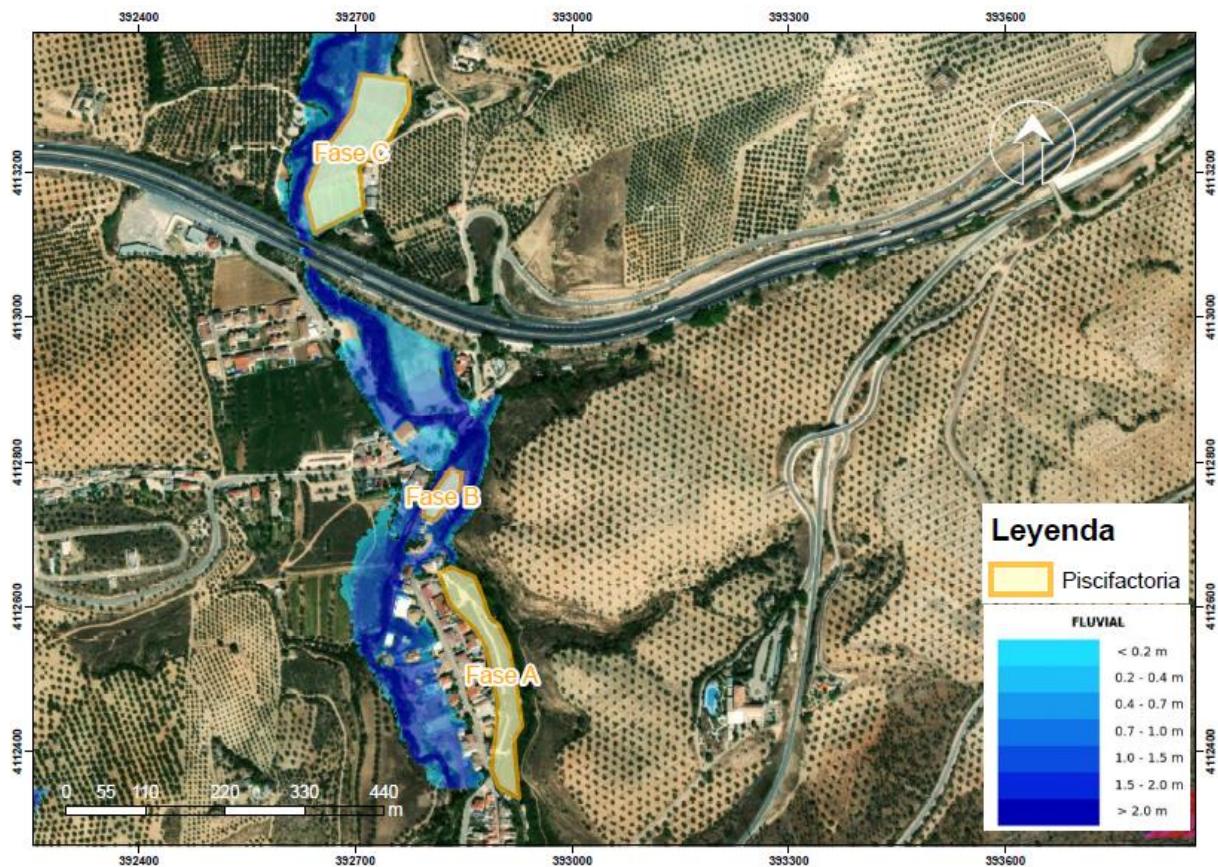


## CASO PILOTO

### EXPLORACIÓN PISCÍCOLA EN RIOFRÍO (T.M. LOJA, GRANADA)



Diciembre, 2021

## ÍNDICE

<b>1. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>4</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN GENERAL</b>	<b>6</b>
<b>2.1. EDIFICACIONES</b>	<b>9</b>
<b>2.2. ANIMALES</b>	<b>9</b>
<b>3. IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN</b>	<b>10</b>
<b>3.1. CAUSAS MÁS FRECUENTES DE INUNDACIÓN EN LA EXPLOTACIÓN</b>	<b>13</b>
<b>3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES QUE SE VERÍAN AFECTADAS POR LAS INUNDACIONES</b>	<b>17</b>
<b>3.3. INVENTARIO DE LOS PUNTOS DE ENTRADA DEL AGUA</b>	<b>17</b>
<b>4. MEDIDAS DE PREVENCIÓN, PROTECCIÓN Y PREPARACIÓN EXISTENTES</b>	<b>18</b>
<b>4.1. MEDIDAS YA ADOPTADAS EN EPISODIOS ANTERIORES</b>	<b>18</b>
<b>4.2. PÓLIZAS DE SEGUROS CONTRATADAS</b>	<b>18</b>
<b>4.3. PLANES DE EMERGENCIA</b>	<b>19</b>
<b>5. CARACTERIZACIÓN DE LA RESILIENCIA DE LA EXPLOTACIÓN</b>	<b>19</b>
<b>6. PROPUESTA DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN</b>	<b>20</b>
<b>6.1. MEDIDAS DE AUTOPROTECCIÓN</b>	<b>20</b>
<b>6.2. OTRAS MEDIDAS</b>	<b>21</b>
<b>7. ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO DE ALTERNATIVAS</b>	<b>22</b>
<b>7.1. ANÁLISIS DE DAÑOS POR ALTURA DE AGUA EN SITUACIÓN DE PARTIDA</b>	<b>23</b>
<b>7.2. ALTERNATIVAS CONSIDERADAS</b>	<b>24</b>
<b>7.3. ALTERNATIVA 1.- STATUS QUO</b>	<b>25</b>
<b>7.4. ALTERNATIVA 2.- PROTEGER TODA LA FASE B FRENTA A INUNDACIONES DE PEQUEÑOS CALADOS</b>	<b>25</b>
<b>7.5. ALTERNATIVA 3.- PROTEGER TODA LA FASE B FRENTA A INUNDACIONES DE CALADOS HASTA LA T10</b>	<b>26</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>27</b>
<b>9. ANEXOS</b>	<b>29</b>
<b>9.1. TABLAS Y CURVAS DE DAÑOS</b>	<b>29</b>



#### RELACIÓN DE ABREVIATURAS

AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
CEDEX	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas
DGA	Dirección General del Agua del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
Guía	Guía de Adaptación al Riesgo de Inundación en Explotaciones Agrícolas y Ganadera
ODT	Obra de drenaje transversal
SNCZI	Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables
Ti	Periodos de retorno de 500, 100 y 10 años

## 1. JUSTIFICACIÓN

Las inundaciones son la catástrofe natural que más daños produce anualmente en el mundo, también en España. En el ámbito de la UE, la Directiva 2007/60/CE sobre la evaluación y gestión de las inundaciones (Directiva de Inundaciones) es el instrumento para gestionar este riesgo y reducir los impactos negativos que produce sobre la salud, la actividad económica, el patrimonio cultural y el medio ambiente. Las inundaciones son también fenómenos naturales que, en gran parte de las ocasiones, no pueden evitarse y, por ello, es necesario gestionar su riesgo asociado mediante la adopción de diferentes tipos de medidas, entre ellas, medidas de autoprotección.

A este respecto, la DGA ha elaborado una colección de guías para la adaptación al riesgo de inundación de distintos sectores y usos; entre ellos, el sector agrícola y ganadero. Estas guías están disponibles en la web <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/planes-gestion-riesgos-inundacion/Adaptacion-al-riesgo-de-inundacion.aspx> y ya se han aplicado a varios ejemplos piloto.

Para impulsar la implantación de esas guías, la DGA ha puesto en marcha varios contratos en los que se seleccionarán varias explotaciones agropecuarias en el conjunto del país. A cada una de ellas se le realizará un diagnóstico del riesgo de inundación que presentan y se le propondrán diferentes medidas para mejorar su resiliencia. Una de las explotaciones seleccionadas ha sido la piscifactoría que la empresa RIOFRÍO 1963, S.L. tiene en Riofrío, Loja (Granada).

En este informe se presenta el diagnóstico del riesgo de inundación realizado en esa piscifactoría. Se lleva a cabo una evaluación del riesgo, una estimación de daños posibles por inundación, una caracterización de la resiliencia, una propuesta de medidas de adaptación y un análisis de su eficacia, mediante un análisis beneficio-coste.

La explotación ha sido propuesta por el Ayuntamiento de Loja, al que pertenece la pedanía de Riofrío, a través de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

La elección de esta explotación está avalada por varias inundaciones reportadas en los últimos años. La más reciente, ocurrida en el año 2018, tuvo graves consecuencias tanto para la explotación como para la pedanía (véanse Foto 1 a Foto 4). La explotación es una piscifactoría dedicada esencialmente a la producción de caviar, aunque también produce truchas y esturiones que constituyen un importante activo para los restaurantes de Riofrío.

La localidad tiene como fuente fundamental de ingresos el turismo de tipo gastronómico, y los restaurantes publicitan en sus cartas y en su cartelería los productos de la granja piscícola, con lo que existe una gran integración de la explotación en la actividad local.



