €
6	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	637.107,51 €	- 942.028,27 €
7	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	589.914,36 €	- 352.113,90 €
8	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	546.217,00 €	194.103,10 €
9	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	505.756,48 €	699.859,59 €
10	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	468.293,04 €	1.168.152,63 €
11	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	433.604,67 €	1.601.757,30 €
12	- 567.875,00 €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		443.134,55 €	175.974,83 €	1.777.732,12 €
13	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	371.746,11 €	2.149.478,24 €
14	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €	227.150,00 €	1.238.159,55 €	421.545,09 €	2.571.023,33 €
15	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	318.712,38 €	2.889.735,71 €
16	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	295.104,05 €	3.184.839,76 €
17	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	273.244,49 €	3.458.084,25 €
18	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	253.004,16 €	3.711.088,41 €
19	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	234.263,11 €	3.945.351,52 €
20	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	216.910,29 €	4.162.261,81 €
21	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	200.842,86 €	4.363.104,66 €
22	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	185.965,61 €	4.549.070,27 €
23	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	172.190,38 €	4.721.260,65 €
24	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	159.435,54 €	4.880.696,19 €
25	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	147.625,50 €	5.028.321,69 €



Figura 16. Evolución temporal de las ganancias de la explotación para la alternativa de recircular el agua en un circuito abierto convencional. Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se observa en las Figuras 15 y 16, se requerirá un plazo de recuperación de 8 años para ambas opciones. Por último, en la Tabla 19 se muestran los valores del VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno) para las diferentes alternativas de la explotación, permitiendo así comparar la viabilidad de cada una de ellas.

Tabla 19. VAN y TIR para las diferentes alternativas de la explotación. Fuente: Elaboración propia.

	Alternativa 1 (Circuito abierto)	Alternativa 2 (Recirculación de agua)
VAN	7.595.728,21 €	7.090.265,12 €
TIR	19%	18%

## 8. Conclusiones

En las Figuras 17, 18 y 19 se compara el consumo de agua de ambas alternativas, así como las necesidades de oxígeno y la generación de residuos sólidos devueltos al cauce del río.

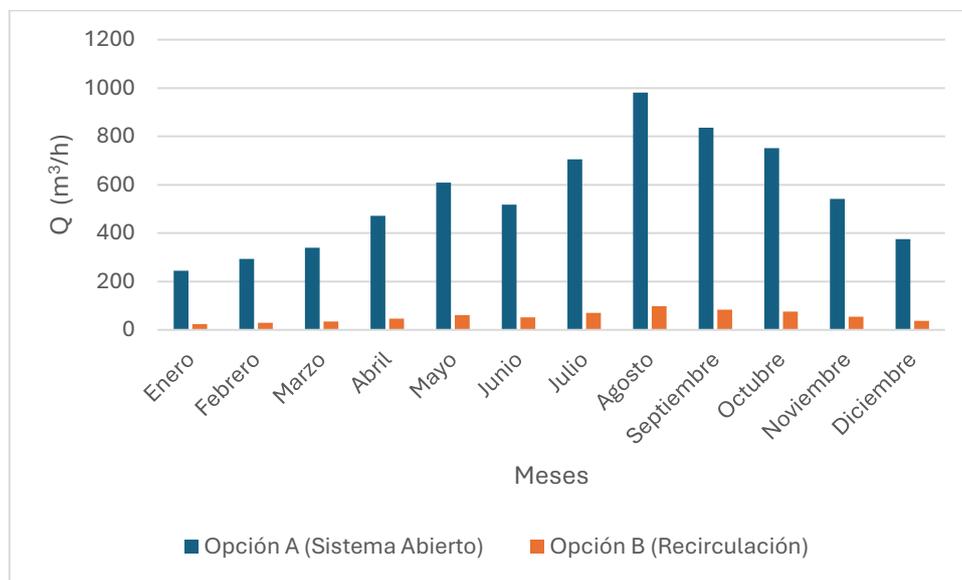


Figura 17. Comparación necesidades mensuales de agua para el conjunto de la explotación, expresadas en m³/h. Fuente: Elaboración propia.