*Foto 1. Inundación de 2018 en la instalación piscícola (fase B)*



*Foto 2. Inundación de 2018 en la plaza de San Isidro de Riofrío*



*Foto 3. Inundación de 2018 en la instalación piscícola (fase B)*



*Foto 4. Obstrucciones en los puentes en la confluencia de los ríos Frío y Salado, junto a la plaza de San Isidro*



Figura 1. Plaza de San Isidro, fase B de la explotación, puentes obturados y zona de confluencia de los ríos Frío y Salado

## 2. DESCRIPCIÓN GENERAL

**Nombre:** Riofrio 1963 SL

**Ubicación:** Riofrio, a ambos lados de la autovía A-92.

**Actividad:** Producción de caviar. De un modo secundario, producción de trucha y esturión.

**Referencias catastrales:**

- Polígono 19 Parcela 13 RIO FRIO. LOJA (GRANADA) 18123A019000130000MI
- Polígono 19 Parcela 14 RIO FRIO. LOJA (GRANADA) 18123A019000140000MJ
- Polígono 24 Parcela 107 RIO FRIO. LOJA (GRANADA) 18123A024001070000MG

La instalación está completamente integrada en el casco urbano de Riofrío y consta de tres áreas o fases diferenciadas:

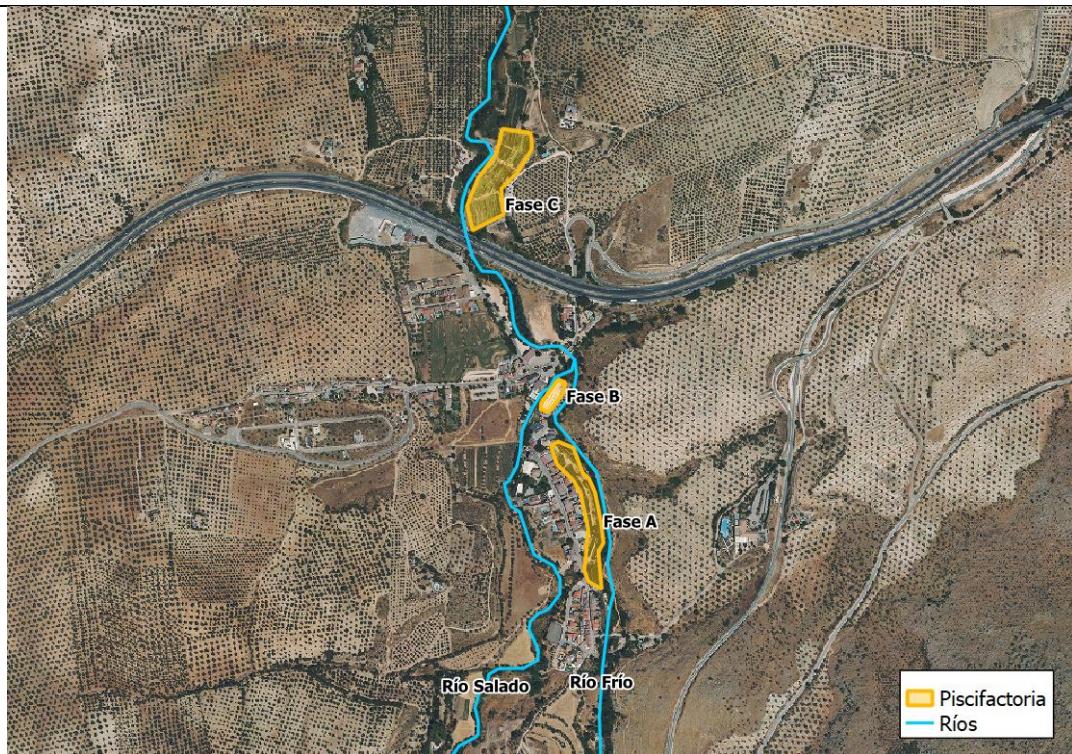


Figura 2. Ubicación de las fases de la granja piscícola

La Fase A discurre paralelamente en la margen izquierda del río Frío, aguas arriba de su confluencia con el río Salado, y está topográficamente muy elevada respecto del río. Su cuenca de aportación es mucho más pequeña que la del río Salado.

Esta fase no se ve afectada por las crecidas. Por ello, se dedica al engorde de esturión y también incluye unas piscinas donde se crían los alevines.



*Foto 5. Piscinas de la Fase A, distribuidas linealmente en cascada paralelamente al curso del río Frío*

La Fase B, de pequeña entidad, se enclava en el centro de la localidad y su finalidad es esencialmente demostrativa o publicitaria. El vínculo entre Riofrío y la granja es muy estrecho. Los restaurantes basan su oferta gastronómica en la trucha, el esturión y, en general, en los productos de la piscifactoría. La presencia de las piscinas - accesibles y visibles - favorece la actividad turística.



*Foto 6. Tienda, colindante con la Fase B*



*Foto 7. Fase B: verja de entrada al área de piscinas con un objetivo ornamental*

La Fase C es la de mayores dimensiones y se ubica al otro lado de la autovía A-92, aguas abajo del núcleo urbano de Riofrío. Incluye las oficinas y otras dependencias de la empresa. Estos elementos están a cota elevada y no tienen problemas de inundabilidad. El área de las piscinas sí está en zona inundable.

Dispone de un muro de gavión de separación de la explotación con el río, de 2 metros de altura y de gran robustez, diseñado para soportar sin sufrir daños, impactos similares a los de la inundación de 2018.



*Foto 8. Fase C, desde la zona elevada que incluye las oficinas. Al fondo, muro de gavión construido tras la inundación de 2018*

## 2.1. EDIFICACIONES

La única edificación en zona inundable es la tienda existente en la fase B. Forma parte de un edificio que incluye otras dependencias, más elevadas con respecto al nivel de la tienda. Las oficinas principales de la empresa están en la Fase C, elevadas respecto del nivel de las crecidas.

Las piscinas y los muretes de separación sí están en zona inundable, tanto en la fase B como en la fase C. En la fase C, el muro de gavión con un revestimiento impermeable construido tras la inundación de 2018 protege la instalación, por lo que se entiende que el riesgo ha quedado eliminado. No así en la fase B, que tras el episodio de 2018 fue reconstruida sin protecciones adicionales, por lo que sigue expuesta frente a nuevos episodios de inundación de igual magnitud.

## 2.2. ANIMALES

El principal activo con peligro de inundación en la explotación ha sido el stock de esturión. Tras la reconstrucción de la zona C y la protección de la misma con un muro de gavión, este riesgo se considera insignificante, salvo para inundaciones muy por encima de los períodos de retorno usualmente considerados para el cálculo, que son los de 10, 100 y 500 años.

Una hembra de esturión es productiva para la producción de caviar a partir de los 12-15 años, y las dificultades para la determinación del sexo en ejemplares jóvenes obliga al engorde de machos hasta los 6 años, cuando se puede determinar su sexo. Estos machos - una vez descartados para la producción de caviar - se destinan a la venta como carne para consumo humano, pero no suponen una fuente de ingresos comparable al caviar, que es el producto fundamental de la explotación.

La piscifactoría incluye el ciclo completo de cría y engorde y mantiene ejemplares de varias décadas de edad. La longevidad del esturión depende de la raza y en algunos casos puede llegar a los 100 años.

Se estima en períodos de máxima producción que la zona C puede albergar 15.000 individuos aptos para la producción de caviar. La zona B contiene una masa testimonial de peces, incluyendo algunas truchas para consumo en los restaurantes, con lo que las pérdidas en el caso de inundación no son muy relevantes. En cuanto a la zona A, que sí incluye individuos de alto valor productivo, no está en zona inundable.

Durante el episodio de inundación de 2018, la zona C estaba funcionando a ese ritmo y sólo sobrevivieron 900 ejemplares, lo que supuso una pérdida del 94% de la producción.

### 3. IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN

El riesgo de inundación está causado por los ríos Frío y Salado, que confluyen justamente en el casco urbano de Riofrío. La cuenca de aportación se corresponde con un tramo de cabecera montañoso. Sus inundaciones son de tipo rápido y localizado (flash floods).

Se han analizado los mapas de zonas inundables correspondientes al primer ciclo de planificación (mapas de peligrosidad y de riesgo para 10, 100 y 500 años). La Fase B se inunda para las crecidas de T10, además se encuentra en zona de flujo preferente. Por su parte, la Fase C, que se inundaba con frecuencia, está ahora protegida por las obras ya comentadas.

En las siguientes figuras se presentan los mapas de peligrosidad de T10, T100 y T500.