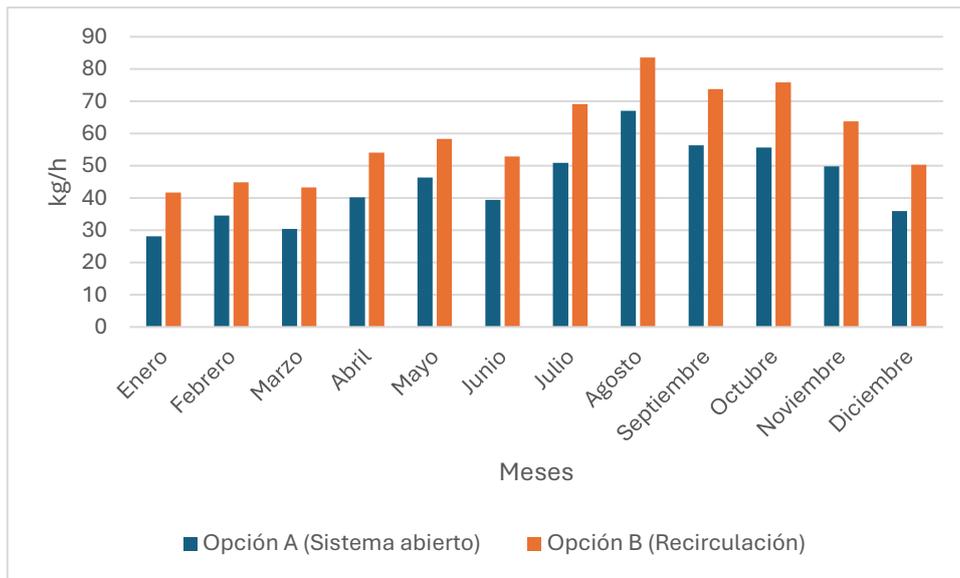


Figura 18. Comparación necesidades mensuales de oxígeno del conjunto de la explotación, expresadas en kg/h. Fuente: Elaboración propia.

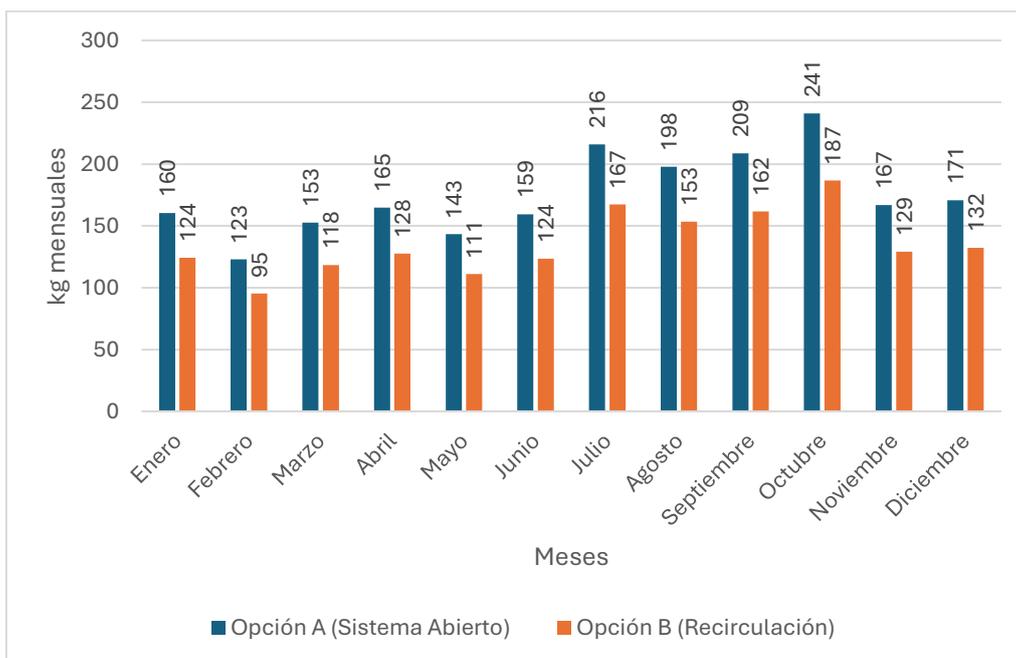


Figura 19. Comparación evacuación mensual de residuos sólidos de la explotación, expresado en kg producidos al mes. Fuente: Elaboración propia.

De forma similar, en la Tabla 20 se comparan diferentes aspectos económicos para cada una de las opciones propuestas.

Tabla 20. Comparación aspectos económicos de las diferentes alternativas. Fuente: Elaboración propia

	Alternativa 1 (Circuito abierto)	Alternativa 2 (Recirculación de agua)
Presupuesto	3.625.209,32 €	3.897.894,70 €
Amortización anual	138.073,20 €	158.044,24 €
Costes de producción anuales	2.152.461,51 €	2.194.797,46 €
Coste unitario (€/kg)	4,3	4,39
Precio de venta (€/kg)	5,80	5,80
Ratio B/C	34%	32%
VAN	7.595.728,21 €	7.090.265,12 €
TIR	19%	18%
Plazo de recuperación	8 años	8 años

Tomando los valores reflejados en las figuras 17, 18 y 19 como punto de partida, se puede establecer que la alternativa de sistema abierto convencional genera un mayor impacto ambiental, ya que requiere de un mayor consumo de agua a lo largo de su ciclo productivo y, además, libera al medio una mayor cantidad de residuos. Además, también se toma en cuenta que en la opción del sistema abierto con recirculación de agua parte de los residuos de N se encontrarán en forma de nitratos, los cuales presentan una menor toxicidad que el amoníaco.

En cuanto a la alternativa de recircular el agua, el dimensionado de los diferentes elementos de filtrado requeridos por dicho proceso presenta como desventaja la necesidad de una mayor inversión inicial, producto del elevado coste de dichos elementos. Debido al incremento en el gasto inicial, esta alternativa presentará un coste unitario y un valor a amortizar superior al del sistema abierto convencional, de forma que este último presenta un mayor interés desde el punto de vista económico. Esto también se ve reflejado en los valores del VAN y el TIR, presentes en la Tabla 20.

Además, es importante tener en cuenta que debido a que no consta de elementos típicos de un sistema cerrado, como lo son los equipos de calentamiento de agua, la duración de los ciclos de producción no se verá afectada por la elección de esta alternativa, manteniendo así un ritmo de producción igual a la opción del sistema abierto. Lo mismo sucede con el consumo de pienso y los requerimientos de tanques de ambas alternativas.

Partiendo de lo previamente establecido, la selección de una opción u otra se basará en los criterios que se decidan priorizar a la hora de llevar en adelante el proyecto, ya sea reducir el impacto ambiental generado por la explotación, en cuyo caso se optará por el diseño que

permite recircular el agua, o minimizar la inversión inicial realizada para establecer la explotación, escogiendo así el sistema abierto convencional.

## **9. Construcción**

La explotación contará con dos estructuras separadas, una cubierta (A la que de ahora en adelante se le denominará cubierta de alevinaje) y una nave complementaria, destinada a albergar instalaciones de diversa índole, como las cámaras frigoríficas, el almacén y los vestuarios, entre otros. Ambas cuentan con una estructura principal consistente en una nave a dos aguas, correas, cerchas, muros hastiales y cimentaciones (Zapatatas).

Cada cercha se compondrá a su vez de una celosía apoyada sobre dos pilares, mientras que el muro hastial constará de pilares y un dintel.

La cubierta de alevinaje presenta unas dimensiones de 30 m x 30 m de planta, con una elevación lateral de 6 m y de 8,25 m de altura máxima.

Por el otro lado, la nave complementaria presenta unos 24 m x 24 m de planta, con una elevación lateral de 6 m y de 7,2 m de altura máxima.

### **9.1. Cimentación**

La cimentación de ambas estructuras consistirá en el uso de zapatas en la base de los diferentes pilares, distinguiéndose entre las zapatas empleadas para la estructura del muro hastial y las zapatas de las cerchas.

El material a emplear será hormigón armado, con hormigón tipo HA-25 y acero corrugado tipo B500S.

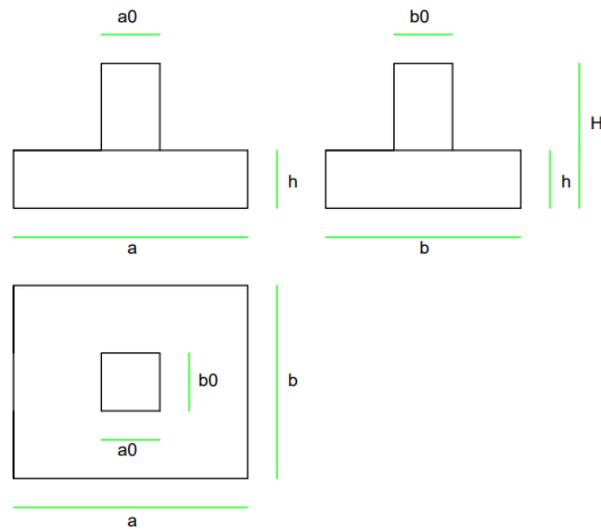


Figura 20. Esquema alzado, planta y perfil de una zapata. Fuente: Elaboración propia.