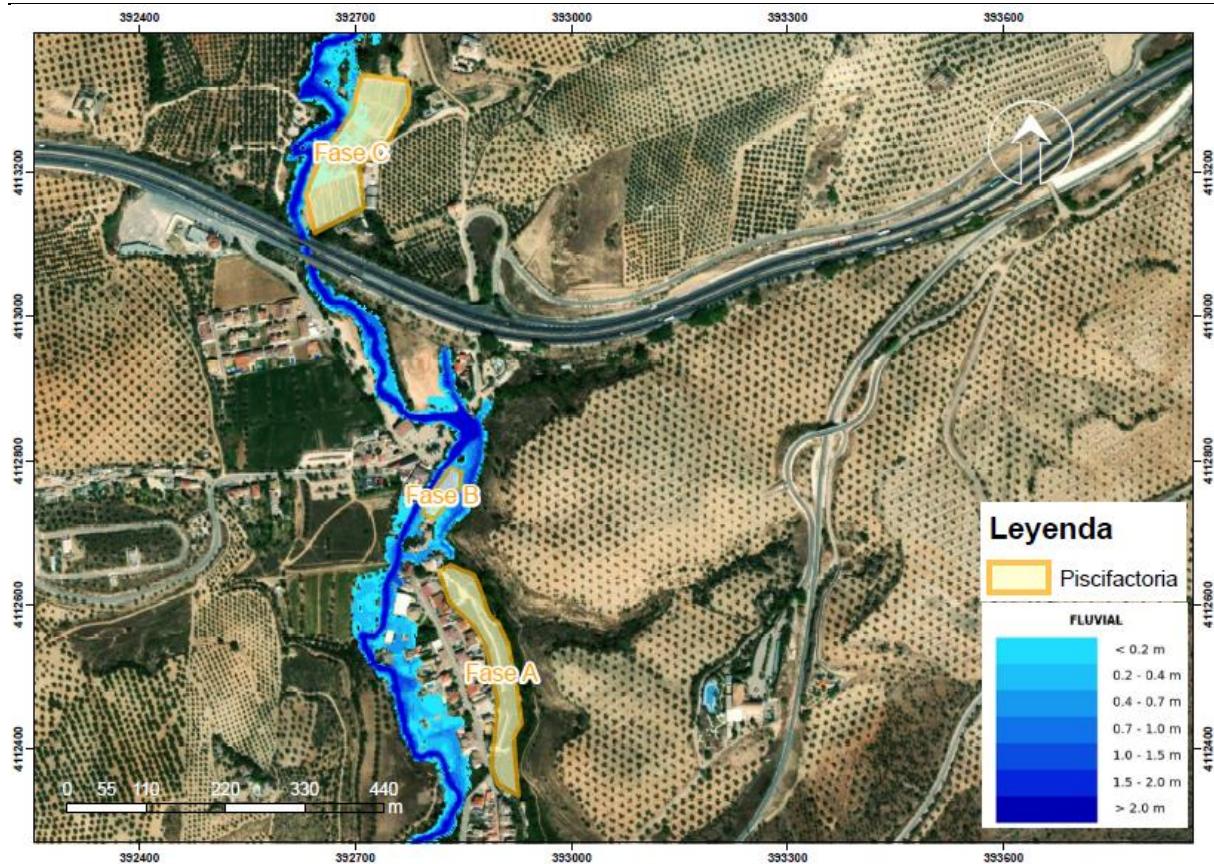


Figura 3. Mapa de peligrosidad (T10).

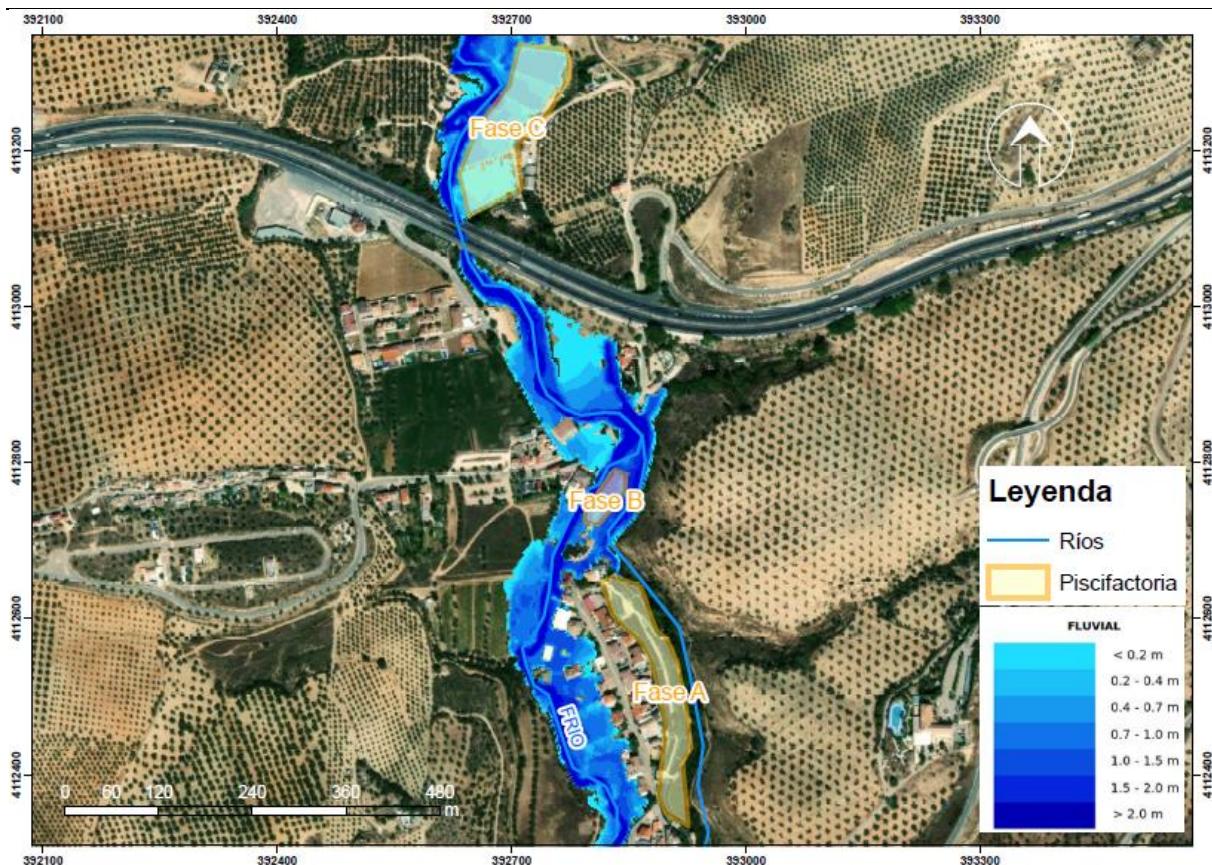


Figura 4. Mapa de peligrosidad (T100).

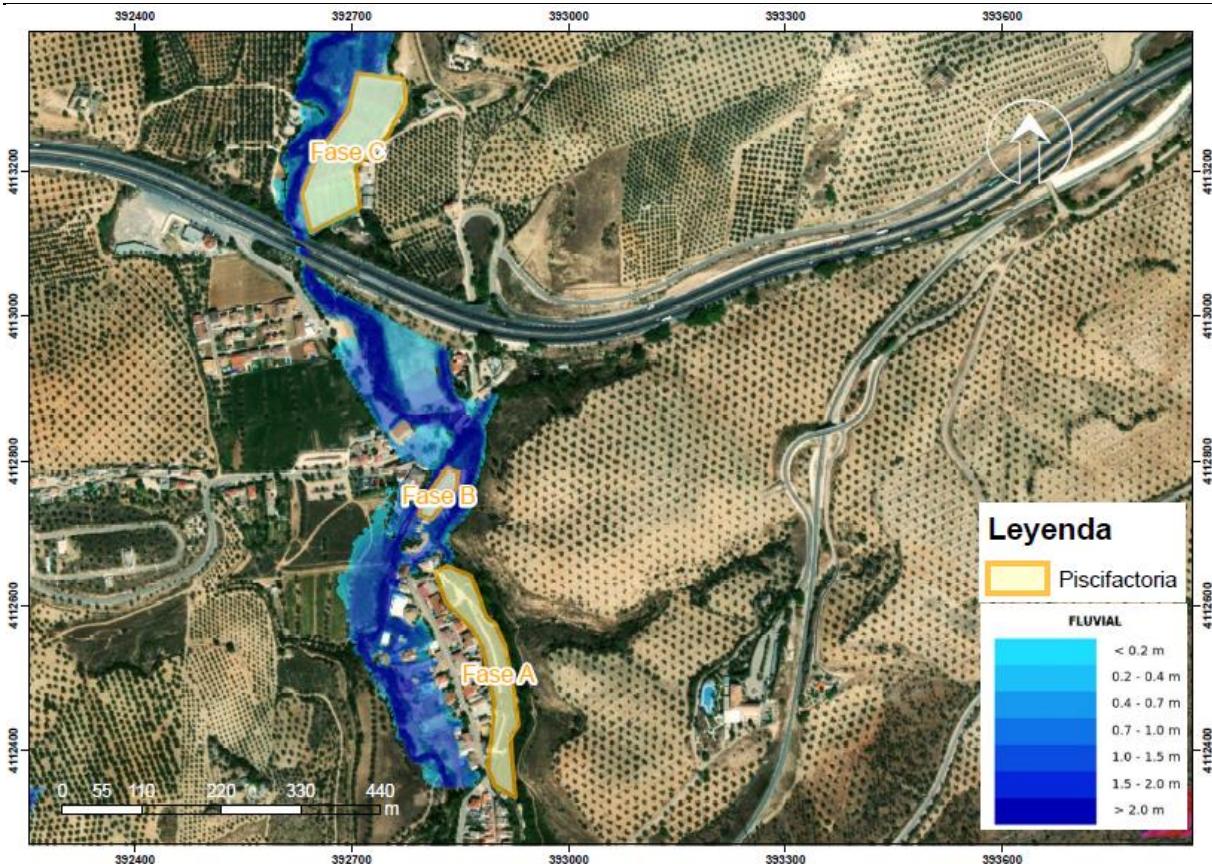


Figura 5. Mapa de peligrosidad (T500).

### 3.1. CAUSAS MÁS FRECUENTES DE INUNDACIÓN EN LA EXPLOTACIÓN

Las inundaciones se producen por el incremento de niveles que sufre en episodios de crecidas el río Salado, acumulando elevados caudales antes de su confluencia con el río Frío. Estos eventos son muy rápidos, ya que la cuenca es pequeña y de gran pendiente. Se trata de un mecanismo de inundación conocido como “flash flood”. En torno a la fase B, el río Salado se desborda en varios lugares. En concreto, justo en las inmediaciones de la tienda, también en una parcela sin construir usada como aparcamiento, y dentro de la propia zona B, junto a un pequeño puente sobre el río Salado, de escasa capacidad.

Frente a este tipo de inundación, las predicciones meteorológicas a gran escala de la comunidad autónoma o de AEMET no son lo suficientemente ajustadas, ya que se trata de inundaciones y lluvias muy locales. Sería interesante considerar un sistema de alerta temprana específico para esta zona, que permita un margen temporal previo de respuesta y preparación a la inundación para proteger los bienes y evitar el arrastre de flotantes, como los vehículos, que complican y obstruyen el desagüe de la avenida.

La gravedad de la inundación del año 2018 y la constancia de que el tramo de la confluencia de los ríos Frío y Salado está muy encajado justo a su paso por el pueblo y por la explotación justifica la necesidad

de realizar un análisis de la inundabilidad en la zona. Sin llegar al nivel de virulencia del episodio de 2018, es usual que en septiembre se produzca alguna crecida que pone en riesgo algunos bienes en la población o en la explotación.

La tienda donde se puede comprar directamente el caviar linda con la Fase B. Tanto la fase B como la tienda fueron arrasadas durante la riada del año 2018. Los niveles alcanzaron el umbral de las ventanas de la tienda y el agua entró dentro. En cuanto a las piscinas, tras el colapso de los muretes de separación, la avenida las arrasó completamente, como puede observarse en las fotografías históricas incluidas en el apartado 1 (fotos Foto 1 y Foto 3). Tanto la tienda como la fase B han sido reconstruidas.

En la riada de 2018 las pérdidas en esta zona fueron muy cuantiosas al perderse prácticamente toda la población de esturión. La entrada del agua en este sector se produjo desde el muro de separación de la explotación con el río. Esta estructura, de chapa, no resistió la presión del agua y el impacto de los múltiples flotantes arrastrados por ésta (varios coches, por ejemplo).

Los vestigios de la riada no son perceptibles en la fachada de la tienda, que se rehabilitó, pero sí en el bar-taberna colindante, donde se observa que el nivel del agua superó el metro de altura. Los coches aparcados en la zona de entrada del agua fueron arrastrados hacia la confluencia del río Salado con el río Frío.



Foto 9. Punto de desbordamiento junto a la tienda de la piscifactoría (punto verde) y una taberna (punto rojo)



Foto 10. Marca del agua en la taberna



Foto 11. Puente sobre el río Salado, junto a la fase B y la plaza de San Isidro



Foto 12. Puente sobre el río Salado, junto a la fase B y la plaza de San Isidro

Según estudios encargados por CAVIAR RIOFRÍO, la inundación del año 2018 puede asociarse a un periodo de retorno de 100 años y movilizó un caudal punta en torno a  $180 \text{ m}^3/\text{s}$ . El puente sobre el río Salado (véase Foto 12) no tiene la capacidad suficiente para permitir el paso de ese caudal, con lo que supone una barrera importante para la evacuación de los caudales circulantes durante episodios de crecidas al paso del agua.

De este modo, a una causa natural como es una precipitación extrema sobre una cuenca con un tiempo de concentración muy pequeño, lo que genera crecidas muy rápidas, hay que sumar algunas actuaciones que no favorecen el flujo de altos caudales. Además de este puente en la avenida del Río, ya citado, hay que mencionar el área de la confluencia.

El conjunto de dos puentes, uno ornamental y otro funcional, constituyen una barrera que se hace infranqueable cuando queda obstruida por los flotantes arrastrados por la crecida.

El puente “califal”, que se utiliza como pasarela peatonal, genera un obstáculo en el puente de la calle Málaga (puente moderno), limitando considerablemente la capacidad del conjunto (véase Foto 13). La riada de 2018 permitió documentar este efecto.

La capacidad de drenaje del puente moderno es suficiente pero se ve limitada por la presencia de los restos del puente califal.



Foto 13. Conjunto de dos puentes en la confluencia de los ríos Salado y Frío



Figura 6. Conjunto de puentes existentes en la zona

Aguas abajo de la localidad, la obra de drenaje transversal bajo la autovía A-92 constituye también un punto de estrechamiento, aunque la sección de paso es mayor que las que presentan los puentes citados. Justo aguas abajo de la A-92 se encuentra la obra de toma de la Fase C de la granja. Esta obra de toma constituye también un obstáculo al flujo que a continuación se detalla.

Para derivar el agua a la Fase C se ha construido una obra que consiste en unos muros – actualmente, algo degradados – y un azud de unos 3 metros de altura. En épocas de crecida, el conjunto muros-azud constituye un obstáculo al paso del agua provocando una sobreelevación de los niveles del río aguas arriba e influyendo en el desagüe de la avenida en el casco urbano.



Foto 14. Paso bajo la autovía A-92, desde aguas arriba



Foto 15. Obra de toma de la Fase C, aguas abajo del paso bajo la A-92, que incluye varios muretes y un azud

El conjunto de las actuaciones citadas dificulta el flujo de los caudales circulantes y agrava los efectos de las crecidas.

### 3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES QUE SE VERÍAN AFECTADAS POR LAS INUNDACIONES

El principal activo que se vio dañado por las inundaciones de 2018 fue el stock de esturión en la Fase C. Hay que indicar que tras la reconstrucción del muro de cierre con un gavión de gran porte no es previsible que en esta Fase C se vuelvan a producir esos daños. La empresa encargó un estudio hidrológico e hidráulico y un proyecto constructivo para asegurarse que el muro existente pueda soportar las inundaciones de hasta T500.

Descartada la Fase C para medidas complementarias de autoprotección y dado que la Fase A no es susceptible de sufrir inundaciones, la única fase que actualmente se encuentra expuesta a las inundaciones es la Fase B.

En esta Fase B hay que incluir tanto la tienda donde se exponen los productos y se realiza una venta al por menor como las piscinas demostrativas para visitas guiadas. Dado que el producto a la venta es de alto valor y que se comercializa esencialmente en circuitos vinculados a la hostelería y a las tiendas de productos selectos, la tienda en Riofrío es más un elemento ornamental y turístico que comercial.

### 3.3. INVENTARIO DE LOS PUNTOS DE ENTRADA DEL AGUA

La tienda forma parte de un complejo edificado que incluye otras dependencias, algo elevadas, con lo que el punto de entrada en lo que se refiere a las inundaciones en esta zona es la propia puerta. Como sucede en muchas zonas inundables, la puerta no es estanca.

En cuanto a la zona B propiamente dicha, el agua entra por la verja de entrada y en las avenidas extraordinarias supera o derriba los muretes perimetrales, bien por el efecto del agua o bien por el impacto de los flotantes.

Como se ha comentado, la zona B tiene una finalidad esencialmente demostrativa y forma parte de itinerarios turísticos dentro del núcleo urbano. Por ello, el factor estético de los elementos que la componen cobra especial relevancia. El titular quiere que las piscinas permanezcan siendo visibles desde el exterior y, de adoptarse medidas para mejorar la protección frente a inundaciones, prefiere que esas medidas no transmitan la sensación de que la fase B pueda parecer peligrosa o insegura.



Foto 16. Verja ornamental de acceso a la Fase B



Foto 17. Situación de la Fase B tras la inundación de 2018

## 4. MEDIDAS DE PREVENCIÓN, PROTECCIÓN Y PREPARACIÓN EXISTENTES

### 4.1. MEDIDAS YA ADOPTADAS EN EPISODIOS ANTERIORES

La empresa ya ha invertido en medidas de protección muy costosas (una estimación rápida puede cifrar el coste en un millón de euros) para la protección de la zona C. Adicionalmente, como paso previo a la protección se han desarrollado proyectos y estudios para garantizar su adecuado dimensionamiento.

En el caso de la zona B, tras los daños sufridos en la riada de 2018, se ha reconstruido la totalidad de la infraestructura conservando la estética original, sin disminuir el riesgo de inundación. Esto es aplicable a la tienda y a la zona B en su conjunto.

### 4.2. PÓLIZAS DE SEGUROS CONTRATADAS

La empresa dispone de seguro de acuicultura continental que incluye en su cobertura todas las instalaciones, los esturiones y las truchas. De hecho, los daños provocados por la riada de 2018 fueron indemnizados por este seguro.

La indemnización está indexada al peso de los animales y no a la producción de caviar.