Tomando como referencia el esquema establecido en la Figura 20 se establecen las siguientes dimensiones para las diferentes zapatas de la explotación, representadas en las Tabla 21 y 22:

Tabla 21. Dimensiones zapatas cubierta Alevinaje. Fuente: Elaboración propia.

Zapatas estructura principal	
Enano	
a0 (m)	0,75
b0 (m)	0,75
Zapata	
Largo a (m)	2,5
Ancho b (m)	1,5
Altura (h)	0,5
Profundidad de apoyo H (m)	2
Zapatas muro hastial	
Enano	
a0 (m)	0,75
b0 (m)	0,75
Zapata	
Largo a (m)	3
Ancho b (m)	2
Altura (h)	0,75
Profundidad de apoyo H (m)	2

Tabla 22. Dimensiones zapatas Nave Complementaria. Fuente: Elaboración propia.

Zapatas estructura principal	
Enano	
a0 (m)	0,75
b0 (m)	0,75
Zapata	
Largo a (m)	2,5
Ancho b (m)	1,5
Altura (h)	0,5
Profundidad de apoyo H (m)	2
Zapatas muro hastial	
Enano	
a0 (m)	0,75
b0 (m)	0,75
Zapata	
Largo a (m)	2,75
Ancho b (m)	2
Altura (h)	0,75
Profundidad de apoyo H (m)	2

## 9.2. Cerchas

En el caso de las cerchas, estas se dividirán en celosías y pilares, y en el caso de ambas construcciones consistirán en la estructura principal sobre la que reposarán las correas, cubiertas y cerramientos.

En el caso de la cubierta de alevinaje las cerchas presentarán una distancia entre ellas de 5 m, mientras que dicha separación en la nave complementaria será de 4 m.

Ambas estructuras presentarán pilares laterales de 5,4 m de altura, así como la presencia de una correa lateral a uno de la nave colocada a una altura de 5 m.

### 9.2.1. Celosías

Los perfiles seleccionados para las celosías consisten en perfiles cuadrados, siendo el material empleado acero tipo S275JR.

Para ambas estructuras tanto la distribución de las barras de las celosías como la distribución de cargas de estas se considera simétrica, de forma que se dimensiona un solo lado con la idea de que el otro empleará los mismos perfiles.

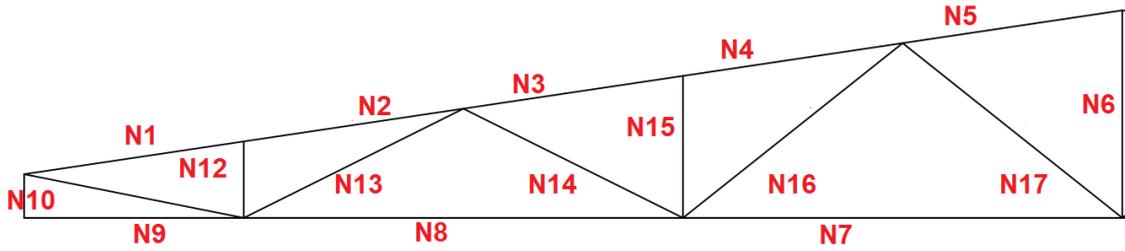


Figura 21. Esquema media celosía Cubierta Alevinaje. Fuente: Elaboración propia.

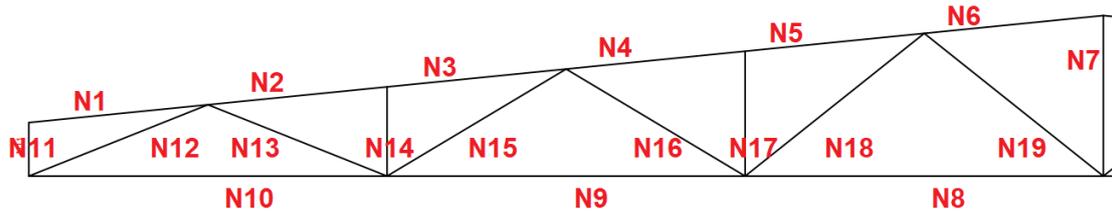


Figura 22. Esquema media celosía Nave Complementaria.

Tomando como referencia las Figuras 21 y 22 se establecen en las tablas 23 y 24 los perfiles a emplear en ambas naves, así como sus axiles y comprobaciones.

Tabla 23. Axiles, perfiles y comprobaciones celosía Cubierta Alevinaje. Fuente: Elaboración propia.