#### 4.3. PLANES DE EMERGENCIA

Existe un Plan de Emergencia y una sistemática de actuación, una vez se detecta una situación de riesgo potencial, fruto de la experiencia en anteriores eventos. El principal reto es responder adecuadamente dada la velocidad con la que se producen estos episodios. Cabe recordar que son sucesos de tipo “flash flood”.

### 5. CARACTERIZACIÓN DE LA RESILIENCIA DE LA EXPLOTACIÓN

La resiliencia de la explotación se ha evaluado a partir del formulario de autochequeo contenido en la Guía ([https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/guia-adaptacion-al-riesgo-inundacion-explotaciones-agricolas-ganaderas\\_tcm30-503727.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/guia-adaptacion-al-riesgo-inundacion-explotaciones-agricolas-ganaderas_tcm30-503727.pdf)), rellenado por la empresa y contrastado *in situ* por la UTE Everis - UdC.

La resiliencia se evalúa en cinco bloques o apartados:

El bloque 1 evalúa el grado de identificación del riesgo de inundación. La empresa conoce su nivel de riesgo y sabe cómo acceder a las fuentes de información oficiales sobre predicciones meteorológicas e hidrológicas y también a la cartografía de zonas inundables. Conoce *a priori* la documentación recogida en el SNCZI en lo que se refiere a mapas de peligrosidad o zonificación del espacio fluvial. La empresa manifiesta que los elementos de predicción actualmente disponibles no son adecuados para la toma de decisión ya que no cuenta con datos de la cuenca del río Salado.

El bloque 2 alude a la identificación de posibles daños por inundación. El propietario conoce las causas de las inundaciones. Dispone de un inventario detallado de los bienes expuestos.

El bloque 3 analiza las medidas que se podrían aplicar y las que ya se están aplicando para paliar el efecto de las inundaciones.

El bloque 4 valora las coberturas de los seguros contratados. La explotación cuenta con un seguro que incluye en su cobertura la mayor protección posible de sus activos. No obstante, la forma de tasar la indemnización es por kilogramos de esturión y no por kilogramos de caviar.

El bloque 5 evalúa los procedimientos de actuación frente a emergencias. Se han sistematizado algunos de ellos, si bien hay algunos aspectos que no están desarrollados como es el caso de la evacuación de personas.

En base a estos cinco bloques se elabora el gráfico resumen que representa la resiliencia de la explotación. De un modo sintético, el nivel de concienciación y preparación del personal de esta explotación es muy alto y tienen además una idea clara del tipo de soluciones que podrían requerir.

En los siguientes apartados se incidirá en posibles soluciones complementarias o medidas de autoprotección.

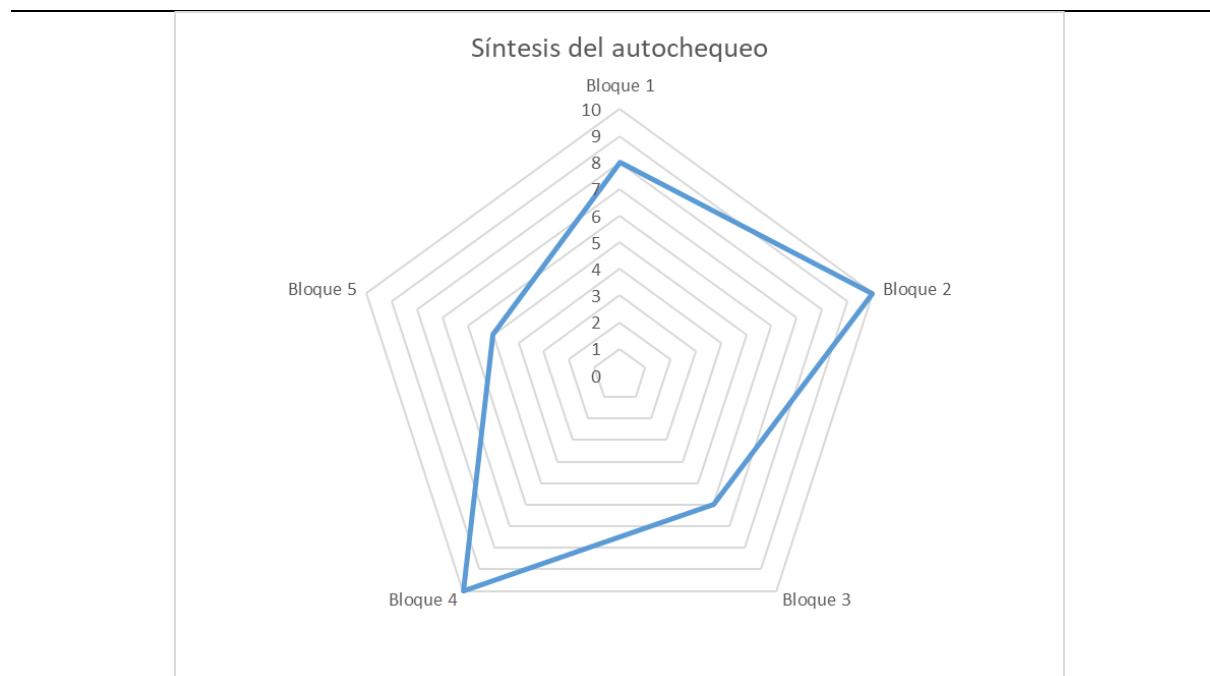


Figura 7. Gráfico de la resiliencia de la explotación

## 6. PROPUESTA DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

La empresa es consciente del riesgo de inundación que tiene la explotación. De hecho, previo a este diagnóstico, la propia empresa ya realizó un análisis de las zonas prioritarias a proteger y las medidas de autoprotección más adecuadas (la mayoría ya han sido implementadas por la empresa). De hecho, la Fase C ya se ha protegido con obras importantes y no requeriría medidas complementarias de autoprotección. La Fase A tampoco requiere actuaciones porque no se ve afectada por las inundaciones. La Fase B, sin embargo, está muy expuesta. Es importante resaltar que el seguro incluye en su cobertura la indemnización de todos estos bienes y esto condiciona la decisión de nuevas inversiones.

No obstante lo anterior, en la Fase B (la que se encuentra en riesgo) se podría implementar medidas de autoprotección adicionales a las ya adoptadas tras la última riada de 2018, para protegerla frente a inundaciones de alta frecuencia.

### 6.1. MEDIDAS DE AUTOPROTECCIÓN

Si se analizan los mapas del SNCZI, la pérdida del total de la producción en la zona B y la destrucción de la instalación en episodios de crecidas importantes (T100 o superior) es inevitable en las actuales condiciones. Asimismo, la entrada del agua a la tienda es difícil de evitar sin tomar medidas más contundentes a las adoptadas tras la riada de 2018. No obstante, se recalca que todos estos bienes están cubiertos por las pólizas de seguros contratadas por el titular.

Las medidas de autoprotección adicionales en la Fase B a las que refiere el apartado anterior podrían ser las siguientes:

- Para pequeñas crecidas, con calados alrededor de la explotación de 20 a 40 cm (aunque estos niveles se ven superados muy frecuentemente), es posible confiar en los muretes de protección construidos tras el evento de 2018 y también proteger la verja con una compuerta desmontable.
- Para crecidas con un periodo de retorno del orden de 10 años se requerirían medidas que implicarían una **modificación sustancial de los muros perimetrales**. Esta modificación podría realizarse con criterios estéticos para mantener el carácter ornamental de esta zona.

La tienda, por su parte, sí podría protegerse con medidas sencillas como la instalación de **compuertas desmontables**.

## 6.2. OTRAS MEDIDAS

Aparte de las medidas de autoprotección que se consideran en la Guía, cabría la posibilidad de contemplar las siguientes otras medidas, también efectivas, pero cuyo alcance y repercusión excedería la capacidad de decisión propia de la explotación. Aunque este tipo de medidas no se evalúan en este informe sí que se relacionan para la consideración y análisis, si procede, del titular:

### 1) Sistema de alerta temprana

Tras un análisis somero del estudio hidrológico e hidráulico aportado por el titular durante la visita a la instalación, se deduce que las inundaciones en el río Salado son muy intensas y rápidas. Actualmente, no se dispone en la cuenca de aportación de ningún dispositivo o equipo que permita adelantarse con un cierto margen y tomar las medidas más adecuadas posibles para minimizar los posibles daños (p.ej. retirar los coches de las áreas potencialmente inundables...).

A título de ejemplo, la inundación de 2018 no fue registrada adecuadamente por ningún pluviómetro oficial y pasaron desapercibidas para los órganos de gestión y aviso de riesgos.

En base a ello, cabría proponer el desarrollo de un sistema de alerta temprana para la cuenca que permita generar avisos útiles para la población de Riofrío y para la explotación piscícola.

### 2) Mejora de la capacidad hidráulica de la obra de toma de la Fase C

La obra de derivación de la Fase C afecta significativamente al drenaje de las avenidas a su paso por el núcleo urbano de Riofrío. Esta obra incluye una profusión de muros y elevaciones que, junto con el azud, limitan la sección del cauce contribuyendo a una sobreelevación del nivel de agua, aguas arriba de la toma.

El diseño actual podría ser sustituido por una toma basada, por ejemplo, en una compuerta abatible, que permitiera en caso de inundación un paso expedito al agua.



*Foto 18. Nacimiento del murete de la obra de toma, junto a la obra de paso bajo la A-92*



*Foto 19. Zona elevada por muros y elementos auxiliares, entre el murete y el gavión, que generan una limitación importante a la sección del río*

### 3) Adaptar el criterio de indemnización de Agroseguro a la producción de caviar

En la actualidad existe una línea de seguros dentro de Agroseguro vinculada a la producción de esturiones (Seguro de Acuicultura Continental).

Los valores límites máximos a efectos del cálculo del valor de la producción y las indemnizaciones del esturión y sus híbridos vienen fijados en la *Orden APA/432/2020, de 8 de mayo, por la que se definen las explotaciones asegurables, las condiciones técnicas mínimas de explotación, el ámbito de aplicación, el periodo de garantía, periodo de suscripción, y el valor unitario de los animales en relación con el seguro de acuicultura continental, comprendido en el cuadragésimo primer Plan de Seguros Agrarios Combinados*. Concretamente, en su Anexo II se fija un valor de 16 €/kg para hembras de esturión y de 7 €/kg para alevines, juveniles y machos.

Caviar Riofrío no se dedica mayoritariamente a la producción de pescado sino de caviar. Se podría plantear a través de la Asociación Empresarial de Acuicultura de España (APROMAR) que Agroseguro revisara este criterio de indemnización para adaptarlo mejor a la realidad del negocio de Caviar Riofrío.

## 7. ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO DE ALTERNATIVAS

En base a las circunstancias de la explotación y al grado de autoprotección que se podría alcanzar, a continuación se determina cuáles de las medidas de autoprotección propuestas en el apartado 6.1 son más adecuadas y cómo se podrían agrupar para conseguir diferentes niveles de disminución de riesgo de inundación.

Las medidas de autoprotección pueden agruparse de diferente forma. A cada uno de esos agrupamientos se le considerará una alternativa diferente. Todas las alternativas planteadas serán objeto de un análisis de coste-beneficio para evaluar su rentabilidad y eficacia.

El resto de medidas, las relacionadas en el apartado 6.2, no son objeto de este análisis porque no son de autoprotección y, por tanto, no dependen únicamente de la decisión del titular de la instalación para su implantación.

Para evaluar la eficacia de las alternativas propuestas se deben contraponer los daños esperados en la actualidad con los que cabría esperar una vez las alternativas hayan sido implementadas.

La estimación del daño se cuantifica mediante el producto de “riesgo x recurrencia” donde se integran los daños frecuentes (los asociados a inundaciones con periodos de retorno de 10 años) con los más infrecuentes (los provocados por inundaciones con periodos de retorno de 100 y 500 años). Esto es importante porque, aunque las inundaciones sean un fenómeno de carácter imprevisible, se basan en la probabilidad. Por ello, en un periodo largo de tiempo es altamente probable que se produzcan inundaciones con la frecuencia e intensidad calculadas.

## 7.1. ANÁLISIS DE DAÑOS POR ALTURA DE AGUA EN SITUACIÓN DE PARTIDA

De acuerdo con la metodología propuesta en la Guía, en primer lugar se estiman los costes asociados con las inundaciones en un horizonte temporal de 30 años, en la situación actual, sin considerar ninguna de las medidas de autoprotección propuestas.

Los activos que se consideran susceptibles de seguir sufriendo daños son los que se ubican en la Fase B. La valoración de daños sólo se realizará para estos bienes.

Tal y como se indicaba en el apartado 6, la Fase A no requiere actuaciones y la Fase C ya ha sido objeto de medidas de protección importantes tras la riada de 2018.

Los precios unitarios considerados han sido extraídos del borrador de la *Guía metodológica para el análisis coste-beneficio de actuaciones estructurales de defensa frente a inundaciones*, CEDEX, 2020.

Para la Fase B se consideran como unidades fundamentales:

- Limpieza/restauración de espacio interior tienda (limpieza, reparación, pintura): 200 €/m<sup>2</sup>.
- Limpieza y reparación de muro perimetral, muretes y vertederos en zona B: 200 €/m<sup>2</sup>.

De acuerdo con la metodología de la Guía del CEDEX se puede establecer una tabla de costes asociada a una inundación, incluyendo estas partidas. Se consideran los escenarios de periodo de retorno de 10, 100 y 500 años. En base a estos periodos de retorno se estimarán los porcentajes de afección para cada bien de la explotación piscícola.

A cada uno de estos escenarios se les asocia un calado o nivel de agua característico medido en el punto más castigado por las inundaciones según los mapas del SNCZI:

Tabla 1. Nivel de agua característico de la explotación según el periodo de retorno

Periodo Retorno	Nivel de agua característico (m)
T10	1.55
T100	2.42
T500	2.75

Combinando estos escenarios con su probabilidad de ocurrencia, mediante la fórmula de cálculo de daño incremental recogida en la Guía se puede calcular el daño medio anual y el daño acumulado en 30 años. Los daños totales que se producen para la avenida de 5 años se consideran nulos.

Tabla 2. Daño anual medio y acumulado en 30 años. Situación Actual	
Periodo Retorno	Daño Incremental (€)
T5 - T10	17.500
T10 - T100	34.470
T100 - T500	3.344
Más de T500	840
<b>Daño medio anual</b>	<b>56.154</b>
<b>Pérdida 30 años</b>	<b>1.684.620</b>

## 7.2. ALTERNATIVAS CONSIDERADAS

A partir de las medidas de autoprotección propuestas en el apartado 6.1:

- 1) Instalación de compuertas desmontables en la puerta de acceso a la tienda de la Fase B
- 2) Instalación de compuertas desmontables en la verja de acceso a las piscinas de la Fase B
- 3) Elevación y reforzamiento de los muros de protección perimetrales de la Fase B (con criterios estéticos)

Y con el daño medio anual y acumulado en 30 años para la Fase B (56.154 y 1.684.620 €, respectivamente), se plantean estas 3 diferentes alternativas:

### Alternativa 1.- Status quo

En resumen se trata de no tomar ninguna medida de autoprotección mientras que la póliza de seguro actualmente contratada cubra todas las contingencias de las inundaciones que sufra la explotación.

### Alternativa 2.- Proteger toda la Fase B frente a inundaciones de pequeños calados

El muro perimetral existente en la actualidad es capaz de soportar pequeñas crecidas con niveles de agua bajos. Por ello, este muro se mantendría tal y como está y se igualaría ese grado de protección para niveles de agua bajos a la verja de acceso a la Fase B y a la puerta de la tienda. En concreto, incluiría las siguientes medidas:

- 1) Instalación de compuertas desmontables en la verja
- 2) Instalación de compuertas desmontable en la puerta de acceso a la tienda.

Estas medidas no cambiarían la fisionomía actual de la explotación.

### Alternativa 3.- Proteger toda la Fase B frente a inundaciones de calados hasta la T10

La protección total frente a crecidas de magnitud igual o menor a la T10 requeriría las siguientes medidas:

- 1) Reconstrucción y elevación del murete perimetral hasta una altura de 1.10 metros en hormigón y colocación de paneles de metacrilato de 0.60 metros sobre éste
- 2) Instalación de compuertas desmontables en la verja
- 3) Instalación de compuertas desmontable en la puerta de acceso a la tienda.

La reconstrucción y elevación del murete perimetral debería realizarse de forma que se compatibilice la protección con la función demostrativa de la Fase B.

### 7.3. ALTERNATIVA 1.- STATUS QUO

Si no se implementa ninguna medida adicional los daños serán los mismos que los calculados para la situación actual:

Tabla 3. Daño anual medio y acumulado en 30 años. Alternativa 1	
Periodo Retorno	Daño Incremental (€)
T5 - T10	17.500
T10 - T100	34.470
T100 - T500	3.344
Más de T500	840
<b>Daño medio anual</b>	<b>56.154</b>
<b>Pérdida 30 años</b>	<b>1.684.620</b>

A este respecto, es importante señalar que tras los daños provocados por la avenida del 2018 la empresa ya ha implementado diversas medidas de autoprotección. Esto probablemente habrá tenido una incidencia en la cuota de los seguros contratados. En todo caso, no se conocen estos datos.

### 7.4. ALTERNATIVA 2.- PROTEGER TODA LA FASE B FRENTE A INUNDACIONES DE PEQUEÑOS CALADOS

Los precios unitarios considerados han sido extraídos del borrador de la *Guía metodológica para el análisis coste-beneficio de actuaciones estructurales de defensa frente a inundaciones*, CEDEX, 2020. Se consideran como unidades fundamentales:

- **Instalación compuertas tipo FloodGate en tienda.** La inversión asciende a 1.200 €.
- **Instalación compuertas tipo FloodGate en verja.** La inversión asciende a 2.400 €.

Se considera que las medidas propuestas, pese a su simplicidad, podrían mitigar totalmente el daño correspondiente a la T10 en lo que respecta a la tienda. Sin embargo, para el resto de la fase B, estos daños se reducirían considerablemente sin llegar a eliminarlos por completo, pues la escasa altura del muro perimetral que delimita la zona no supone una protección frente a las inundaciones de T10.