Barra	Axil (kg)	Nombre	Área perfil (cm <sup>2</sup> )	Radio de giro (cm)	Tensión de trabajo (kg/cm <sup>2</sup> )	Longitud (cm)	Esbeltez mecánica	Tensión crítica (kg/cm <sup>2</sup> )	Comprobación de resistencia	Comprobación de pandeo
1	-39628,547	# 120 x 5	22,77	4,72	-1740,38415	303,3	64,2584746	5019,47409	cumple	cumple
2	-39628,547	# 120 x 5	22,77	4,72	-1740,38415	303,3	64,2584746	5019,47409	cumple	cumple
3	-49789,697	# 160 x 5	30,63	6,36	-1625,52063	303,3	47,6886792	9113,56826	cumple	cumple
4	-49789,697	# 160 x 5	30,63	6,36	-1625,52063	303,3	47,6886792	9113,56826	cumple	cumple
5	-40555,329	# 120 x 5	22,77	4,72	-1781,08603	303,3	64,2584746	5019,47409	cumple	cumple
6	8984,155	# 80 x 5	14,1	3,01	637,174113	285	0	0	cumple	0
7	45721,641	# 160 x 5	30,63	6,36	1492,70784	600	0	0	cumple	0
8	48769,989	# 160 x 5	30,63	6,36	1592,22948	600	0	0	cumple	0
9	0	# 80 x 5	14,1	3,01	0	300	0	0	cumple	0
10	-15240,825	# 80 x 5	14,1	3,01	-1080,90957	60	19,9335548	52161,435	cumple	cumple
11	39966,212	# 120 x 5	22,77	4,72	1755,21353	305,9	0	0	cumple	0
12	-3048,165	# 80 x 5	14,1	3,01	-216,181915	105	34,8837209	17032,3053	cumple	cumple
13	-10710,652	# 80 x 5	14,1	3,01	-759,620709	335,4	111,428571	1669,26741	cumple	cumple
14	524,158	# 80 x 5	14,1	3,01	37,1743262	335,4	0	0	cumple	0
15	-3048,165	# 80 x 5	14,1	3,01	-216,181915	195	64,7840532	4938,36071	cumple	cumple
16	4504,187	# 80 x 5	14,1	3,01	319,445887	384,2	0	0	cumple	0
17	-7190,763	# 80 x 5	14,1	3,01	-509,983191	384,2	127,641196	1272,14704	cumple	cumple

Tabla 24. Axiles, perfiles y comprobaciones Celosía Nave Complementaria. Fuente: Elaboración propia.

Barra	Axil (kg)	Nombre	Área perfil (cm <sup>2</sup> )	Radio de giro (cm)	Tensión de trabajo (kg/cm <sup>2</sup> )	Longitud (cm)	Esbeltez mecánica	Tensión crítica (kg/cm <sup>2</sup> )	Comprobación de resistencia	Comprobación de pandeo
1	0	# 120 x 5	22,77	4,72	0	201	0	0	cumple	0
2	-35536,385	# 120 x 5	22,77	4,72	-1560,66689	201	42,5847458	11429,0708	cumple	cumple
3	-35536,385	# 120 x 5	22,77	4,72	-1560,66689	201	42,5847458	11429,0708	cumple	cumple
4	-40612,157	# 120 x 5	22,77	4,72	-1783,58177	201	42,5847458	11429,0708	cumple	cumple
5	-40612,157	# 120 x 5	22,77	4,72	-1783,58177	201	42,5847458	11429,0708	cumple	cumple
6	-35535,137	# 120 x 5	22,77	4,72	-1560,61208	201	42,5847458	11429,0708	cumple	cumple
7	5304,263	# 60 x 5	10,1	2,19	525,174554	180	0	0	cumple	0
8	38673,9	# 120 x 5	22,77	4,72	1698,4585	400	0	0	cumple	0
9	39779,513	# 120 x 5	22,77	4,72	1747,01419	400	0	0	cumple	0
10	24310,449	# 100 x 5	18,1	3,83	1343,11873	400	0	0	cumple	0
11	-883,998	# 60 x 5	10,1	2,19	-87,5245545	60	27,3972603	27612,439	cumple	cumple
12	-26183,08	# 100 x 5	18,1	3,83	-1446,57901	215,4	56,2402089	6552,77401	cumple	cumple
13	11900,697	# 60 x 5	10,1	2,19	1178,28683	215,4	0	0	cumple	0
14	-1767,996	# 60 x 5	10,1	2,19	-175,049109	100	45,6621005	9940,47803	cumple	cumple
15	-5154,006	# 60 x 5	10,1	2,19	-510,297624	233,2	106,484018	1827,89051	cumple	cumple
16	735,945	# 60 x 5	10,1	2,19	72,8658416	233,2	0	0	cumple	0
17	-1767,996	# 60 x 5	10,1	2,19	-175,049109	140	63,9269406	5071,67246	cumple	cumple
18	2224,041	# 60 x 5	10,1	2,19	220,202079	256,1	0	0	cumple	0
19	-4245,463	# 60 x 5	10,1	2,19	-420,342871	256,1	116,940639	1515,61227	cumple	cumple

## 9.2.2. Pilares

Se emplearán perfiles HEB-280 para los pilares de las cerchas de la nave de alevinaje y perfiles HEB-240 para los de la nave complementaria. El material empleado será acero tipo S275JR.