Tabla 4. Daño anual medio y acumulado en 30 años. Alternativa 2

Periodo Retorno	Daño Incremental (€)
T5 - T10	10.000

Tabla 4. Daño anual medio y acumulado en 30 años. Alternativa 2	
Periodo Retorno	Daño Incremental (€)
T10 - T100	27.720
T100 - T500	3.344
Más de T500	840
<b>Daño medio anual</b>	<b>41.904</b>
<b>Pérdida 30 años</b>	<b>1.257.120</b>

La tabla siguiente recoge la relación beneficio/coste de la alternativa 2:

Tabla 5. Relación Beneficio/Coste. Alternativa 2		Periodo de Retorno		
Explotación Riofrío		T = 10	T = 100	T = 500
Probabilidad anual		0,1	0,01	0,002
<b>COSTE MEDIDAS DE LA ALTERNATIVA 2</b>				
Compuertas tipo <i>FloodGate</i> en tienda (1.200 €)				3.600
Compuertas tipo <i>FloodGate</i> en verja de entrada a Fase B (2.400 €)				
<b>DAÑOS MEDIDAS DE LA ALTERNATIVA 2</b>				
Daño residual con las medidas de autoprotección (€)		200.000	416.000	420.000
Daño residual acumulado en 30 años con las medidas de autoprotección (€)				1.257.120
Daño anual medio (€)				41.904
Reducción del daño con las medidas de autoprotección (%)				25
Relación Beneficio/Coste				118,75

## 7.5. ALTERNATIVA 3.- PROTEGER TODA LA FASE B FREnte A INUNDACIONES DE CALADOS HASTA LA T10

Se considera que con las siguientes medidas se podría mitigar totalmente el daño que podrían producir avenidas con caudales de hasta la T10:

- **Reconstrucción del muro perimetral**, hasta una altura de 1,1 metros en hormigón y colocación de paneles de metacrilato de 0,6 metros de altura sobre éste. La inversión asciende a 41.373 € que se distribuyen de la siguiente forma:
  - Demolición muro perimetral (3.124 €).
  - Reconstrucción muro perimetral (20.168 €).
  - Colocación paneles de metacrilato (18.081 €).
- **Instalación compuerta de 60 cm de altura tipo *FloodGate* en la puerta de la tienda.** La inversión asciende a 1.200 €.
- **Instalación compuerta temporal desmontable tipo *FloodGate* en verja de 1.50 metros de altura.** La inversión asciende a 4.700 €.

Tabla 6. Daño anual medio y acumulado en 30 años. Alternativa 3

Periodo Retorno	Daño Incremental (€)
T10 - T100	11.340
T100 - T500	2.184
Más de T500	588
<b>Daño medio anual</b>	<b>14.112</b>
<b>Pérdida 30 años</b>	<b>423.360</b>

Tabla 7. Relación Beneficio/Coste - Alternativa 3

Explotación Riofrío	Periodo de Retorno		
	T = 10	T = 100	T = 500
Probabilidad anual	0,1	0,01	0,002
<b>COSTE MEDIDAS DE LA ALTERNATIVA 3</b>			
Compuerta desmontable tipo <i>FloodGate</i> en tienda (1.200 €)			
Compuerta temporal desmontable tipo <i>FloodGate</i> en verja (4.700 €)			47.273
Reconstrucción del muro perimetral (41.373 €)			
<b>DAÑOS MEDIDAS DE LA ALTERNATIVA 3</b>			
Daño residual con las medidas de autoprotección (€)	0	252.000	294.000
Daño residual acumulado en 30 años con las medidas de autoprotección (€)		423.360	
Daño anual medio (€)		14.112	
Reducción del daño con las medidas de autoprotección (%)		75	
Relación Beneficio/Coste		26,68	

La elección de la alternativa más adecuada vendrá de comparar la relación de beneficio/coste y el porcentaje de reducción del riesgo obtenido para cada alternativa.

Tabla 8. Beneficio/Coste y Reducción del riesgo de inundación – Comparativa de alternativas

Alternativas	Relación Beneficio/Coste	Reducción del riesgo (%)
Alternativa 1	-	-
Alternativa 2	118,75	25
Alternativa 3	26,68	75

## 8. CONCLUSIONES

**Identificación del riesgo:** la instalación piscícola de Riofrío se ve expuesta al riesgo de inundación causado por los ríos Frío y Salado, que confluyen justamente en el casco urbano de Riofrío. Las inundaciones que sufre la explotación son del tipo flash-floods. La explotación ha sufrido ya frecuentes inundaciones (la más reciente, en 2018, asimilable a una T100). De las tres fases que la integran, sólo la Fase B se considera vulnerable frente a avenidas de 10, 100 y 500 años de periodo de retorno. Esta fase B también se encuentra en zona de flujo preferente.

**Grado de resiliencia actual frente a las inundaciones:** los propietarios conocen el riesgo de inundación, los bienes que se encuentran expuestos y el impacto económico que pueden producir las inundaciones. Se han protegido frente a él en las zonas más productivas (zona C). Tienen contratadas pólizas de seguros que incluyen en sus coberturas estos riesgos y han implementado sistemáticas de respuesta ante emergencias provocadas por inundaciones.

**Medidas ya adoptadas:** tras las importantes inundaciones de 2018, la fase C fue rehabilitada y se protegió adicionalmente con un muro perimetral para evitar el impacto de avenidas futuras de igual magnitud. La fase B fue reconstruida sin adoptar medidas adicionales para evitar los daños por crecidas similares que se puedan producir en el futuro.

**Medidas de autoprotección propuestas:** se propone la instalación de compuertas para evitar el paso de las inundaciones en la tienda y en la Fase B y adicionalmente el refuerzo de los muros de la Fase B.

**Otras medidas:** se proponen tres medidas adicionales: a) la instalación de un sistema de alerta temprana, b) mejorar la capacidad hidráulica de la toma de la fase C y c) revisar el criterio de tasación de la indemnización del seguro de acuicultura continental contratado para que se indemnice por el caviar en lugar de por el esturión.

**Alternativas consideradas para reducir el riesgo:** se han propuesto y valorado tres alternativas de medidas de autoprotección: 1) Status quo (mantener la situación actual, sin adoptar ninguna medida de autoprotección adicional), 2) Proteger toda la fase B frente a inundaciones de pequeños calados y 3) Proteger toda la fase B frente a inundaciones de calados hasta la T10.

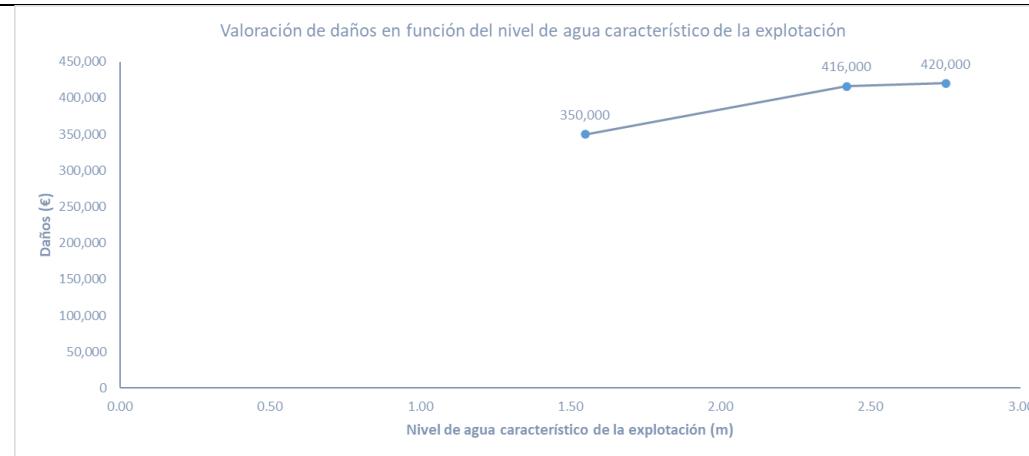
**Comparación de las alternativas propuestas:** Las coberturas actuales de los seguros contratados indemnizan los daños provocados por las inundaciones. Esta circunstancia condiciona en gran medida la valoración de las alternativas consideradas. Sin tener en cuenta ese efecto, la alternativa 1 no requiere de ninguna inversión y se apoya en los seguros para reparar los daños que se puedan producir en el futuro. La alternativa 2 requiere una inversión de 3.600 €, reduce un 25% los daños provocados y tiene una relación beneficio/coste de 118,75 puntos. Por su parte, la alternativa 3 exigiría de una inversión de 47.273 €, reduciría hasta el 75% los daños provocados por las inundaciones y tiene un ratio de beneficio/coste de 26,68 puntos.

## 9. ANEXOS

### 9.1. TABLAS Y CURVAS DE DAÑOS

Tabla 8. Tabla de daños. Alternativa 1.- Status Quo

Elementos de la Explotación	Medición		Valor Explotación		Periodo de retorno								
					T10			T100			T500		
	Unidad (ud)	Valor	Precio/ud (€/ud)	Precio Total (€)	Nivel (m)	Afección (%)	Pérdidas (€)	Nivel (m)	Afección (%)	Pérdidas (€)	Nivel (m)	Afección (%)	Pérdidas (€)
<b>General</b>													
Rehabilitación Fase B	m <sup>2</sup>	2,000	200	400,000	1.51	85	340,000	2.40	100	400,000	2.60	100	400,000
<b>Interior Edificaciones</b>													
Rehabilitación tienda	m <sup>2</sup>	100	200	20,000	0.53	50	10,000	1.30	80	16,000	1.67	100	20,000
<b>Total</b>							<b>350,000</b>			<b>416,000</b>			<b>420,000</b>



**Gráfico 1. Curva de daños. Alternativa 1.- Status Quo**

*Nota. El eje X del gráfico hace referencia a una altura de agua característica de la explotación según el periodo de retorno de la inundación*

**Tabla 9. Tabla de daños. Alternativa 2.- Proteger toda la fase B frente a inundaciones de pequeños calados**

Elementos de la Explotación	Medición		Valor Explotación		Periodo de retorno								
	Unidad (ud)	Valor	Precio/ud (€/ud)	Precio Total (€)	T10			T100			T500		
General					Nivel (m)	Afección (%)	Pérdidas (€)	Nivel (m)	Afección (%)	Pérdidas (€)	Nivel (m)	Afección (%)	Pérdidas (€)
Rehabilitación Fase B	m <sup>2</sup>	2,000	200	400,000	1.51	50	200,000	2.40	100	400,000	2.60	100	400,000
Interior Edificaciones													
Rehabilitación tienda	m <sup>2</sup>	100	200	20,000	0.53	0	0	1.30	80	16,000	1.67	100	20,000
<b>Total</b>							<b>200,000</b>			<b>416,000</b>			<b>420,000</b>

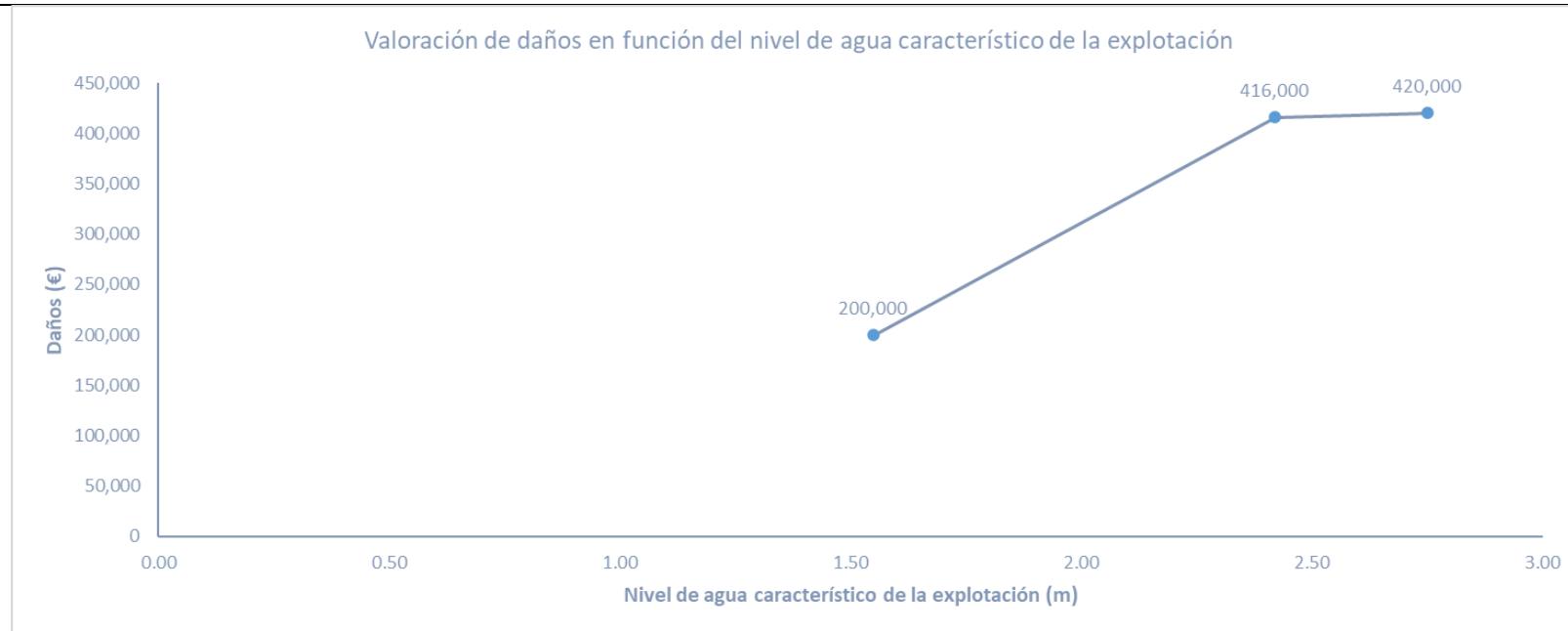


Gráfico 2. Curva de daños. Alternativa 2.- Proteger toda la fase B frente a inundaciones de pequeños calados

Nota. El eje X del gráfico hace referencia a una altura de agua característica de la explotación según el periodo de retorno de la inundación

Tabla 10. Tabla de daños. Alternativa 3.- Proteger toda la Fase B frente a inundaciones de calados hasta la T10

Elementos de la Explotación	Medición		Valor Explotación		Periodo de retorno								
	Unidad (ud)	Valor	Precio/ud (€/ud)	Precio Total (€)	T10			T100			T500		
General					Nivel (m)	Afección (%)	Pérdidas (€)	Nivel (m)	Afección (%)	Pérdidas (€)	Nivel (m)	Afección (%)	Pérdidas (€)
Rehabilitación Fase B	m <sup>2</sup>	2,000	200	400,000	1.51	0	0	2.40	60	240,000	2.60	70	280,000
Interior Edificaciones													
Rehabilitación tienda	m <sup>2</sup>	100	200	20,000	0.53	0	0	1.30	60	12,000	1.67	70	14,000
<b>Total</b>							<b>0</b>			<b>252,000</b>			<b>294,000</b>

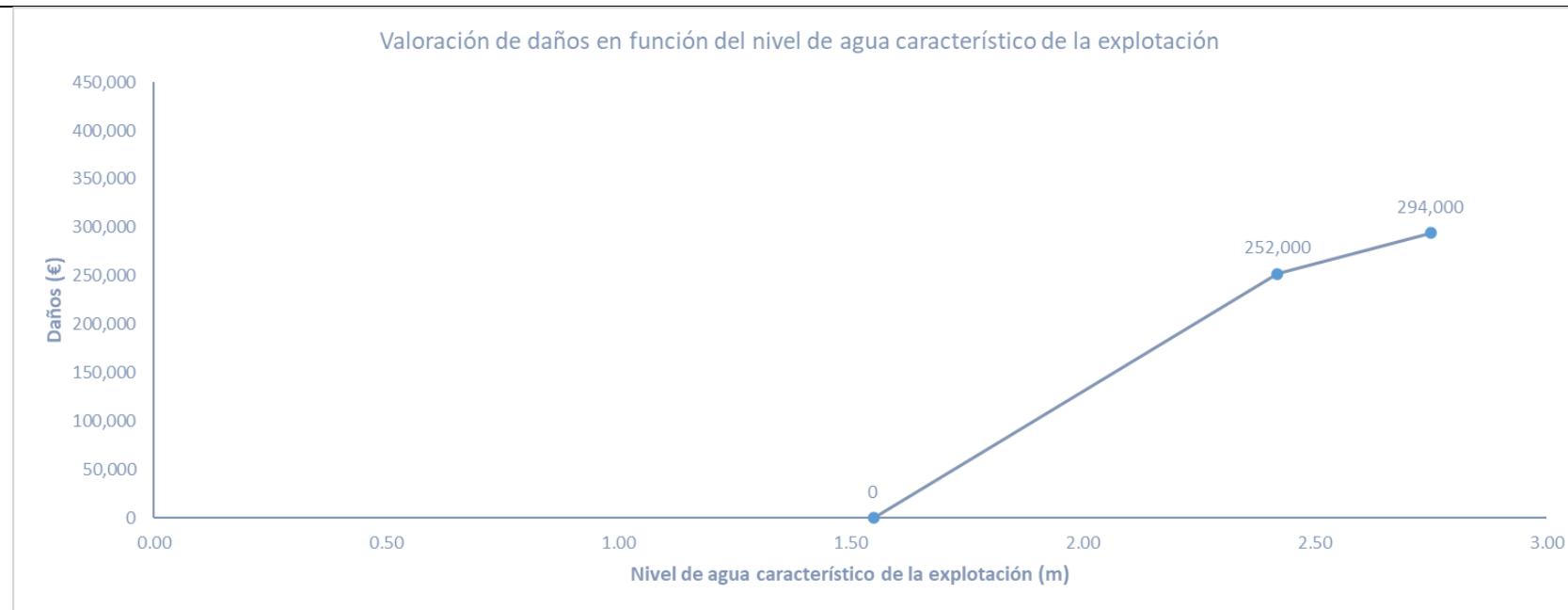


Gráfico 3. Curva de daños. Alternativa 3.- Proteger toda la Fase B frente a inundaciones de calados hasta la T10

Nota. El eje X del gráfico hace referencia a una altura de agua característica de la explotación según el periodo de retorno de la inundación