## 9.3. Muro hastial

Los muros hastiales se componen por un dintel y varios pilares. En ambos casos se emplean perfiles del tipo HEB de acero tipo S275JR.

### 9.3.1. Pilares

Los pilares del muro hastial presentan una separación de 5 m en la cubierta de alevinaje y de 4 m en el caso de la nave complementaria.

El perfil a emplear será el HEB-220 en el caso de ambas estructuras.

### 9.3.2. Dintel

Se utilizarán el perfil HEB-160 para la cubierta de alevinaje y el perfil HEB-140 para la nave complementaria.

## **9.4. Correas**

El material de las correas de ambas construcciones es acero tipo S775JR.

Las correas de la cubierta de alevinaje presentan una separación de 3 m, mientras que el perfil establecido para estas es el IPE-160.

Las correas de la nave complementaria en cambio presentan una separación de 2 m, siendo su perfil utilizado IPE-120.

## **10. Instalaciones hidráulicas**

Este apartado comprende el dimensionado de las redes de fontanería y saneamiento de la nave complementaria de la explotación. No se realizará su dimensionado para la nave de alevinaje puesto a que esta no requerirá del empleo de agua en ninguno de sus equipos, más allá de la que obtiene por medio de los canales.

### **10.1. Fontanería**

La toma de agua de la explotación se encuentra en una pequeña construcción (25 m<sup>2</sup>) previa a la realización del proyecto. Dicha toma de agua presenta una cota de un metro y medio por debajo de la línea de suelo y una presión de 20 m.c.a.

La red de fontanería se dividirá en una red de agua fría que suministrará a todos los aparatos sanitarios de la nave y una red de agua caliente, que tan solo distribuirá a aquellos elementos que la precisen.

Se empleará como material para las conducciones de ambas redes polietileno reticulado (PE-X) debido a su resistencia a temperaturas más elevadas.

### 10.1.1. Agua fría

En la Tabla 25 se establecen los diferentes equipos y aparatos que precisan de agua pertenecientes a la red de agua fría, así como los caudales requeridos por estos.

Tabla 25. Elementos de la red de agua fría y caudales requeridos. Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Q (L/s)
Fregadero doméstico	0,2
Inodoro con cisterna	0,1
Calentador	0,79
Lavabo	0,1
Lavabo	0,1
Grifo garaje	0,2
Grifo garaje	0,2
Ducha	0,2
Lavabo	0,1
Ducha	0,2
Inodoro con cisterna	0,1
Lavabo	0,1
Ducha	0,2
Lavabo	0,1
Ducha	0,2
Inodoro con cisterna	0,1
Lavabo	0,1
TOTAL	3,39

La Tabla 26 expone los diferentes tramos de la red, así como los diámetros nominales seleccionados, caudales que los circulan y valores de velocidad máxima del agua.

Tabla 26. Red de agua fría: Diámetros, caudales y velocidades. Fuente: Elaboración propia.

Tramo	Elemento	q (L/S)	q (m <sup>3</sup> /s)	D Teo (mm)	DN	D real	Material	V (m/s)
T1	Fregadero doméstico	3,39	0,00339	41,55	50	42,6	PE-X	2,37
T2	-	3,19	0,00319	40,30	50	42,6	PE-X	2,23
T3	Grifo garaje	0,4	0,0004	14,27	20	17	PE-X	1,76
T4	Grifo garaje	0,2	0,0002	10,09	16	13,4	PE-X	1,41
T5	Calentador	2,39	0,00239	34,88	50	42,6	PE-X	1,67
T6	Lavabo	0,2	0,0002	10,0	16	13,4	PE-X	1,41
T7	Lavabo	0,1	0,0001	7,13	16	13,4	PE-X	0,70
T8	-	1,4	0,0014	26,70	32	27,2	PE-X	2,40
T9	Ducha	0,7	0,0007	18,88	25	21,2	PE-X	1,98
T10	Lavabo	0,5	0,0005	15,95	20	17	PE-X	2,20
T11	Ducha	0,4	0,0004	14,27	20	17	PE-X	1,76
T12	Inodoro con cisterna	0,2	0,0002	10,09	16	13,4	PE-X	1,41
T13	Lavabo	0,1	0,0001	7,13	16	13,4	PE-X	0,70
T14	Ducha	0,7	0,0007	18,8	25	21,2	PE-X	1,98
T15	Lavabo	0,5	0,0005	15,9	20	17	PE-X	2,20
T16	Ducha	0,4	0,0004	14,27	20	17	PE-X	1,76
T17	Inodoro con cisterna	0,2	0,0002	10,09	16	13,4	PE-X	1,41
T18	Lavabo	0,1	0,0001	7,13	16	13,4	PE-X	0,70
T19	Inodoro con cisterna	0,4	0,0004	14,27	20	17	PE-X	1,76
T20	Inodoro con cisterna	0,3	0,0003	12,36	16	13,4	PE-X	2,12
T21	Inodoro con cisterna	0,2	0,0002	10,09	16	13,4	PE-X	1,41
T22	Inodoro con cisterna	0,1	0,0001	7,13	16	13,4	PE-X	0,70
T2.5	-	2,79	0,00279	37,69	50	42,6	PE-X	1,95

### 10.1.2. Agua caliente

De forma similar a la red de agua fría, en la tabla 27 se muestran los elementos de la red de agua caliente, además de sus caudales requeridos.

Tabla 27. Elementos de la red de agua caliente y caudales requeridos. Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Q (L/s)
Lavabo	0,065
Lavabo	0,065
Ducha	0,1
Lavabo	0,065
Ducha	0,1
Lavabo	0,065
Ducha	0,1
Lavabo	0,065
Ducha	0,1
Lavabo	0,065
TOTAL	0,79

En la tabla 28 se exponen los diferentes tramos de la red de agua caliente, junto con sus caudales, diámetros nominales seleccionados y velocidades de circulación del agua.

Tabla 28. Red de agua caliente: Diámetros, caudales y velocidades. Fuente: Elaboración propia.

Tramo	Elemento	q (L/S)	q (m3/s)	D Teo (mm)	DN	D real	Material	V (m/s)
T1	-	0,79	0,00079	20,05	25	21,2	PE-X	2,23
T6	Lavabo	0,13	0,00013	8,13	16	13,4	PE-X	0,92
T7	Lavabo	0,065	0,000065	5,75	12	9,4	PE-X	0,93
T8	-	0,66	0,00066	18,33	25	21,2	PE-X	1,86
T9	Duchas	0,33	0,00033	12,96	16	13,4	PE-X	2,33
T10	Lavabo	0,23	0,00023	10,82	16	13,4	PE-X	1,63
T11	Ducha	0,165	0,000165	9,16	16	13,4	PE-X	1,16
T12	Lavabo	0,065	0,000065	5,75	12	9,4	PE-X	0,93
T13	Ducha	0,33	0,00033	12,96	16	13,4	PE-X	2,33
T14	Lavabo	0,23	0,00023	10,82	16	13,4	PE-X	1,63
T15	Ducha	0,165	0,000165	9,16	16	13,4	PE-X	1,16
T16	Lavabo	0,065	0,000065	5,75	12	9,4	PE-X	0,93

## 10.2.Red de saneamiento

La red de saneamiento de agua de la nave de alevinaje se compone de los siguientes elementos:

- Red de aguas pluviales, las cuales son recogidas de la cubierta en el caso de haber precipitaciones. Esta cuenta con canalones, bajantes y colectores de aguas pluviales.
- Red de aguas negras, recogidas desde los diferentes equipos sanitarios. Entre los elementos de esta se encuentran los ramales individuales, que recogen el agua de los diferentes equipos sanitarios, y de colectores horizontales.
- Red mixta, conformada por colectores y que une las dos anteriores y transporta el conjunto de aguas hasta el punto de evacuación.
- Arquetas (Pocetas distribuidas a lo largo de las tres redes).

En las siguientes tablas se muestran las dimensiones y diámetros seleccionados de los diferentes componentes de la red de saneamiento (A excepción del diámetro nominal de la red mixta, que es DN 200 para todos sus tramos):

*Tabla 29. Red de pluviales: DN Canalones y bajantes. Fuente: Elaboración propia.*

Elemento	DN (mm)
Canalones	125
Bajante	DN (mm)
1	63
2	90
3	63
4	63
5	63
6	63
7	63

Tabla 30. Red de pluviales: DN, longitudes y pendiente de colectores pluviales.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
<i>i</i> (mm/h)	135	135	135	135	135	135	135
<i>f</i>	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
<i>S</i> teorica (m <sup>2</sup> )	73,51	220,53	294,04	73,51	147,02	220,53	294,04
<i>S</i> corregida (m <sup>2</sup> )	99,23	297,71	396,95	99,23	198,47	297,71	396,95
<i>Pdte</i> (%)	2	2	2	2	2	2	2
<i>DN</i> (mm)	90	110	125	90	110	110	125
<i>L</i> (m)	12,63	12,13	25,78	6,56	6,06	6,06	1,34

Tabla 31. Red de pluviales: Dimensiones de arquetas. Fuente: Elaboración propia.

Arqueta	Colector salida	DN Col.Sal.	Dimensiones (cm)
A	T1 Pluv	90	40 x 40
B	T2 Pluv	110	50 x 50
C	T3 Pluv	125	50 x 50
D	T3 Pluv	125	50 x 50
E	T5 Pluv	110	50 x 50
F	T6 Pluv	110	50 x 50
G	T7 Pluv	125	50 x 50

Tabla 32. Red aguas negras: DN ramales individuales.

Aparato sanitario	UD	D mín (mm)
Baño chicos		
Inodoro con cisterna	5	100
Inodoro con cisterna	5	100
Lavabo	2	40
Baño chicas		
Inodoro con cisterna	5	100
Inodoro con cisterna	5	100
Lavabo	2	40
Vestuario femenino		
Ducha	3	50
Ducha	3	50
Inodoro con cisterna	5	100
Lavabo	2	40
Lavabo	2	40
Vestuario masculino		
Ducha	3	50
Ducha	3	50
Inodoro con cisterna	5	100
Lavabo	2	40
Lavabo	2	40
Almacén		
Grifo garaje	2	50
Grifo garaje	2	50
Sala conjunta		
Fregadero	6	50

Tabla 33. Red aguas negras: DN y pendientes colectores horizontales. Fuente: Elaboración propia.

Tramo	UD	D (mm)	pdte (%)
3	4	50	2
7	10	50	2
9	12	50	2
11	15	50	2
16	10	50	2
35	12	50	2
36	15	50	2
12	19	50	2
19	34	75	2
20	34	75	2
23	7	50	2
25	12	50	2
28	7	50	2
30	12	50	2
31	24	63	2
32	58	90	2
34	64	90	2
Extra	64	90	2

Tabla 34. Red aguas negras: Dimensiones arquetas. Fuente: Elaboración propia.

Pluviales			
Arqueta	Colector salida	DN Col.Sal.	Dimensiones (cm)
A2	T12 Saneamiento	50	40 x 40
B2	T19 Saneamiento	75	40 x 40
C2	T20 Saneamiento	75	40 x 40
D2	T32 Saneamiento	90	40 x 40
E2	T34 Saneamiento	90	40 x 40

Tabla 35. Red mixta: Dimensiones arquetas. Fuente: Elaboración propia.

Arqueta	Colector de salida	DN Salida	Dimensiones (cm)
A1	T8 Mixt	200	60x60
B1	T9 Mixt	200	60x60

## 11. Bibliografía

- APROMAR, *La acuicultura en España 2023* (2023). Recuperado de: <https://apromar.es/informes/>
- Blanco Cachafeiro, María Carmen. *La trucha: cria industrial*. 2a ed., Mundi-Prensa, 1995.
- Camacho, E.; Moreno, M.A; Rodríguez, M; Luna, C.; Vázquez M. (2000). *Guía para el cultivo de trucha*. Impresora Marte, México. 1-137.
- Código Técnico de Edificación, Documento Básico SE-A – Seguridad estructural Acero (2008). Recuperado de: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-A.pdf>
- Código Técnico de Edificación, Documento Básico HS Salubridad (2020). Recuperado de: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HS/DBHS.pdf>
- 2021. *FAO Yearbook of Fishery and Aquaculture Statistics. Rome*. Recuperado de: <https://openknowledge.fao.org/items/707ea9ae-ed5a-4ad9-a551-ae4eb78b959d>
- García-Badell Lapetra, José Javier. *Tecnología de las explotaciones piscícolas*. Mundi-Prensa, 1985.
- Jover Cerdá, Miguel, et al. *Acuicultura: bases biológicas, ingeniería y diseño de instalaciones*. Editorial UPV, 2002.

